

SULDALSLÅGEN – MILJØRAPPORT NR. 12

TITTEL: EFFEKTEN AV VANNKVALITETSENDRINGER UNDER VÅR- OG HØSTFLOMMER PÅ FYSIOLOGIEN TIL LAKSEPARR OG SMOLT (*Salmo salar*) I EN SUR OG EN KALKET SIDEBEKK TIL SULDALSLÅGEN

FORFATTER(E):

Schjolden, J., Hytterød, S. & Poléo, A.B.S.

UTFØRENDE INSTITUSJON:

Universitetet i Oslo, Biologisk Institutt.

SAMMENDRAG: Målet med dette studiet har vært å etterprøve resultater fra tidligere studier av fysiologiske responser hos laks (*Salmo salar*) eksponert for sure episoder fra restfeltet til Suldalslågen. Hypotesen om at vannkvaliteten fra restfeltet har negativ effekt på laks har blitt testet ved å eksponere fisken for en sur (Fossåna) og en kalket (Steinsåna) sidebekk til Suldalslågen. Både Al-kjemien og fiskefysiologien ble fulgt under høst- og vårflokker fra henholdsvis 17.09.98 – 27.10.98, og 26.03.99 – 01.06.99. I løpet av forsøksperiodene ble det registrert fire kraftige flommer. Det var en klar sammenheng mellom økning i vannstand og nedgang i vannets pH i Fossåna, som under flom sank ned mot 5,0. Når vannstanden økte og pH sank, økte også konsentrasjonen av totalt aluminium (Al_t) i vannet. Gjennom forsøksperioden varierte konsentrasjonen av Al_t i Fossåna mellom 55 og 189 $\mu\text{g/l}$ (høst) og mellom 65 og 146 $\mu\text{g/l}$ (vår). Konsentrasjonen av enkle uorganiske Al-former, Al_i , i Fossåna lå mellom 7 og 19 $\mu\text{g/l}$ (høst) og mellom 6 og 42 $\mu\text{g/l}$ (vår). Det ble ikke registrert dødelighet av fisk og det var ingen vesentlige tegn til fysiologiske forstyrrelser hos fisken gjennom forsøksperiodene. Resultatene fra dette studiet samsvarer med tidligere konklusjoner fra lignende studier. Antagelsen om at økte forsuringsproblemer er årsak til negangen i laksebestanden i Suldalslågen synes å være betydelig svekket.

ABSTRACT: The aim of this study has been to evaluate results from previous studies on physiological responses in Atlantic salmon (*Salmo salar*) exposed to acidic episodes from the unregulated catchment of the river Suldalslågen, South-western Norway. The hypothesis that the water quality from this catchment has a negative effect on Atlantic salmon has been tested by exposing the fish to water from an acidic (Fossåna) and a limed (Steinsåna) tributary to Suldalslågen. Al-chemistry and fish physiology have been monitored during flood periods, i.e. 17.09.98 – 27.10.98, and 26.03.99 – 01.06.99. During the experimental periods, four heavy flood episodes were registered. It was a clear negative correlation between the increase in water level and decrease in water pH in Fossåna, which decreased to approximately 5,0 during floods. When water level increased, the total concentration of aqueous aluminium (Al_t) also increased. During the experimental periods, the concentration of Al_t varied between 55 and 189 $\mu\text{g/l}$ (autumn) and between 65 and 146 $\mu\text{g/l}$ (spring). The concentration of monomeric inorganic Al-species, Al_i , in Fossåna varied between 7 and 19 $\mu\text{g/l}$ (autumn) and between 6 and 42 $\mu\text{g/l}$ (spring).

No mortality of fish was observed and there were no apparent signs of physiological disturbances during the experimental periods. The results from this study correspond with earlier conclusions from similar studies. The assumption that problems of increased acidification is responsible for the decrease in the salmon population in the river Suldalslågen seems to be significantly weakened.

EMNEORD: Laks, parr, smolt, forsuring, vannkvalitet, aluminium, flommer, fysiologi.

OPPDRAKSGIVER: Statkraft SF

ÅR: 2001

Effekten av vannkvalitetsendringer under vår- og høstflommer på fysiologien til lakseparr og smolt (*Salmo salar*) i en sur og en kalket sidebekk til Suldalslågen

Joachim Schjolden, Sigurd Hytterød & Antonio B.S. Poléo

Biologisk institutt, Universitetet i Oslo, Postboks 1066 Blindern, 0316 Oslo



Blindern onsdag, 10. april 2002

Forord

Dette studiet er gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom Statkraft Engineering (nå Statkraft Grøner) og Biologisk institutt, Universitetet i Oslo (UiO). Statkraft SF har vært oppdragsgiver og finansiert prosjektet. Vi har gjennom dette prosjektet fått anledning til å studere viktige interaksjoner mellom fisk og vannkjemi, som uten den finansielle støtten ville vært vanskelig å få gjennomført.

I forbindelse med feltarbeidet har vi samarbeidet med en rekke personer, grunneiere og institusjoner. Først og fremst vil vi takke daglig leder Øyvind Vårvik (Suldal Elveeigarlag) for gode råd og hjelp med forsøksfisken. Vi har også fått verdifull teknisk hjelp av Bjarne Berge og hans medarbeidere ved Statkraft i Prestvika. Spesielt Odd Vanvik har bidratt med uvurderlig innsats i forbindelse med dette studiet. Uten velvilje fra grunneier Halvard Foss og Nils Steine, hadde vi ikke kunnet ha skikkelige stasjoner ved Fossåna og Steinsåna.

Denne rapporten har vært underlagt faglig kvalitetssikring gjennom omfattende kritikk og kommentarer til det som har vært gjort og skrevet. Under utarbeidelsen av rapporten har vi hatt stor nytte av faglige diskusjoner og kommentarer fra: Professor Asbjørn Vøllestad og Professor II Jan Henning L'Abée-Lund (Universitetet i Oslo), Dr. Peter Blomqvist (Uppsala Universitet) Forsker Espen Lydersen (NIVA), Seniorforsker Harald Sægrov (Rådgivende Biologer), Miljørådgiver Harald Lura (Ambio Miljørådgivning) og Fiskebiolog Sigurd Bjørtuft (Statkraft Grøner).

sign.
Antonio B.S. Poléo

INNHOOLD

INNLEDNING	4
MATERIALER OG METODER	7
Lokaliteter og forsøksfisk	7
Eksperimentelt oppsett	8
Eksperimentell protokoll	8
Analysemetoder vannkjemi	9
Prøvetaking av fisk og analyser	10
Statistiske analyser	12
RESULTATER	13
Høstforsøket	13
Vårforsøket	20
DISKUSJON	29
Akutt giftighet	29
Fysiologiske effekter – høstforsøket	30
Fysiologiske effekter – vårforsøket	32
Blandsoner	34
KONKLUSJON	36
REFERANSER	37
APPENDIX 1 - parametere	39
APPENDIX 2 – rådata	41

INNLEDNING

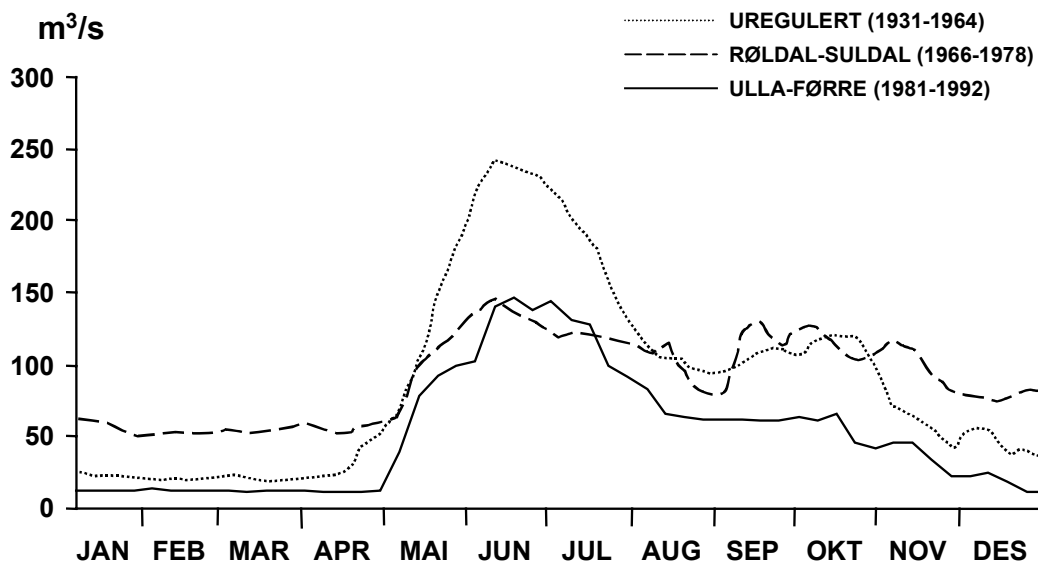
Suldalsvassdraget er det største vassdraget i Rogaland fylke. Suldalslågen som utgjør elvestrekningen i dette vassdraget har en storlaksstamme (*Salmo salar*) som gjør elven interessant¹. På 90-tallet har det imidlertid vært en kraftig tilbakegang i denne laksestammen (Kaasa et al. 1998). Det er ikke usannsynlig at det er virkningen av flere faktorer, både i og utenfor vassdraget, som sammen forklarer tilbakegangen for Suldalslaksen (Kaasa et al. 1998). En viktig ekstern faktor som trekkes frem er den omfattende oppdrettsvirksomheten i vandringsrutene til laksesmolt fra Suldalslågen, og det pekes på problemet med høye tettheter av lakselus (Kaasa et al. 1998). I Norge er det påvist en klar sammenheng mellom tettheten av oppdrettsanlegg og tettheten av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) på sjøørret (*Salmo trutta*) i fjordene (Grimnes et al. 2000). Det betyr at også laksesmolt som vandrer ut fra Suldalslågen, på vei til oppvekstområdene i Atlanterhavet, sannsynligvis er utsatt for angrep av lakselus (Holst & Jacobsen 1999). En annen ekstern faktor som er trukket frem er lave temperaturer i havet de siste årene (Kaasa et al. 1998, Friedland et al. 1998). Temperaturen i havet har blitt vurdert til å være svært viktig for overlevelse, vekst og kjønnsmodning hos laks (Scarnecchia 1984, Friedland 1998, Friedland et al. 1998, Hansen 2000). Når det gjelder begrensende faktorer i selve vassdraget har forsuring blitt trukket frem som en trussel mot laksestammen (Heggberget et al. 1994, Kaste et al. 1995, Blakar 1995, Blakar & Haaland 2000), og i januar 1998 ble det startet fullkalking av vassdraget (DN 2000). Et problem har imidlertid vært at det inntil nylig ikke har vært utført direkte undersøkelser av sammenhengen mellom vannkvalitet og fisk i Suldal. De få direkte studiene som har vært gjennomført har hovedsakelig blitt gjort eller rapportert etter at kalkingen av vassdraget kom i gang, og de konkluderer svært ulikt (Kroglund et al. 1998a, Øxnevad & Poléo 1998, Finstad et al. 1999, 2000, Poléo et al. 2001, Strand et al. 2001).

Finstad et al. (1999, 2000) peker på en redusert evne hos suldalslaksen (både anleggfish og villfish) til å osmoregulere i sjøvannstester, mens fisken ellers ser ut til å osmoregulere tilfredsstillende i ferskvann. I disse rapportene pekes det imidlertid også på at fisken som gikk i settefiskanlegget

¹ <http://www.suldalslagen.com>

hadde saltreguleringsproblemer (Finstad et al. 1999, 2000). Kroglund et al. (1998a) gir ingen entydige konklusjoner, men mener at man ikke kan utelukke negative effekter av vannkvalitet på villfisk selv om resultatene er usikre. Andre resultater tyder imidlertid på at forsurening ikke er noen reell trussel mot laksen i Suldalslågen (Øxnevad & Poléo 1998, Poléo et al. 2001, Jensen et al. 2001). Det har blitt gjort flere felteksperimentene i Suldalsvassdraget de siste årene hvor effekten av vannkvalitetsendringer på fysiologien hos laks under høst- og vårflokker har blitt studert (Øxnevad & Poléo 1998, Poléo et al. 2001). Resultatene fra disse studiene har vist at konsentrasjonen av giftig aluminium ikke øker nevneverdig selv om pH synker under flom. Gjennom eksperimentene har man dessuten ikke klart å påvise at sure episoder i Suldal har noen negativ effekt på fysiologien, hverken hos lakseparr eller smolt (Øxnevad & Poléo 1998, Poléo et al. 2001). Det er fremdeles ikke dokumentert at vannkvaliteten i Suldalsvassdraget er så dårlig at den kan være en begrensende faktor for laksen i Suldal.

Suldalsvassdraget har vært gjenstand for omfattende regulering i forbindelse med to store kraftutbygginger, Røldal-Suldal 1965-67 og Ulla-Førre 1979-86 (se Kaasa et al. 1998). Før regulering var Suldalsvassdraget det største vassdraget på Vestlandet med en gjennomsnittlig vannføring gjennom året på 91 m³/s (Kaasa et al. 1998). Ulla-Førre-reguleringen og kjøring av Hylen kraftverk har ført til at den gjennomsnittlige vannføringen i Suldalslågen er redusert til 50 m³/s i årsmiddel (Figur 1). I perioder fører dette til at vann fra sidebekkene (restfeltet) til Suldalslågen kan bidra vesentlig mer enn tidligere til den totale vannføringen i elven, og dermed også vannkvaliteten. Vannkvaliteten i restfeltet har blitt beskrevet som dårlig, spesielt under kraftig flom hvor pH kan gå ned mot 4,5 (Heggberget et al. 1994, Kaste et al. 1995, Blakar 1995, Blakar & Haaland 2000). Et av de sentrale spørsmålene har derfor vært om vannkvaliteten i de sure sidebekkene er så dårlig at den har negative effekter på fisken i vassdraget. Det er imidlertid ikke noe nytt fenomen at vann fra restfeltet i perioder kan dominere vannføringen i Suldalslågen om vinteren. Før reguleringene varierte også vintervannføringen mye, og var ofte betydelig lavere (i perioder nede i 4 m³/s) enn den stabile vintervannføringen etter Ulla-Førre-reguleringen (Bjørtuft 1994).



Figur 1. Ukesmiddelverdier for vannføring i Suldalslågen før og etter reguleringene. Verdiene er målt ved Suldalsosen (NVE). Tykk linje viser vannføringen før reguleringene (1931-1964), tynn linje viser vannføringen etter Røldal-Suldal-utbyggingen (1966-1978), mens stiplet linje viser vannføringen etter Ulla-Førre-utbyggingen (1981-1992). Etter Bjørtuft (1994).

Hovedmålet med dette studiet har vært å etterprøve resultatene fra de studiene vi tidligere har gjort av fysiologiske responser hos laks eksponert for sure episoder fra restfeltet til Suldalslågen (Øxnevad & Poléo 1998, Poléo et al. 2001). I dette studiet har vi også testet hypotesen om at vannkvaliteten fra restfeltet har negativ effekt på laks ved å eksponere fisken for en kalket og en sur sidebekk til Suldalslågen. Dersom restfeltet til Suldalslågen har en vannkvalitet som er for dårlig for laks er det rimelig å anta at en eksponering for vann fra en kalket sidebekk og en sur sidebekk vil gi ulik respons hos fisken. I felteksperimenter har lakseparr og presmolt blitt eksponert for vann fra Steinsåna (kalket) og Fossåna (sur). Både Al-kjemien og fiskefysiologien har blitt fulgt under flere høst- og vårflommer i periodene fra 17. september til 27. oktober 1998 og fra 26. mars til 1. juni 1999. Vi har arbeidet for å besvare følgende spørsmål:

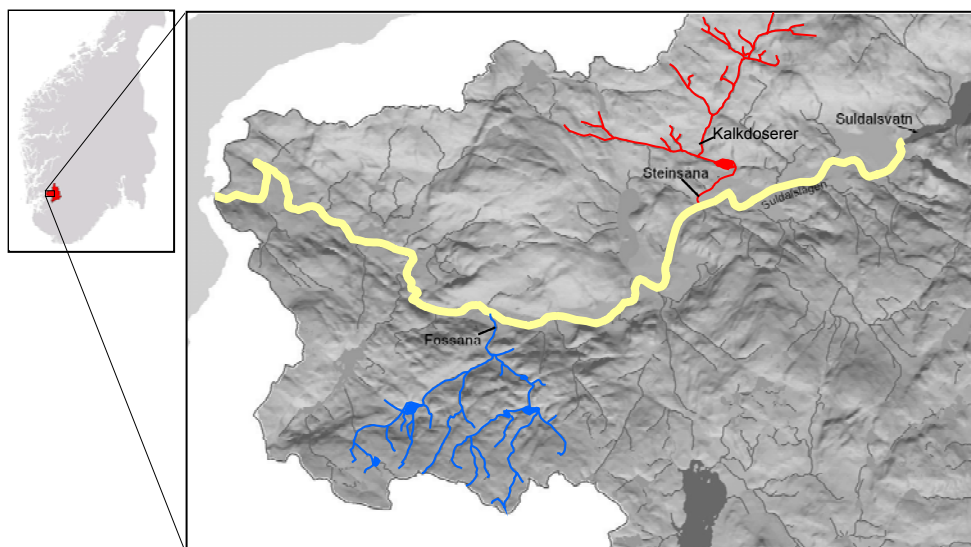
1. Er flomepisoder i en sur sidebekk til Suldalslågen akutt giftig for laks?
2. Har vannkvalitetsendringer i denne sidebekken negativ effekt på fysiologien til laks?
3. Har vannkvaliteten i en kalket sidebekk til Suldalslågen noen effekt på fysiologien til laks?
4. Hvilke vannkjemiske parametere kan forklare de eventuelle effektene vannkvaliteten har på laksen i den sure og den kalkede sidebekken?

MATERIALER OG METODER

Lokaliteter og forsøksfisk

Vi har brukt to sidebekker til Suldalslågen som lokaliteter for felteksperimentene; Fossåna og Steinsåna (Figur 2). Fossåna regnes for å være sur, og for å ha aluminiumrikt vann under flomperioder (Heggberget et al. 1994, Blakar 1995, Kaste et al. 1995). I følge Blakar & Haaland (2000) er middelverdien for pH i Fossåna 5,7 og for Al-konsentrasjonen (total Al) 80 $\mu\text{g/l}$. Som en del av fullkalkingen av Suldalslågen ble det satt i gang kalking av Steinsåna i 1998. I denne sidebekken er middelverdien for pH og Al-konsentrasjonen (total Al) henholdsvis 6,9 og 50 $\mu\text{g/l}$ etter kalking (se Blakar & Haaland 2000). Ved hver av de to bekkene satte vi opp en forsøksstasjon med et eksperimentelt oppsett. Begge stasjonene ble plassert der det fra før står en skala for måling av vannstanden.

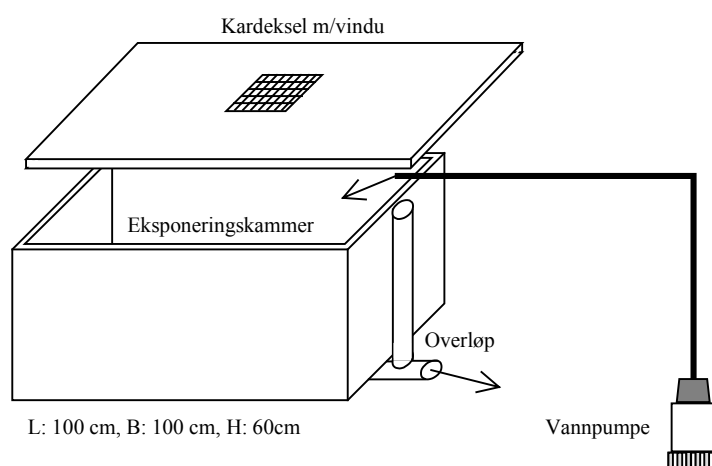
I forsøkene har vi brukt parr og presmolt fra Suldalslågens egen laksestamme, hentet fra settefiskanlegget på Ritland i Suldal. I forbindelse med forsøket som ble gjort våren 1999 ble fisken hentet mens den fremdeles var presmolt. I løpet av forsøksperioden smoltifiserte fisken og i den siste delen av perioden viste den klare tegn (utseende og atferd) på at den var smolt.



Figur 2. Det røde feltet på kartet over Sør-Norge viser Suldalslågens nedbørfelt. Kartet til høyre viser Suldalslågen (gul) med de undersøkte lokalitetene avmerket; Fossåna (blå) og Steinsåna (rød).

Eksperimentelt oppsett

I hver bekk besto oppsettet av et fiskekar (ca. 500 liter) med utløp i bunnen og konstant gjennomstrømning av vann (Figur 3). Vannet ble pumpet inn i karene ved hjelp av pumper senket ned i elveløpet ved stasjonene. Vannstrømmen inn i karene lå rundt 20 l/min. Kar-oppsettene var altså konstruert slik at endringer i vannføringen ved stasjonene ikke skulle påvirke vannføringen gjennom fiskekarene. Hvert kar var dekket til med et lokk hvor det var et 20 x 20 cm "vindu" på midten, slik at fisken kunne registrere variasjoner i døgnet og samtidig være beskyttet mot unødige forstyrrelser.



Figur 3. Skisse av det oppsettet som ble brukt ved Fossåna og Steinsåna

Eksperimentell protokoll

Dette studiet ble gjennomført som to separate forsøk, et høstforsøk med parr og et vårforsøk med presmolt. I høstforsøket, som varte fra 17. september til 27. oktober, ble 150 parr plassert i hvert kar. I vårforsøket, som varte fra 26. mars til 1. juni, ble 180 presmolt plassert i hvert kar.

Minst en gang om dagen ble det sjekket om det var dødelighet av fisk, samtidig som pH og temperatur i karene ble registrert. I tillegg ble vannets ledningsevne målt hver dag i løpet av vårforsøket. Vannstanden ble også lest av daglig ved de to stasjonene. 7 ganger i løpet av høstforsøket i Steinsåna, og 8 ganger i Fossåna, ble 10 fisk tatt ut fra hvert kar og avlivet med et slag mot hodet. Deretter ble det tatt en blodprøve, en muskelprøve og flere prøver av gjellene (se nedenfor). I løpet av vårforsøket ble det tatt tilsvarende prøver

12 ganger av fisk fra hver av de to stasjonene. Forsøksfisken ble ikke føret under forsøkene. Gjenværende fisk ble avlivet ved forsøkernes slutt.

Aluminiumanalyser av vannet i karene ble foretatt i forbindelse med prøvetaking av fisk. Hver gang ble det utført 3 parallelle fraksjoneringsprosedyrer av aluminium (Al_r , Al_a , Al_o , Al_{or} : se Tabell 1) ved hver stasjon. Samtidig ble det tatt en vannprøve fra hvert kar for senere analyser av hovedkjemiske komponenter.

Analysemetoder vannkjemi

pH og temperatur

pH ble målt med et Radiometer pH-meter-29 med en GK 2401 C kombinert glass/referanse-elektrode. pH-elektroden ble daglig kalibrert mot Radiometer pH-buffere 4,01 og 7,00. pH ble avlest til nærmeste 0,1 pH-enhet når pH-meteret varierte mindre enn 0,05 pH-enhet/min. Vanntemperaturen ble målt med kvikksølvtermometer og avlest til nærmeste 0,2°C.

Aluminium

Kationebytting (Driscoll 1984) kombinert med keton-ekstraksjon (Barnes 1975) ble benyttet for å bestemme konsentrasjonen av de ulike aluminiumfraksjonene. Dette er en velegnet fraksjoneringsmetode for aluminium i felt, spesielt for vann med lav innhold av totalt organisk karbon (TOC) som i Suldalslågen (Barnes 1975, Driscoll 1984, Sullivan et al. 1986, Lydersen et al. 1994). Standardavviket for metoden er beregnet til omtrent 1% av gjennomsnittet (Sullivan et al. 1986) og deteksjonsgrensen er 13 µg Al/l (Vogt et al. 1994). Ekstraktene ble lagret ved 4°C i minst 24 timer før absorbansen ble målt ved 395 nm ved hjelp av et Shimadzu UV-1201 spektrofotometer (Tikhonov 1973, Bloom et al. 1979). Absorbansen ble også målt ved 600 nm for å korrigere for interferens med jern (Sullivan et al. 1986). De ulike formene for aluminium som ble målt eller beregnet er beskrevet i Tabell 1.

Tabell 1. Beskrivelse av de ulike Al-fraksjonene som ble målt eller beregnet

Al_r: Totalt aluminium, bestemmes ved ekstraksjon av vannprøve minst 24 timer etter surgjøring til pH 1 med HNO₃.

Al_{or}: Totalt organisk aluminium, Al_o + polymert aluminium som ikke holdes tilbake i ionebytterkolonnen bestemmes ved ekstraksjon av eluatet fra kationebyttet prøve minst 24 timer etter surgjøring til pH 1 med HNO₃ (resultatene ikke omtalt).

Al_a: Totalt monomert aluminium, bestemmes ved ekstraksjon av ubehandlet vannprøve.

Al_o: Organisk monomert aluminium, bestemmes ved ekstraksjon av eluatet fra kationebyttet prøve.

Al_i: Uorganisk monomert eller labilt aluminium, definert som Al_a - Al_o.

Al_c: Kolloidalt aluminium, definert som Al_r - Al_a (resultatene ikke omtalt).

Prøvetaking av fisk og analyser

Blodprøver

Blodprøvene ble tatt fra fiskens dorsalvene like bak gattfinnen ved hjelp av en heparinisert 1 ml engangssprøyte. Det ble tatt inntil 350 µl blod fra hver fisk. Blodet ble deretter overført til 50 µl kapillærrør og sentrifugert i 3 min. Etter sentrifugering ble hematokrit målt og beregnet som %-andel blodceller av total mengde blod. Etter at hematokrit var målt ble plasma isolert. Noe plasma ble lagt på is for analyse av plasma Cl⁺, mens resten av plasma ble frosset ned for senere analyse av laktat. I vårforsøket med presmolt ble plasma Na⁺ og glukoseinnholdet i blodet målt i tillegg til de andre nevnte parameterene.

Blodglukose ble målt på fullblod ved hjelp av et Bayer Glucometer Elite apparat. Én dråpe blod ble brukt til hver analyse. Plasmaklorid ble målt ved hjelp av en RADIOMETER CMT 10 kloridtitrator. Titratoren har en nøyaktighet på ± 0,5 %. 20 µl plasma ble brukt til én måling, og det ble gjort én måling per fisk. Konsentrasjonen av plasmanatrium ble målt ved atomabsorpsjonsspektrofotometri (AAS). Instrumentet har størst følsomhet ved konsentrasjoner mellom 0,5 og 2 ppm, og prøvene ble derfor fortynnet totalt 1600 ganger. Deteksjonsgrensen for apparatet er 0,15 ppm, og hver prøve ble avlest 3 ganger. Plasmalaktat ble målt ved hjelp av en YSI Model 23L Lactate Analyzer. Metoden har en nøyaktighet på ± 0,16 mmol/l.

Muskelprøver

Fra hver fisk ble det tatt en prøve av den epiaksiale (rygg) muskulaturen rett under ryggfinnen. Muskelprøvene ble lagt på preveiede prøverør og frosset ned. Før analyse ble prøvene tint, og deretter ble prøverørene med muskel veiet. All væske i muskelprøvene ble så fjernet ved hjelp av frysetørking under vakuum (Maxi dry lyo - frysetørker). Etter ca 16 timers frysetørking ble prøverørene veiet igjen. Vanninnholdet i muskelen ble beregnet som ml vann pr. gram tørrvekt muskel (ml/g tvn).

Gjelleprøver

Vi har ikke analysert alle prøvene som ble tatt av fisken under forsøket. I tillegg til de parameterene vi har målt, har vi konserverte gjeller for eventuelle histologiske undersøkelser i både lysmikroskop og elektronmikroskop (SEM). Vi har også tatt vare på gjeller for å kunne måle akkumulert aluminium, og noen av disse er analysert. I høstforsøket ble det kun tatt prøver av gjeller for måling av akkumulert aluminium under siste halvdel av forsøksperioden.

I tillegg til dette har vi tatt vare på de frysetørkede muskelprøvene for eventuell måling av muskulaturens innhold av Cl^+ og Na^+ (eventuelt andre ioner). Vi har valgt ikke å analysere disse prøvene foreløpig, men vil gjøre analyser dersom det viser seg nødvendig.

Akkumulering av aluminium på gjeller

Første gjellebue (sett forfra) på venstre side av hver fisk ble tatt ut og lagt på et preveiet eppendorfrør som deretter ble frosset ned. Før analyse ble prøvene tint, og deretter ble prøverørene med gjelle veiet. Gjellevevet ble så oppsluttet i en 1:1 løsning av HNO_3 og dobbeltdestillert vann, og autoklavert ved 120°C og 200kPa (ca. 3 atm). Aluminium i prøvene ble analysert ved atomabsorpsjons-spektrofotometri (Varian Spectra 10/20 AAS) med grafittovn (GTA-95). Vi har kun analysert prøvene fra høstforsøket. Mengden akkumulert aluminium på gjellene ble beregnet som μg aluminium pr. gram våtvekt gjelle ($\mu\text{g Al/g vvg}$).

Statistiske analyser

Enveis analyse av varians (ANOVA), sammen med Tukey-Kramer post-hoc test, ble brukt til å teste om det var signifikant forskjell i de ulike fysiologiske parameterene mellom stasjonene eller prøvetakingstidspunktene. Analysene ble utført ved hjelp av programmet JMP, versjon 3.1.1. for Macintosh.

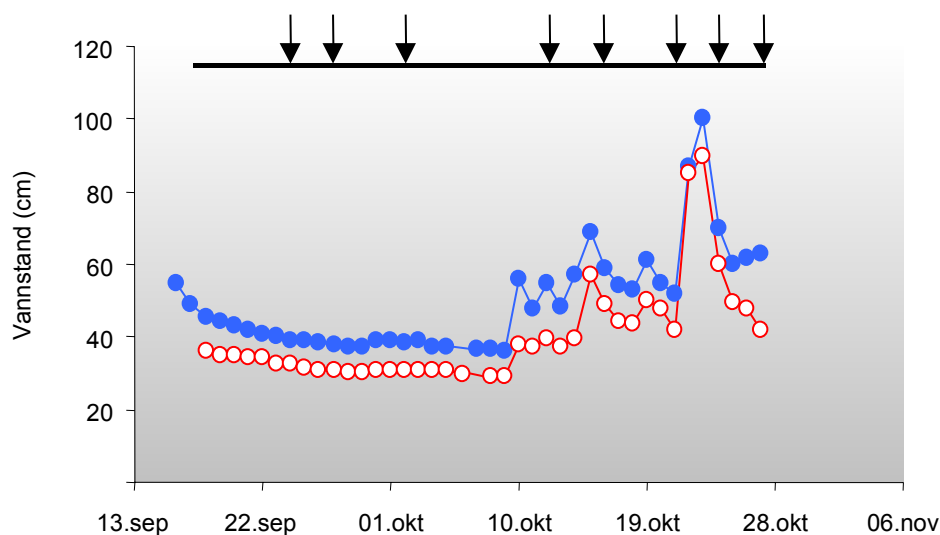
RESULTATER

Høstforsøket

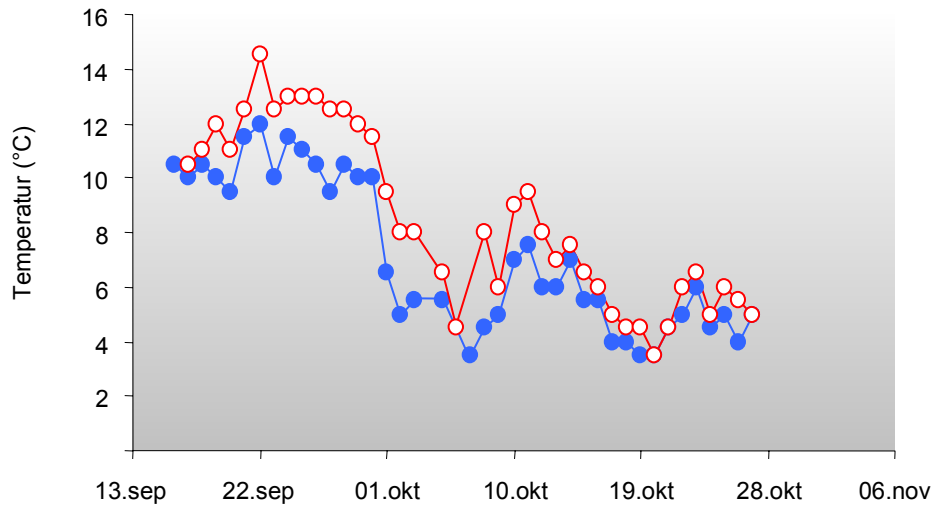
Vannstand og vanntemperatur

I begynnelsen av forsøksperioden var vannstanden lav og stabil i begge bekkene, mellom 36 og 55 cm i Fossåna og mellom 29 og 36 cm i Steinsåna. I forbindelse med nedbør økte vannstanden noe fra 10. til 21. oktober, før vi fikk en kraftig flom mot slutten av forsøket som varte 2 dager (Figur 4). Kraftig flom er definert som vannstand over 80 cm i Fossåna.

På begge stasjonene varierte vanntemperaturen noe, men sank gradvis gjennom hele forsøksperioden (Figur 5).



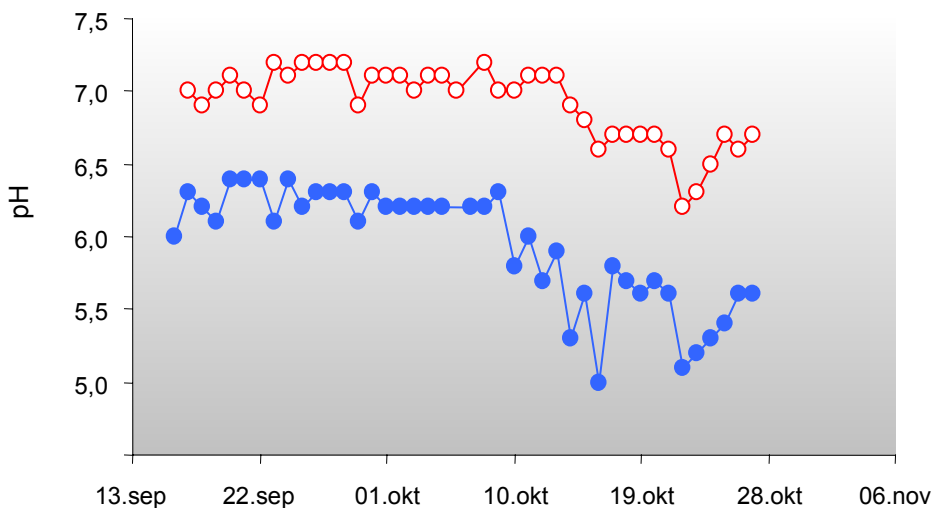
Figur 4. Vannstanden i Fossåna (lukkede sirkler) og Steinsåna (åpne sirkler) gjennom forsøksperioden (n=1 for hvert punkt). Den tykke streken øverst på figuren viser varigheten av forsøket. Pilene indikerer når det ble tatt prøver av fisk.



Figur 5. Vanntemperatur i Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne) gjennom forsøksperioden (n=1 for hvert punkt).

pH og aluminium

I løpet av forsøket varierte pH i Fossåna mellom 5,0 og 6,4 (Figur 6). Det var en klar sammenheng mellom økning i vannstand og nedgang i vannets pH. I Steinsåna varierte pH mellom 6,2 og 7,2, og fulgte det samme forløpet som i Fossåna.

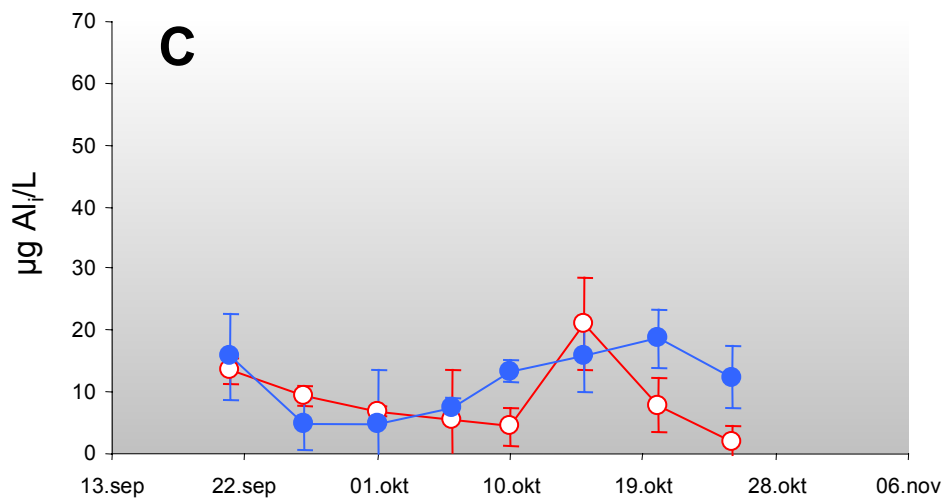
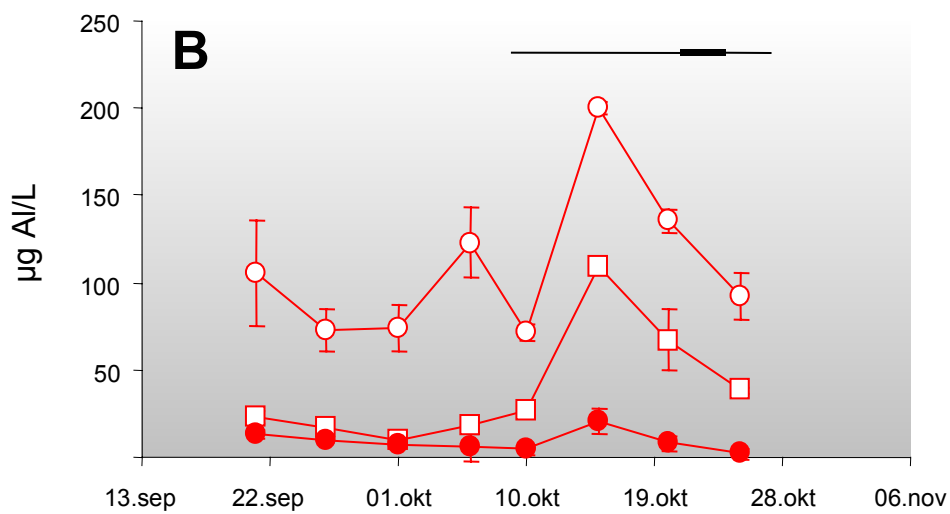
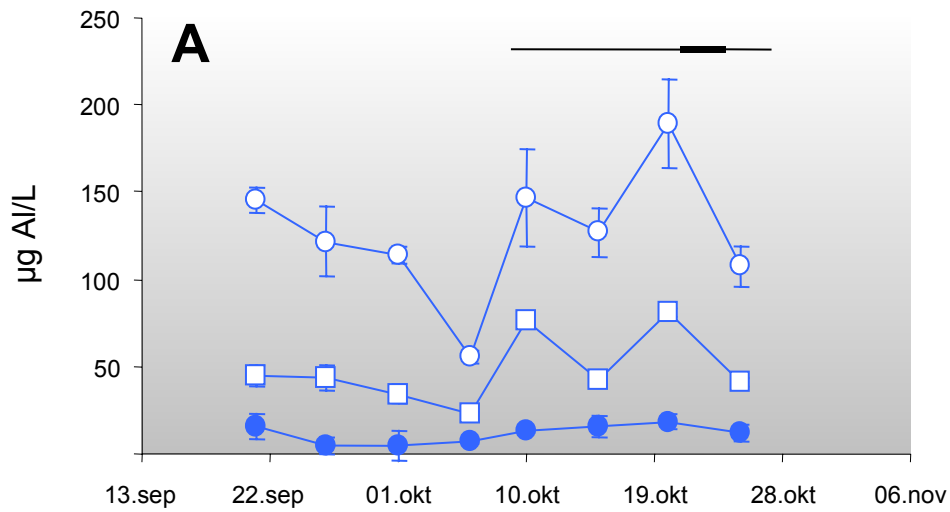


Figur 6. pH i Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne) gjennom forsøksperioden (n=1 for hvert punkt).

I Fossåna var det en klar sammenheng mellom mengden aluminium, pH og vannstand. Når vannstanden økte og pH sank, økte konsentrasjonen av totalt aluminium (Al_r) i vannet (Figur 7). Konsentrasjonen av Al_o og Al_i varierte på samme måte som Al_r gjennom forsøket. Konsentrasjonen av Al_r varierte

mellom 55 ± 4 og 189 ± 25 $\mu\text{g/l}$. Den høyeste verdien ble målt mot slutten av den moderate flomperioden. Konsentrasjonen av Al_o varierte mellom 23 ± 2 og 82 ± 2 $\mu\text{g/l}$, mens konsentrasjonen av Al_i varierte mellom 7 ± 2 og 19 ± 5 $\mu\text{gAl/l}$. De høyeste Al_o og Al_i -konsentrasjonene ble også målt mot slutten av den moderate flomperioden.

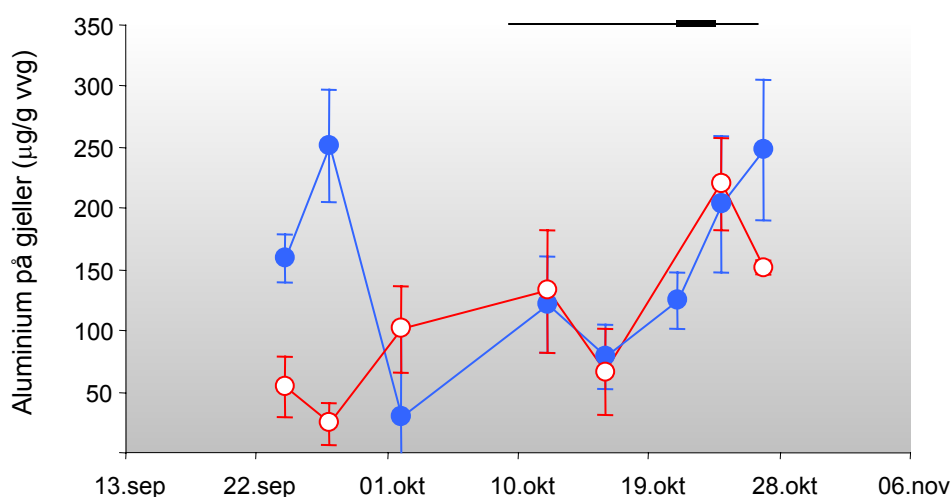
I Steinsåna var det også en klar sammenheng mellom mengden aluminium, pH og vannstand slik som i Fossåna. Konsentrasjonen av Al_i varierte mellom 72 ± 4 og 200 ± 3 $\mu\text{g/l}$, og den høyeste konsentrasjonen ble målt midt under den moderate flomperioden (Figur 7). Konsentrasjonen av Al_o varierte mellom 10 ± 1 og 110 ± 3 $\mu\text{g/l}$ i løpet av forsøket, mens konsentrasjonen av Al_i varierte mellom 4 ± 3 og 21 ± 7 $\mu\text{g/l}$. De høyeste konsentrasjonene av Al_o og Al_i ble også målt midt under den moderate flomperioden.



Figur 7. (A) Konsentrasjoner ($\mu\text{g/l}$) av de ulike Al-fraksjonene ($n=3$ for hvert punkt) gjennom forsøksperioden i Fossåna og (B) Steinsåna. Al_r (O), Al_0 (\square), Al_i (\bullet). Den tynne streken øverst på figuren viser varigheten av den moderate flomperioden (vannstand >60 cm i Fossåna), mens den tykke streken viser varigheten av den kraftige flommen (>80 cm). (C) Al_i i Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne).

Akkumulering av aluminium på gjeller

Det var akkumulering av aluminium på gjellene til fisk eksponert for vann fra Fossåna (mellom 29 og 251 $\mu\text{g Al/g vvg}$) og Steinsåna (mellom 24 og 220 $\mu\text{g Al/g vvg}$). I starten av forsøket hadde fisken eksponert for vann fra Fossåna akkumulert en god del aluminium på gjellene, mens det var relativt lite aluminium akkumulert hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna (Figur 8). Mengden aluminium avtok imidlertid betydelig hos fisk fra Fossåna, før det steg igjen under flomperioden. Fisk eksponert for vann fra Steinsåne viste også en økning av mengden aluminium akkumulert på gjellene, både før og under flomperioden. Under flomperioden hadde fisken akkumulert omtrent like mye aluminium på gjellene i begge bekkene, bortsett fra ved siste prøvetaking hvor fisk eksponert for vann fra Steinsåna viste en reduksjon i mengden aluminium (Figur 8).



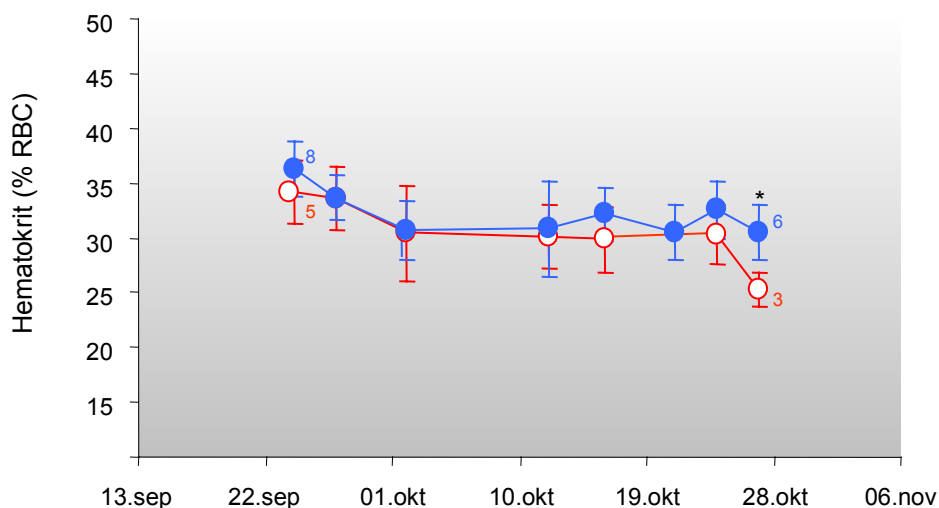
Figur 8. Akkumulering av aluminium på gjeller ($\mu\text{g/g vvg}$) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne), under flomperioden under høstforsøket. Figuren viser gjennomsnittsverdier med standardavvik. $n=10$ dersom det ikke er indikert noe annet i figuren. Den tynne streken øverst på figuren viser varigheten av den moderate flomperioden (vannstand >60 cm i Fossåna), mens den tykke streken viser varigheten av den kraftige flommen (>80 cm).

Mortalitet

Det ble ikke observert dødelighet av fisk i løpet av høstforsøket.

Hematokrit

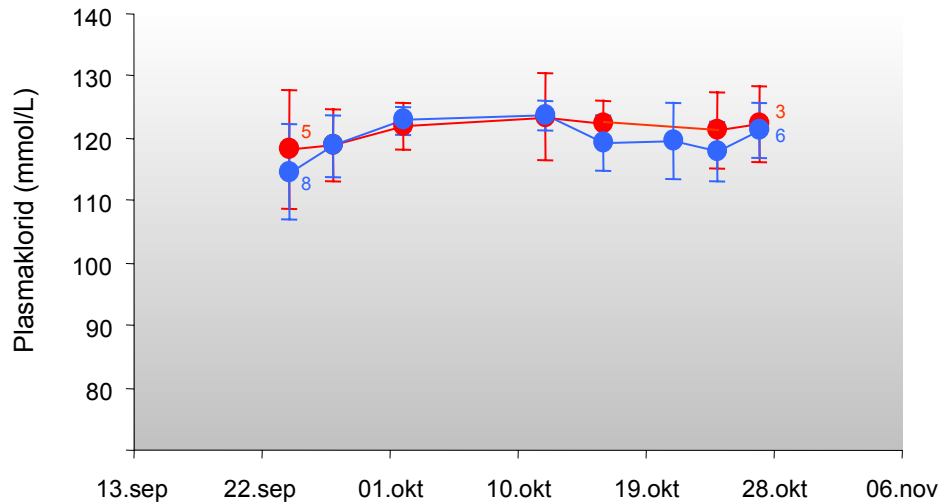
Hematokrit hos fisk eksponert for vann fra de to sidebekkene var lavt, og gjennomsnittsverdiene lå mellom 25 ± 2 og 36 ± 2 % (Figur 9). For begge bekkene var det signifikant nedgang i hematokrit gjennom forsøket (ANOVA, $p < 0,0004$). Hematokrit var så og si likt hos fisk eksponert for vann fra Fossåna og Steinsåna. Ved siste prøvetaking, 27. oktober, var imidlertid hematokrit signifikant høyere hos fisk eksponert for vann fra Fossåna enn fra Steinsåna ($p < 0,01$). (Figur 9).



Figur 9. Hematokrit (%) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier med standardavvik. $n=10$ dersom det ikke er indikert noe annet i figuren. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

Plasma Cl^-

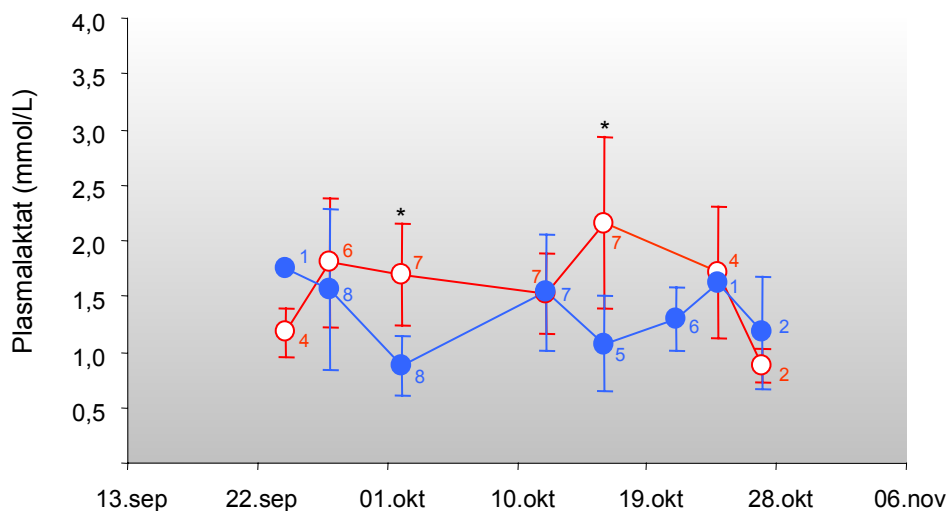
Plasmaklorid hos fisk eksponert for vann fra de to sidebekkene varierte noe gjennom forsøket og gjennomsnittsverdiene lå mellom 115 ± 8 og 124 ± 2 mmol/l (Figur 10). Hos fisk eksponert for vann fra Fossåna var det en signifikant endring i plasmaklorid gjennom forsøket ($p < 0,05$), mens en slik endring ikke fant sted i Steinsåna ($p > 0,5$). Det var likevel ingen signifikant forskjell i plasmaklorid mellom fisk fra de to eksponeringene ($p > 0,05$).



Figur 10. Plasmaklorid (mmol/l) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier med standardavvik. n=10 dersom det ikke er indikert noe annet i figuren. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

Plasmalaktat

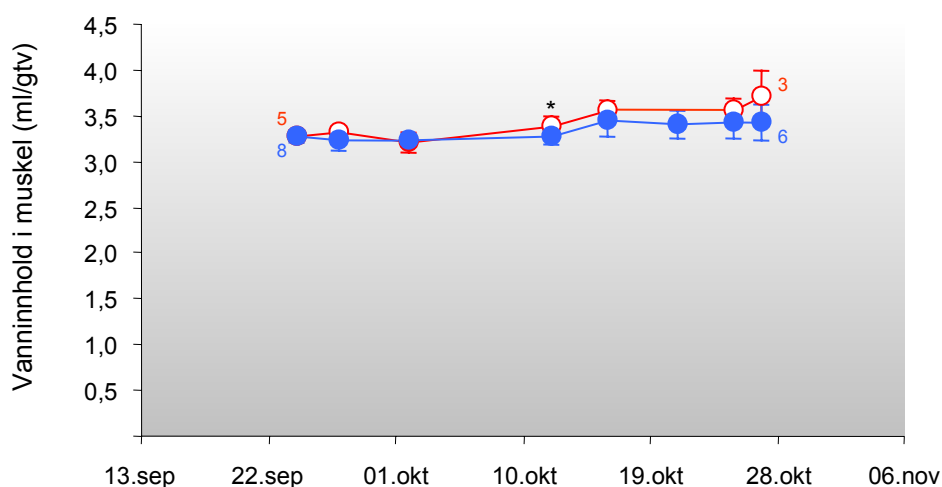
Plasmalaktat hos fisk eksponert for vann fra de to sidebekkene var lavt gjennom hele forsøket og gjennomsnittsverdiene lå mellom $0,9 \pm 0,2$ og $2,2 \pm 0,8$ mmol/l (Figur 11). Hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna var det en signifikant endring i plasmalaktat gjennom forsøket ($p < 0,05$), mens en slik endring ikke fant sted i Fossåna ($p > 0,1$). Plasmalaktat hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna var signifikant høyere enn hos fisk eksponert for vann fra Fossåna ved to av prøvetakingene ($p < 0,05$) (Figur 11).



Figur 11. Plasmalaktat (mmol/l) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier med standardavvik. n=10 dersom det ikke er indikert noe annet i figuren. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

Vanninnhold i muskulatur

Vanninnholdet i muskulatur hos fisk eksponert for vann fra Fossåna og Steinsåna varierte noe, og gjennomsnittsverdiene lå mellom $3,2 \pm 0,1$ og $3,7 \pm 0,3$ ml/gtv (Figur 12). For begge bekkene var det en signifikant økning i vanninnholdet i muskulatur gjennom forsøket ($p < 0,0007$). Vanninnholdet i muskulaturen hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna var gjennomgående noe høyere sammenliknet med fisk eksponert for vann fra Fossåna, og denne forskjellen var signifikant ved prøvetakingen 12. oktober ($p < 0,05$) (Figur 12).

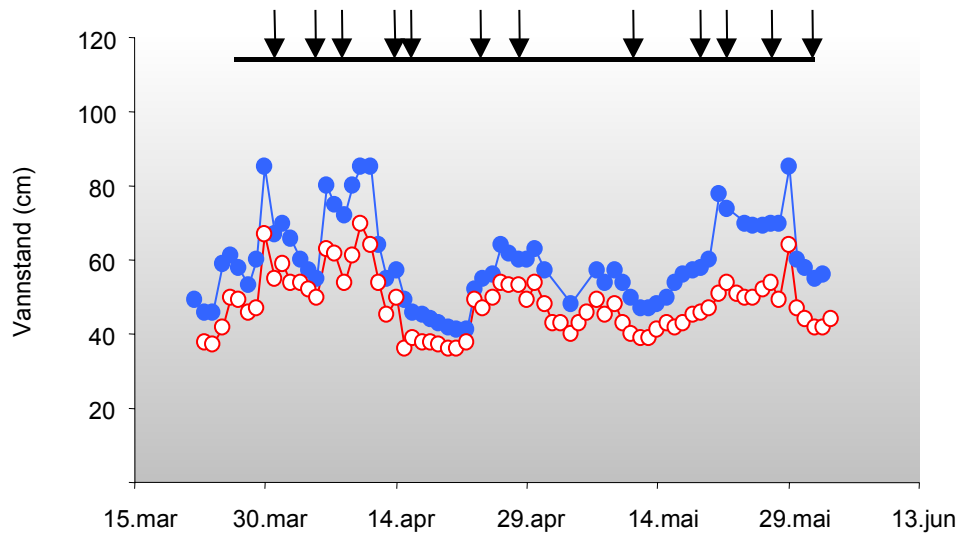


Figur 12. Vanninnhold i muskulatur (ml/gtv) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier med standardavvik. $n=10$ dersom det ikke er indikert noe annet i figuren. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

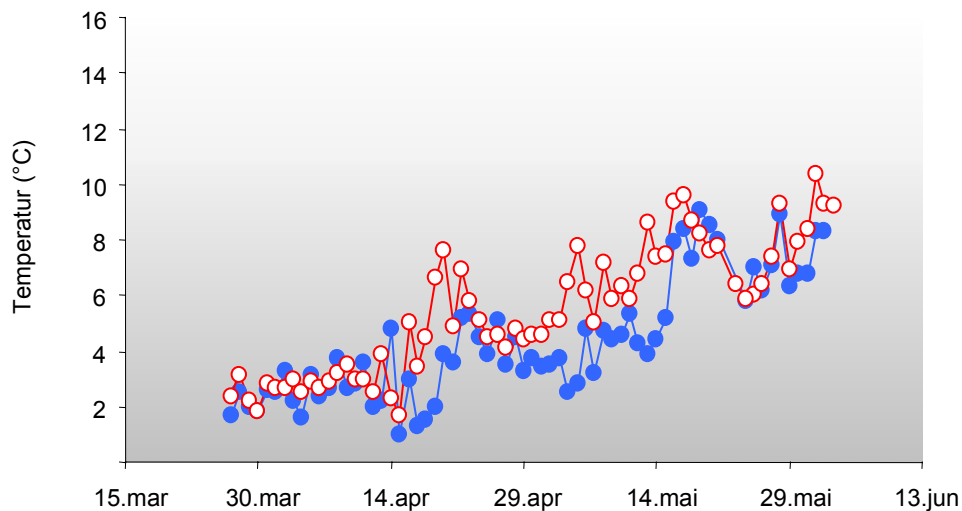
Vårforsøket

Vannstand og vanntemperatur

Vannstanden varierte mye i løpet av forsøksperioden. I forbindelse med snøsmelting og nedbør ble det registrert tre kraftige flommer (30. mars, 6 - 11. april og 21- 29. mai, >80 cm i Fossåna) og en moderat flom (23. april – 1. mai, >60 cm i Fossåna) (Figur 13). På begge stasjonene varierte vanntemperaturen noe, men hadde en stigende tendens gjennom hele forsøksperioden (Figur 14).



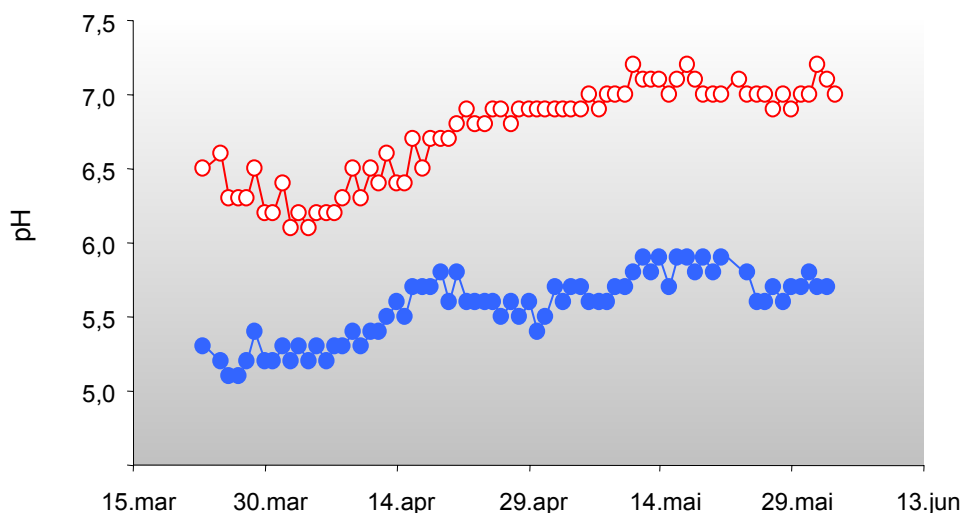
Figur 13. Vannstanden i Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne) gjennom forsøksperioden (n=1 for hvert punkt). De tykke strekene øverst på figuren viser varigheten av forsøket. Pilene indikerer når det ble tatt prøver av fisk.



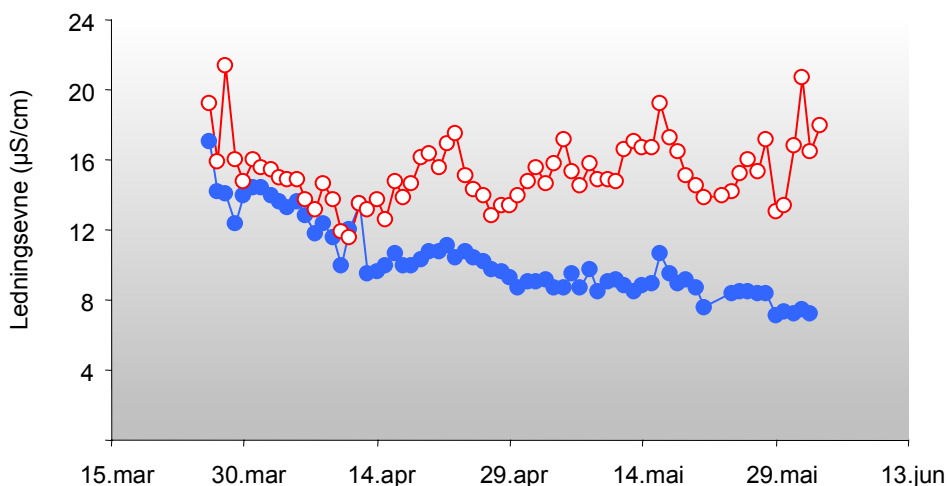
Figur 14. Vanntemperatur i Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne) gjennom forsøksperioden (n=1 for hvert punkt).

pH, ledningsevne og aluminium

I løpet av forsøket varierte pH i Fossåna mellom 5,1 og 5,9 (Figur 15). Det var en klar sammenheng mellom økning i vannstand og nedgang i vannets pH. I Steinsåna varierte pH mellom 6,1 og 7,2, og fulgte til dels det samme forløpet som i Fossåna. Vannets ledningsevne i Steinsåna varierte en del gjennom hele forsøket, mens ledningsevnen i Fossåna hadde en synkende tendens. Fra 16. april og ut forsøksperioden, var ledningsevnen i vannet fra Fossåna betydelig lavere sammenliknet med Steinsåna (Figur 16).



Figur 15. pH i Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne) gjennom forsøksperioden (n=1 for hvert punkt).

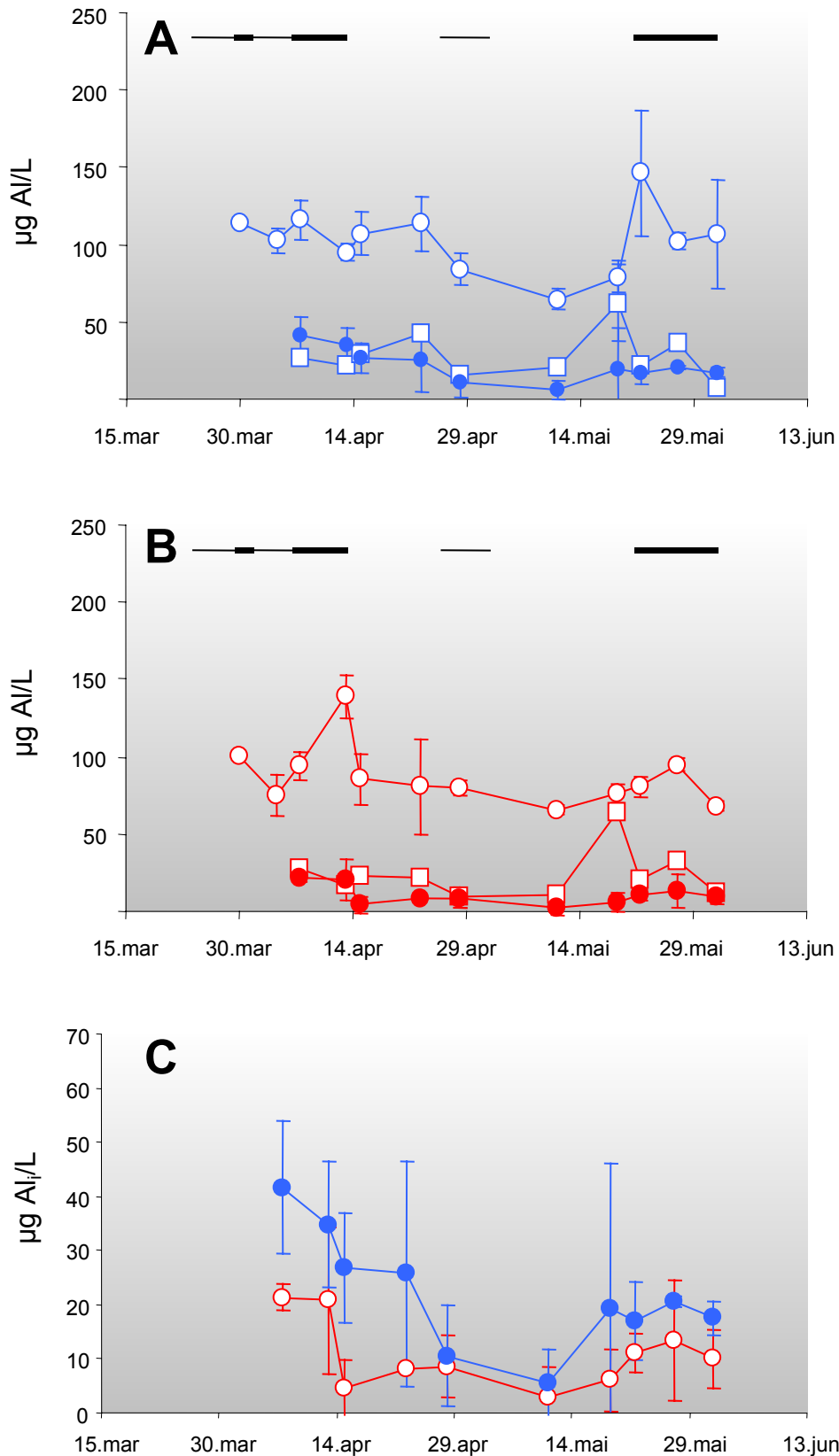


Figur 16. Ledningsevne i vannet i Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne) gjennom forsøksperioden (n=1 for hvert punkt).

I Fossåna var det en klar sammenheng mellom mengden aluminium, pH og vannstand. Når vannstanden økte og pH sank, økte konsentrasjonen av totalt aluminium (Al_r) i vannet (Figur 17). Konsentrasjonen av Al_o og Al_i varierte ikke alltid på samme måte som Al_r gjennom forsøket. Konsentrasjonen av Al_r varierte mellom 65 ± 6 og 146 ± 41 $\mu\text{g/l}$. Den høyeste verdien ble målt 22. mai i begynnelsen av den siste flommen. Konsentrasjonen av Al_o varierte mellom 7 ± 2 og 44 ± 8 $\mu\text{g/l}$, mens konsentrasjonen av Al_i varierte mellom 6 ± 6 og 42 ± 12 $\mu\text{g Al/l}$. De høyeste Al_o -konsentrasjonene ble målt i begynnelsen av den moderate flomperioden

og like før den siste kraftige flommen. De høyeste Al_i -konsentrasjonene ble målt under den andre, og like før den siste kraftige flommen.

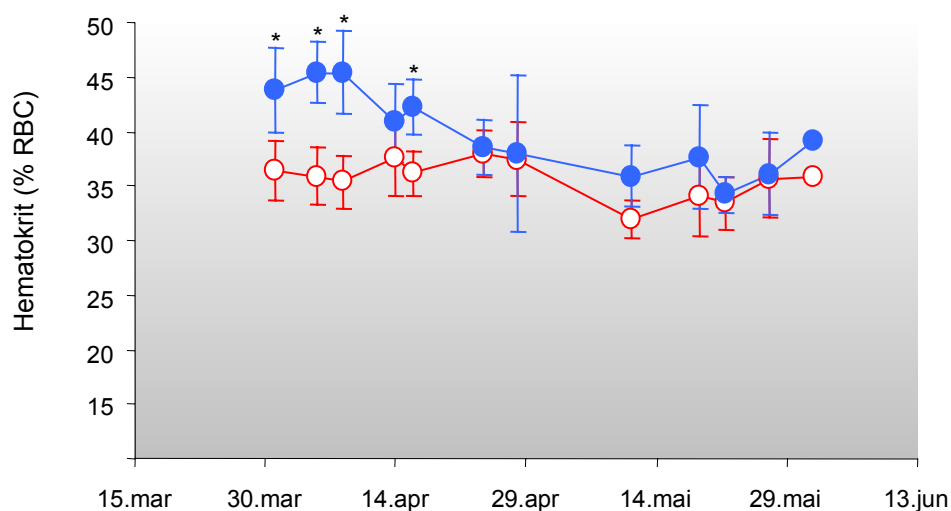
I Steinsåna var det også en klar sammenheng mellom mengden aluminium og pH i likhet med Fossåna. Konsentrasjonen av Al_r varierte mellom 53 ± 5 og 169 ± 14 $\mu\text{g/l}$, og den høyeste konsentrasjonen ble målt under den første kraftige flommen (Figur 17). Konsentrasjonen av Al_o varierte mellom 10 ± 8 og 64 ± 6 $\mu\text{g/l}$ i løpet av forsøket, mens konsentrasjonen av Al_i varierte mellom 0 ± 8 og 21 ± 3 $\mu\text{g/l}$. Den høyeste konsentrasjonen av Al_o ble målt 19. mai i begynnelsen av den siste kraftige flommen, mens konsentrasjonen Al_i var høyest under den andre kraftige flommen.



Figur 17. (A) Konsentrasjoner ($\mu\text{g/l}$) av de ulike Al-fraksjonene ($n=3$ for hvert punkt) gjennom forsøksperioden i Fossåna og (B) Steinsåna. Al_r (O), Al_o (\square), Al_i (\bullet). Den tynne streken øverst på figuren viser varigheten av den moderate flomperioden (vannstand >60 cm i Fossåna), mens den tykke streken viser varigheten av den kraftige flommen (>80 cm). (C) Al_i i Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne).

Hematokrit

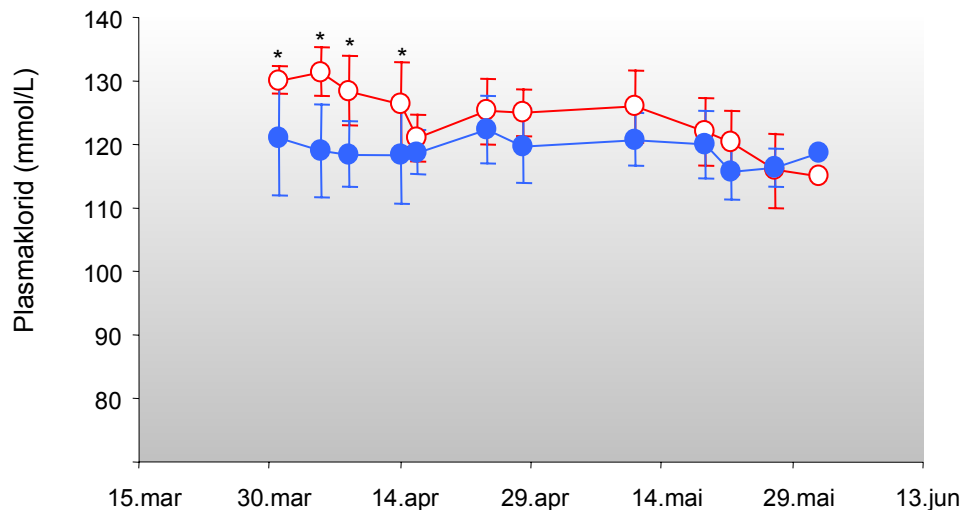
Hematokrit hos fisk eksponert for vann fra de to sidebekkene varierte noe gjennom forsøket, og gjennomsnittsverdiene lå mellom 32 ± 3 og 45 ± 4 % (Figur 18). For begge bekkene var det en signifikant nedgang i hematokrit gjennom forsøket (ANOVA, $p < 0,0001$). Hematokrit hos fisk eksponert for vann fra Fossåna var gjennomgående noe høyere enn hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna, og denne forskjellen var signifikant ($p < 0,05$) under de to første flommene (Figur 18).



Figur 18. Hematokrit (%) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier ($n=10$) med standardavvik. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

Plasma Cl^-

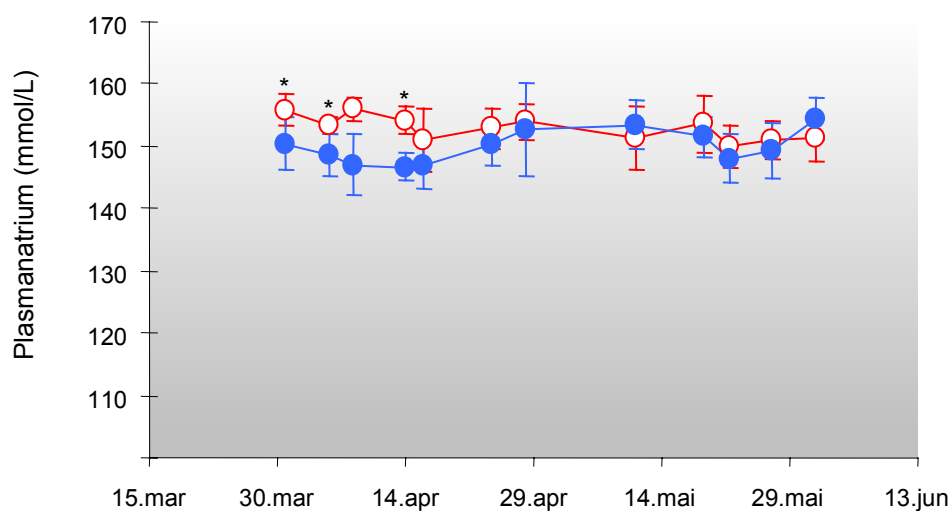
Plasmaklorid hos fisk eksponert for vann fra de to sidebekkene varierte noe gjennom forsøket og gjennomsnittsverdiene lå mellom 115 ± 6 og 132 ± 2 mmol/l (Figur 19). Hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna var det en signifikant nedgang i plasmaklorid gjennom forsøket ($p < 0,0001$), mens en slik endring ikke fant sted i Fossåna ($p > 0,45$). Plasmaklorid hos fisk som ble eksponert for vann fra Fossåna var gjennomgående noe lavere enn plasmaklorid hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna, og denne forskjellen var signifikant ($p > 0,05$) under de to første flommene (Figur 19).



Figur 19. Plasmaklorid (mmol/l) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier (n=10) med standardavvik. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

Plasma Na⁺

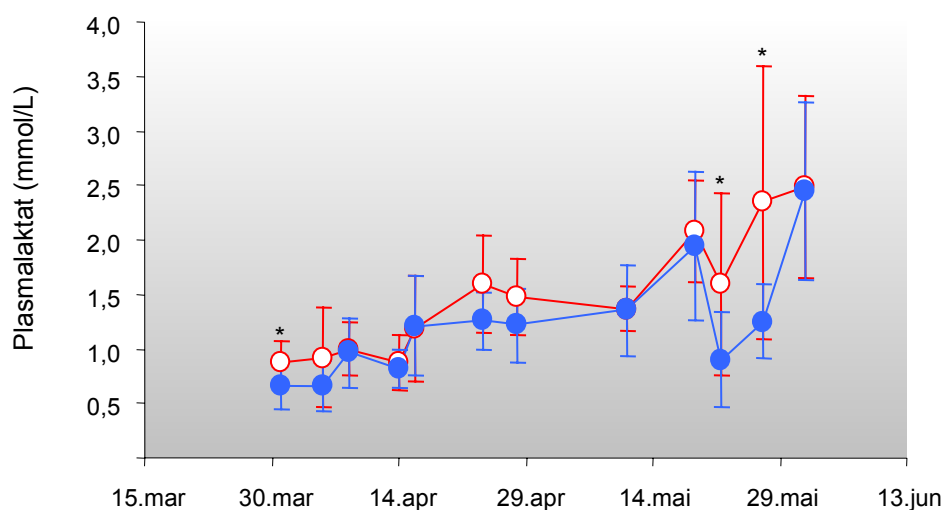
Plasmanatrium hos fisk eksponert for vann fra de to sidebekkene varierte lite gjennom forsøket og gjennomsnittsverdiene lå mellom 147 ± 2 og 156 ± 3 mmol/l (Figur 20). Hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna var det likevel en signifikant nedgang i plasmanatrium gjennom forsøket ($p < 0,002$), mens en slik endring ikke fant sted i Fossåna ($p > 0,2$). Under de to første flommene var plasmanatrium hos fisk som ble eksponert for vann fra Fossåna signifikant ($p > 0,05$) lavere enn hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna (Figur 20).



Figur 20. Plasmanatrium (mmol/l) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier (n=10) med standardavvik. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

Plasmalaktat

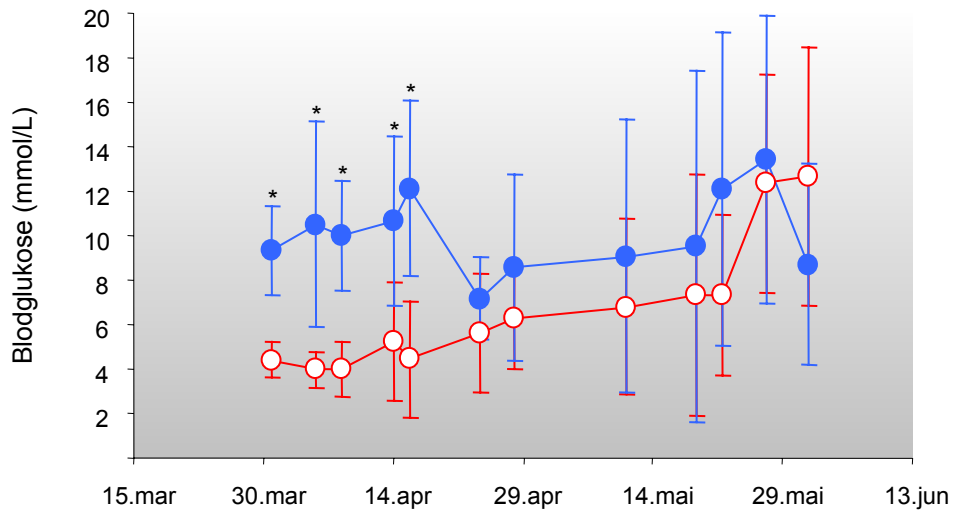
Plasmalaktat hos fisk eksponert for vann fra de to sidebekkene var lavt gjennom hele forsøket og gjennomsnittsverdiene lå mellom $0,7 \pm 0,2$ og $2,5 \pm 0,8$ mmol/l (Figur 21). Både hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna og Fossåna var det en signifikant økning i plasmalaktat gjennom forsøket ($p < 0,0001$). Plasmalaktat hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna var signifikant høyere ($p < 0,05$) enn hos fisk eksponert for vann fra Fossåna ved tre av prøvetakingene (Figur 21).



Figur 21. Plasmalaktat (mmol/l) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier ($n=10$) med standardavvik. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

Blodglukose

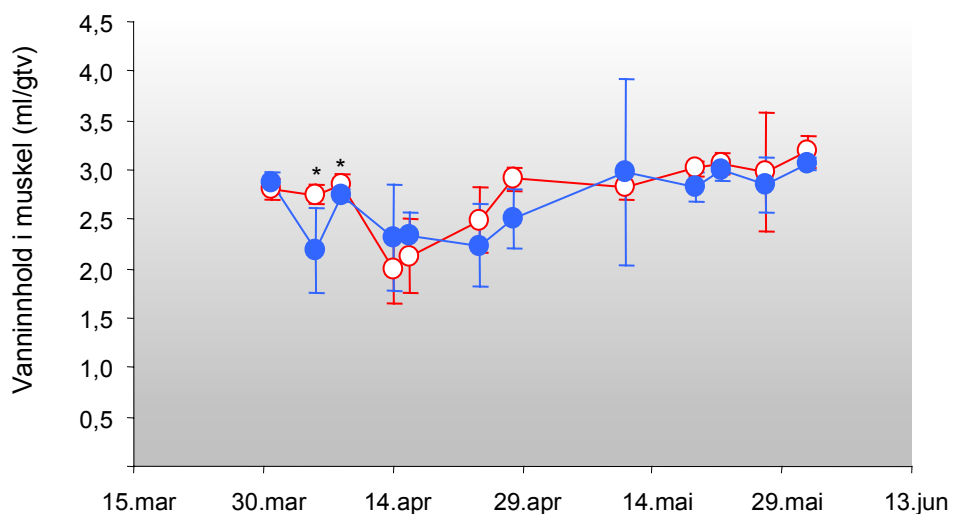
Blodglukose hos fisk eksponert for vann fra de to sidebekkene varierte noe gjennom forsøket. Blodglukose hos fisk eksponert for vann fra Fossåna varierte mellom $7,2 \pm 1,9$ og $13,4 \pm 6,5$ mmol/l, mens blodglukose hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna varierte mellom $4,0 \pm 1,3$ og $12,7 \pm 5,8$ mmol/l (Figur 22). Hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna var det en signifikant økning i blodglukose gjennom forsøket ($p < 0,0001$), mens en slik endring ikke fant sted i Fossåna ($p > 0,2$). Blodglukose var gjennomgående noe høyere hos fisk eksponert for vann fra Fossåna sammenliknet med Steinsåna. Denne forskjellen var signifikant ($p < 0,05$) under de to første flommene (Figur 22).



Figur 22. Blodglukose (mmol/l) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier (n=10) med standardavvik. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

Vanninnhold i muskulatur

Vanninnholdet i muskulatur hos fisk eksponert for vann fra Fossåna og Steinsåna varierte noe gjennom forsøket, og gjennomsnittsverdiene lå mellom $2,0 \pm 0,4$ og $3,2 \pm 0,2$ ml/gtv (Figur 23). For begge bekkene var det en signifikant endring i vanninnholdet i muskulatur hos fisk gjennom forsøket ($p < 0,0001$). Vanninnholdet i muskulaturen hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna var signifikant høyere ($p < 0,05$) enn hos fisk eksponert for vann fra Fossåna ved to av prøvetakingene (Figur 23).



Figur 23. Vanninnhold i muskulatur (ml/gtv) hos fisk fra Fossåna (fylte) og Steinsåna (åpne). Figuren viser gjennomsnittsverdier (n=10) med standardavvik. Stjerner indikerer signifikant forskjell mellom de to eksponeringsgruppene.

DISKUSJON

Akutt giftighet

Resultatene fra dette arbeidet viser entydig at kraftige flomepisoder i løpet av høsten og våren ikke hadde noen akutt giftig effekt på laks i den sure sidebekken Fossåna. Dette var tilfelle for både parr og smoltifiserende laks.

Under de kraftige flommene var pH i Fossåna lav (ned mot 5,0), og den totale konsentrasjonen av aluminium (Al_T) i vannet lå mellom 100 og 200 $\mu\text{g/l}$ om høsten (1998), og mellom 100 og 150 $\mu\text{g/l}$ om våren (1999). Konsentrasjonen av uorganisk monomert aluminium (Al_i) varierte mellom 10 og 20 $\mu\text{g/l}$ om høsten og mellom 20 og 45 $\mu\text{g/l}$ om våren (Figur 7 og 17). Det er tidligere rapportert at nederste del av Suldalslågen under flere episoder tidligere har hatt pH mellom 4,8 og 5,5, og konsentrasjoner av aluminium over 100 $\mu\text{g/l}$ (Heggberget et al. 1994, Kaste et al. 1995, Blakar 1995). Dette har blitt karakterisert som faretruende. Denne karakteristikken bygger imidlertid på en vurdering av total mengde aluminium og ikke den giftige Al_i -fraksjonen (Heggberget et al. 1994, Blakar 1995). Uten en grundigere diskusjon av aluminiumkjemien og varigheten av flomepisodene synes en slik konklusjon etter vår mening å være noe dårlig begrunnet (Øxnevad & Poléo 1998, Poléo et al. 2001). Tidligere studier i Fossåna viser også at restfeltet har vannkvalitetesvariasjoner under flom tilsvarende det vi registrerer i dette studiet (Øxnevad & Poléo 1998, Poléo et al. 2001). Ingen av disse studiene har påvist noen akutt effekt av dårlig vannkvalitet eller vannkvalitetsendringer på ungstadier av laks. Det ser derfor ut til at vannkvaliteten i Fossåna ikke er akutt skadelig for fisk. Det er heller ingen grunn til å anta at vannkvaliteten i selve Suldalslågen under flomperioder er akutt skadelig for fisk, siden vi får en fortykning av vannet fra restfeltet idet dette blandes med vannet i Suldalslågen. Men fordi det av og til forekommer flomepisoder hvor Al_i -konsentrasjonen er noe forhøyet i forhold til det normale, kan vi ikke basert på overlevelse utelukke at fisken i Suldalsvassdraget av og til vil kunne bli påvirket av endringer i vannkvalitet. Spørsmålet er imidlertid om disse eventuelle endringene har noen negativ konsekvens for laks og ørret i vassdraget. Her vil kombinasjonen av vanntemperatur, konsentrasjon av Al_i , varighet av episodene og fiskens livsstadium stå helt sentralt i diskusjonen.

Fysiologiske effekter - høstforsøket

I tillegg til ikke å være akutt giftig for parr, viser resultatene fra høstforsøket at vannkvaliteten i Fossåna og Steinsåna ikke hadde noen effekt på fiskens fysiologi. Dette gjaldt både under lav og høy vannføring selv om både pH og total konsentrasjon av aluminium varierte relativt mye. Resultatene fra dette studiet er således helt i overensstemmelse med tidligere observasjoner gjort i samme type forsøk hvor fysiologiske responser hos parr eksponert for surt vann fra Fossåna ble sammenlignet med responser hos fisk eksponert for vann fra Prestabekken som ikke er sur (Øxnevad & Poléo 1998). Det var heller ingen fysiologisk respons hos fisken under flomperioden mot slutten av forsøket til tross for at den hadde akkumulert aluminium på gjellene, både i Fossåna og Steinsåna. Det er foreslått at dersom en fisk har akkumulert mindre enn 10 µg Al/g tørrvekt gjelle (µg Al/g tvg) kan den regnes for å være i normal tilstand (se Finstad et al. 1999). Vi kjenner ikke tørrvekten til våre gjelleprøver, men beregninger viser at drøye 20% av våtvekten til gjelleprøver tilsvarer deres tørrvekt (pers. med. Frode Kroglund, NIVA). Det betyr at de verdiene av akkumulert aluminium vi målte tilsvarer intervallet 13 til 50 µg Al/g tvg. Alle verdiene ligger altså over grensen på 10 µg Al/g tvg. En forklaring på at vi ikke finner noen fysiologisk respons hos fisken til tross for verdier over 10 µg Al/g tvg kan være at denne foreslåtte grensen for normal tilstand er for lav. En annen forklaring kan være at akkumulering av aluminium på gjeller ikke er noe godt mål på om fisken er skadet eller ikke. Faktisk støtter resultatene dette ved at vi målte sammenfallende mengder aluminium på gjellene hos fisk eksponert for vann fra Fossåna sammenlignet med fisk eksponert for vann fra Steinsåna. I Fossåna varierte pH imidlertid mellom 5,0 og 6,4 mens den varierte mellom 6,2 og 7,2 i Steinsåna. Giftigheten av aluminium er vesentlig forskjellig innenfor disse to pH-intervallene (Lydersen 1991, Poléo 1995, Gensemer & Playle 1999). Ser vi dette i sammenheng med at akkumuleringen av aluminium var lik i Fossåna og Steinsåna, indikerer det at akkumulering av aluminium på fiskegjeller har begrenset verdi som mål på skade hos Al-eksponert fisk. Dette studiet underbygger derfor vår tidligere konklusjon om at vannkvaliteten i Fossåna ikke har noen negativ effekt på laks i forbindelse med sure episoder om høsten.

Ser vi nøye på de fysiologiske responsene vi målte under høstforsøket, finner vi at hematokrit var svakt forhøyet helt i starten av forsøksperioden hos fisk eksponert for vann fra både Fossåna og Steinsåna (Figur 9). Resultatene fra aluminiumanalysene viser at konsentrasjonen av både Al_r og Al_i også var noe forhøyet på samme tid (Figur 7). De noe forhøyede hematokritverdiene kan derfor tolkes som en svak effekt av vannkvalitet og aluminium. På den annen side lå som nevnt pH i Steinsåna rundt 7,0 i denne perioden, og det taler for at den målte responsen ikke kan skyldes aluminium. Aluminium er ikke rapportert å ha noen negativ effekt på fisk når pH er over 6,5 (Gensemer & Playle 1999). Dessuten var konsentrasjonene av aluminium i begge bekkene betydelig høyere senere i forsøksperioden uten at tilsvarende forhøyede verdier av hematokrit ble målt hos fisken. Det er derfor mer sannsynlig at de noe forhøyede verdiene i starten av forsøksperioden var et resultat av at fisken ble flyttet fra en vannkvalitet i settefiskanlegget til annen vannkvalitet i de to sidebekkene. Ved siste prøvetaking tatt rett etter den kraftige flommen i slutten av forsøksperioden var hematokrit signifikant høyere hos fisk eksponert for vann fra Fossåna sammenlignet med Steinsåna (Figur 9). Denne forskjellen skyldes imidlertid at hematokrit sank betydelig hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna, mens det var uforandret hos fisk eksponert for vann fra Fossåna. Vi kan derfor konkludere med at sure episoder ikke hadde noen effekt på fiskens hematokrit i høstforsøket.

Plasmaklorid endret seg litt gjennom høstforsøket hos fisk eksponert for vann fra Fossåna. Det var imidlertid bare ved den første prøvetakingen at plasmaklorid var signifikant forskjellig fra noen av de andre målingene hos denne fisken. Gjennom resten av forsøket hvor både pH og konsentrasjonene av aluminium varierte var det ingen signifikant variasjon i plasmaklorid hos fisk eksponert for vann fra Fossåna. Ingen av de øvrige fysiologiske parameterene (plasmalaktat og vanninnhold i muskel) som ble målt hos fisk eksponert for vann fra Fossåna viste noen tegn til fysiologiske forstyrrelser. Også de fysiologiske målingene understøtter konklusjonen om at vannkvaliteten i Fossåna ikke har noen negativ effekt på laks i forbindelse med sure episoder om høsten. Til sammenligning med vårforsøket ble det ikke målt plasmanatrium eller blodglukose hos fisken i høstforsøket.

Fysiologiske effekter - vårforsøket

I tillegg til at vannet ikke var akutt giftig for parr, viser resultatene fra vårforsøket at vannkvaliteten i Fossåna og Steinsåna ikke hadde noen vesentlig effekt på fiskens fysiologi. Det var imidlertid noen av de fysiologiske parameterene som endret seg gjennom forsøket hos fisk eksponert for vann fra henholdsvis Fossåna og Steinsåna, og noen av disse responsene kan tolkes som en mulig effekt av vannkvalitet.

Hematokrit var høyere i den første perioden av forsøket hos fisk eksponert for vann fra Fossåna sammenlignet med fisk eksponert for vann fra Steinsåna (Figur 18). I denne perioden var også konsentrasjonen av giftig aluminium (Al_i) høyere enn under resten av forsøket (Figur 17). Denne responsen kan derfor tolkes som en effekt av vannkvaliteten og aluminium. En tilsvarende flom senere i forsøksperioden ga ikke samme respons i hematokrit, og forklaringen på det kan være at Al_i -konsentrasjonen ikke var like høy som under første del av forsøket. Resultatene viser imidlertid at den målte responsen var meget lav, og det ser ut som responsen ikke hadde noen negativ betydning for fisken. Dette begrunner vi dels med at vi ikke målte noen vedvarende effekt hos fisken utover i forsøket, og dels med at fisken ikke var svekket under den andre flommen i forsøksperioden. Dersom vann fra Fossåna kan ha påvirket hematokritverdiene, ser det altså ut til at fisken ble restituert utover i forsøket. Det bør også legges til at ingen av de andre fysiologiske parameterene viste samme tendens som hematokrit hos fisk eksponert for vann fra Fossåna. Hematokrit er en uspesifikk parameter som lett endres enten fisken får problemer med gassutvekslingen eller vann- og ionebalansen (Gensemer & Playle 1999, Poléo et al. 2001). I denne forbindelsen fant vi ingen signifikant endring i plasmaklorid eller plasmanatrium gjennom forsøket hos fisk eksponert for vann fra Fossåna. Dette tyder på at fisken ikke hadde problemer med vann- og ionebalansen. Plasmalaktat var heller ikke påvirket gjennom forsøket hos denne fisken og viser at gassutvekslingen også var tilfredsstillende. Vi kan likevel ikke helt utelukke at de noe forhøyede hematokritverdiene som ble målt i starten av forsøksperioden hos fisk eksponert for vann fra Fossåna kan være en meget svak respons på vannkvaliteten, men dette kan like gjerne skyldes overføringen fra en vannkvalitet til en annen.

I starten av forsøksperioden var både plasmaklorid og plasmanatrium signifikant lavere hos fisk eksponert for vann fra Fossåna sammenlignet med fisk eksponert for vann fra Steinsåna. Plasmaionene lå dessuten systematisk litt lavere hos fisk eksponert for vann fra Fossåna gjennom resten av forsøket, selv om forskjellen ikke var signifikant. Disse observasjonene kan tolkes som en effekt av vannkvalitet og aluminium. På den annen side endret som nevnt hverken plasmaklorid eller plasmanatrium seg gjennom vårforsøket hos fisk eksponert for vann fra Fossåna. Fordi Al_i -konsentrasjonen varierte gjennom forsøket, tyder dette på at aluminium ikke hadde noen effekt på plasmaionene hos denne fisken. Forskjellene vi observerte mellom fisk eksponert for de to vanntypene skyldes for det første at plasmaionene var signifikant forhøyet hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna under første del av forsøket (Figur 19 og 20). For det andre kan forskjellene i ionestyrke og Ca^{2+} -konsentrasjon mellom de to vanntypene forklare den ikke-signifikante, men systematiske, forskjellen i plasmaioner som vi observerte gjennom hele vårforsøket hos fisk eksponert for vann fra henholdsvis Fossåna og Steinsåna (McWilliams 1982, Potts 1984, Poléo et al. 2001).

Det var en signifikant økning i plasmalaktat hos fisken gjennom vårforsøket. Denne økningen var imidlertid den samme hos fisk eksponert for vann fra Fossåna og Steinsåna. Vi kan derfor utelukke at denne endringen skyldes vannkvalitet eller aluminium. Vi målte noe forhøyede konsentrasjoner av blodglukose hos fisk eksponert for vann fra Fossåna gjennom hele forsøksperioden, rundt 10 mmol/l. Dette kan tolkes som en fysiologisk respons på vannkvaliteten i Fossåna. I overensstemmelse med dette ligger disse verdiene omtrent på samme nivå som det man tidligere har funnet i forsøk med fisk eksponert for aluminium (Brown & Whitehead 1995, Allin & Wilson 1999, Brodeur et al 1999). Allin & Wilson (1999) fant imidlertid at blodglukose er sterkt avhengig av om fisken tar til seg føde eller ikke. Aluminiumeksponert regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) med størst appetitt hadde blodglukose godt under 5 mmol/l, mens fisk som ikke spiste eller spiste lite hadde blodglukoseverdier mellom 20 og 30 mmol/l (Allin & Wilson 1999). Vi kan derfor spekulere om det at fisken var fastende kan være en mulig forklaring på at blodglukose hos fisk eksponert for vann fra Fossåna lå rundt 10 mmol/l. I våre forsøk ble ikke fisken fóret, og det var sannsynligvis svært lite næring som ble tilført karet gjennom vannet som ble pumpet inn. Det er

imidlertid verdt å merke seg at blodglukose kan ligge rundt 10 mmol/l hos fisk eksponert for vann med høy pH og lite aluminium (f.eks. Brodeur et al. 1999). Dette fikk vi bekreftet mot slutten av forsøksperioden hvor blodglukose steg hos fisk eksponert for vann fra Steinsåna, til samme nivå som hos fisk eksponert for vann fra Fossåna (Figur 22).

Resultatene fra vårforsøket med smoltifiserende laks samsvarer godt med høstforsøket med parr selv om noen av de fysiologiske parameterene endret seg litt gjennom forsøksperioden. Resultatene samsvarer meget godt også med tidligere studier av effekten av vannkvaliteten i Fossåna på ungstadier av laks (Øxnevad & Poléo 1998, Poléo et al. 2001). Resultatene styrker dermed den tidligere konklusjonen om at vannkvaliteten i Fossåna ikke har noen negativ effekt på laks i forbindelse med sure episoder, hverken om våren eller om høsten.

Blandsoner

Det er dokumentert at giftigheten av aluminium kan øke dersom surt Al-holdig vann blandes med vann som har høyere pH (Dickson 1983, Weatherly et al. 1991, Rosseland et al. 1992, Poléo et al. 1994). Den økte giftigheten i slike blandinger skyldes at en pH-økning får enkle uorganiske Al-forbindelser til å polymerisere (Lydersen 1991, Poléo 1995). Det har i denne sammenhengen blitt trukket frem at giftige blandsoner mellom surt og mindre surt vann vil kunne oppstå under flomsituasjoner i Suldalslågen når vann fra sure sidebekker som Fossåna blandes med vannet i hovedelven (Heggberget et al. 1994, Kaste et al. 1995, Blakar 1995, Kroglund et al. 1998b, Blakar & Haaland 2000). Vi fant ingen akutte effekter av vannkvaliteten i Fossåna, og de fysiologiske responsene var svært marginale og ikke entydig knyttet til vannets innhold av aluminium. Tidligere studier i Fossåna viser dessuten det samme (Øxnevad & Poléo 1998, Poléo et al. 2001). På bakgrunn av dette mener vi at det ikke er noen grunn til å frykte dannelse av giftige blandsoner under flomsituasjoner i Suldalslågen. Vår begrunnelse for dette er at konsentrasjonen av Al_i i vannet fra restfeltet er relativt lav. I tillegg fortynnes dette vannet betydelig når det blandes med vannet i selve Suldalslågen. Blakar & Haaland (2000) har fraksjonert og målt aluminium i vann fra Fossåna gjennom begge de periodene våre forsøk pågikk. Deres resultater indikerer

imidlertid at konsentrasjonen av Al_i ligger betydelig høyere enn det vi har målt. I følge deres resultater er Al_i -konsentrasjonen i gjennomsnitt 49 og 45 $\mu g/l$ gjennom henholdsvis høstforsøket og vårforsøket (Blakar & Haaland 2000). Til sammenligning viser våre resultater at Al_i -konsentrasjonen var 12 og 21 $\mu g/l$ for disse forsøksperiodene. Vi kan ikke forklare denne store forskjellen, men skyter inn at dersom konsentrasjonen av Al_i i Fossåna har ligget på mellom 40 og 50 $\mu g/l$ i gjennomsnitt gjennom forsøksperiodene, er laks betydelig mer tolerant for surt Al -holdig vann enn tidligere antatt. Hytterød et al. (in press) fant at en kontinuerlig eksponering for 40 $\mu g Al_i/l$ var dødelig for laksesmolt etter 3 døgn. Årsaken til at ungstadier av laks ikke viser negative effekter av aluminium når den eksponeres for vann fra Fossåna kan derfor dels skyldes at Al_i -konsentrasjonen er lavere enn det som beregnes, og dels at flommer med forhøyede Al_i -konsentrasjoner er kortvarige.

KONKLUSJON

Vannkjemivariasjonene under flomepisoder i det sure sidevassdraget til Suldalslågen, Fossåna, er ikke akutt giftig for laks. Det synes heller ikke som om disse vannkjemiske forholdene har noen vesentlig effekt på fysiologien til ungstadier av laks. Dette samsvarer med tidligere konklusjoner fra lignende studier i vassdraget. Antagelsen om at økte forsøringsproblemer i Suldalslågen på grunn av et økt bidrag fra restfeltet som følge av reguleringen er årsaken til nedgangen i laksebestanden i elven synes derfor å være betydelig svekket. Siden kalking av Steinsåna ikke synes å ha noen effekt på fysiologien til ungstadier av laks sammenliknet med Fossåna, stiller vi oss tvilende til verdien av å kalke dette sidevassdraget spesielt og hele Suldalsvassdraget generelt. Herunder hører det faktum at det har vært en generell forbedring av forsørings situasjonen i hele Sør-Norge siden 1990, mens laksestammen i Suldalslågen gikk kraftig tilbake først etter 1993.

REFERANSER

- Allin, C.J. & Wilson, R.W. (1999). Behavioural and metabolic effects of chronic exposure to sublethal aluminum in acidic soft water in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56, 670-678.
- Barnes, R.B. (1975). The determination of specific forms of aluminum in natural water. *Chem. Geol.* 15, 177-91.
- Bjørntuft, S.K. (1994). Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen 1990-95. Undersøkelser og status pr. 1.1.1994. *LFS-rapport* 5, 38 pp.
- Blakar, I.A. & Haaland, S. (2000). Vannkvaliteten i Suldals-vassdraget i 1998 og 1999. *Suldalslågen Mijørappport* 6, 15 pp.
- Blakar, I.A. (1995). Vannkvaliteten i Ulla-Førre og Suldalsområdet i perioden 1990-93. *LFS-rapport* 21, 49 pp.
- Bloom, P.R., McBride, M.B. & Weaver, R.M. (1979). Aluminium organic matter in acid soils: Buffering and solution aluminium activity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43, 488-93.
- Brodeur, J.C., Ytrestøl, T., Finstad, B. & McKinley, R.S. (1999). Increase in heart rate without elevation of cardiac output in adult Atlantic salmon (*Salmo salar*) exposed to acidic water and aluminium. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56, 184-190.
- Brown, J.A. & Whitehead, C. (1995). Catecholamine release and interrenal response of brown trout, *Salmo trutta*, exposed to aluminium in acidic water. *J. Fish Biol.* 46, 524-535.
- Dickson, W. (1983). Liming toxicity of aluminium to fish. *Vatten* 39, 400-404.
- DN (2000). Kalking i vann og vassdrag, overvåking av større prosjekter 1999. *DN-notat* 2000-2, 366-391.
- Driscoll, C.T. (1984). A Procedure for the fractionation of aqueous aluminum in dilute acidic waters. *Internat. J. Environ. Analyt. Chem.* 16, 267-83.
- Finstad, B., Kroglund, F., Hartvigsen, R., Teien, H.-C., Rosseland, B.O. & Salbu, B. (1999). Suldalslågen: fisk og vannkjemisk status våren 1997. *NINA-oppdragsmelding* 588. 32 pp.
- Finstad, B., Strand, R., Kroglund, F., Teien, H.-C. & Hartvigsen, R. (2000). Suldalslågen: fisk og vannkjemisk status våren 1998. *NINA-oppdragsmelding* 644. 25 pp.
- Friedland, K.D. (1998). Ocean climate influences on critical Atlantic salmon (*Salmo salar*) life history events. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55 (Suppl. 1), 119-130.
- Friedland, K.D., Hansen, L.P. & Dunkley, D.A. (1998). Marine temperature experienced by postsmolts and the survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the North sea area. *Fish. Oceanogr.* 7, 22-34.
- Gensemer, R.W. & Playle, R.C. (1999). The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 29, 315-450.
- Grimnes, A., Finstad, B. & Bjørn, P.A. (2000). Registreringer av lakselus på laks, sjørret og sjørøye i 1999. *NINA oppdragsmelding* 634. 34 pp.
- Hansen, L.P. (2000). Atlantisk laks. I Borgstrøm, R. & Hansen, L.P. (Red.): Fisk i ferskvann. 2. utg. Landbruksforlaget, 38-49.
- Heggberget, T.G., Blakar, I.A., Nordland, J., Saltveit, S.J. & Johnsen, B.O. (1994). Ulla-Førre reguleringen. Rapport fra rådgivende arbeidsgruppe for vurdering av undersøkelser og tiltak. *NINA Utredning* O-64, 51 pp.
- Holst, J.C. & Jakobsen, P. (1999). Lakselus dreper. *Fiskets gang* 8, 25-28.
- Hytterød, S., Schjolden, J., Vøllestad, A. & Poléo, A.B.S. Restituering hos fisk etter eksponering for surt Al-rikt vann. Vann (*in press*).
- Jensen, C.S., Schjolden, J. & Poléo A.B.S. (2001). Fisketetthet og vannkvalitet i sidebekker til Suldalslågen. Årsrapport for 2000 (med data fra 1998 og 1999). *Suldalslågen Mijørappport*, 10, 25 pp.
- 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. *LFS-rapport* 49, 82 pp.
- Kaste, Ø., Hindar, A., Kroglund, F., Blakar, I.A., Holmqvist, E., Brandrud, T.E. & Johansen, S.W. (1995). Tiltak mot forsurening av Suldalslågen. Kalkingsplan. *NIVA-Rapport* O-94236, 48 pp.
- Kroglund, F., Finstad, B., Rosseland, B.O., Teien, H.C., Håvarstun, J. & Salbu, B. (1998a). Fisk og vannkjemisk status i Suldalslågen våren 1996. *NIVA-Rapport* LNR-3863-98, 64 pp.

- Kroglund, F., Teien, H.C., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Salbu, B. & Kvellestad, A. (1998b). Varighet av ustabil og skadelig aluminiumskjemi på giftighet overfor lakseparr; renneforsøk utført i Suldalslågen, høst 1996. *NIVA-Rapport* LNR-3815-98, 64 pp.
- Lydersen, E. (1991). Aluminium in dilute acidic freshwaters - Chemical, analytical and biological relevance. Dr.philos. Thesis, University of Oslo. 133 pp.
- Lydersen, E., Poléo, A.B.S., Nandrup-Pedersen, M., Riise, G., Salbu, B., Kroglund, F. & Rosseland, B.O. (1994). The importance of "in situ" measurements to relate toxicity and chemistry in dynamic aluminium freshwater systems. *J. Ecol. Chem.* 3, 357-365.
- McWilliams, P.G. (1982). The effects of calcium on sodium fluxes in the brown trout, *Salmo trutta*, in neutral and acid water. *J. Exp. Biol.* 96, 439-442.
- Poléo, A.B.S., Øxnevad, S.A. & Schjolden, J. (2001). Laksens (*Salmo salar*) fysiologiske respons på endringer i vannkvalitet under vårflokker i to sidebekker til Suldalslågen. *Suldalslågen Mijørapport* 8, 32 pp.
- Poléo, A.B.S. (1995). Aluminium polymerization - A mechanism of acute toxicity of aqueous aluminium to fish. *Aquatic Toxicol.* 31, 347-356.
- Poléo, A.B.S., Lydersen, E., Rosseland, B.O., Kroglund, F., Salbu, B., Vogt, R.D. & Kvellestad, A. (1994). Increased mortality of fish due to changing Al-chemistry of mixing zones between limed streams and acidic tributaries. *Water Air Soil Pollut.* 75, 339-351.
- Potts, W.T.W. (1984). Transepithelial potentials in fish gills. In Hoar, W.S. & Randall, D.J. (Eds.): *Fish physiology*, Vol. X Gills, Part B Ion and water transfer. Acad. Press Inc., Orlando, Florida. pp. 105-128.
- Rosseland, B.O., Blakar, I.A., Bulger, A., Kroglund, F., Kvellestad, A., Lydersen, L., Oughton, D.H., Salbu, B., Staurnes, M. & Vogt, R. (1992). The mixing zone between limed and acidic river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. *Environ. Pollut.* 78, 3-8.
- Scarnecchia, D.L. (1984). Climatic and oceanic variation effecting yield of Icelandic stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, 917-935.
- Strand, R., Finstad, B., Kroglund, F. & Teien, H.-C. (2001). Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 1999. *NINA-oppdagsmelding* 672. 24 pp.
- Sullivan, T.J., Seip, H.M. & Muniz, I.P. (1986). A comparizon of frequently used methods for the determination of aqueous aluminum. *Internat. J. Environ. Analyt. Chem.* 26, 61-75.
- Tikhonov, V.N. (1973). *Analytical chemistry of aluminium*. John Wiley & Sons, New York, USA, 303 pp.
- Vogt, R.D., Ranneklev, S.B. & Mykkelbost, T.C. (1994). The impact of acid treatment on soilwater chemistry at the humex site. *Environ. Internat.* 20, 277-286.
- Weatherly, N.S., Rutt, G.P., Thomas, S.P. & Ormerod, S.J. (1991). Liming acid streams: aluminium toxicity to fish in mixing zones. *Water Air Soil Pollut.* 55, 345-353.
- Øxnevad, S.A. & Poléo, A.B.S. (1998). Effekten av vannkvalitetsendringer under høstflokker på fysiologien til lakseparr (*Salmo salar*) i to sidebekker til Suldalslågen. *Statkraft Engineering rapport* SE 98/87, 30 pp.

APPENDIKS 1

Hematokrit

Hematokrit er et mål på hvor mye røde blodceller utgjør av totalvolumet av blodet og benevnes som %. Hematokrit ligger normalt mellom 30 og 40% hos ungstadier av laks i ferskvann. Hematokrit stiger vanligvis hos fisk eksponert for surt Al-holdig vann. Denne stigningen kan skyldes at antallet røde blodceller øker på grunn av kontraksjon av milten hvor cellene lagres hos fisk. Dette er vanligvis en respons på hypoksi eller generelt stress for å øke blodets bærekapasitet for oksygen. Hematokrit kan også stige hos fisk som får problemer med vann- og ionebalansen på grunn av endringer i blodets osmolalitet. Det er to årsaker til dette i surt Al-holdig vann. For det første vil redusert osmolalitet i blodet føre til at vann beveger seg inn i de røde blodcellene ned sin konsentrasjonsgradient. Dette fører til at blodcellene sveller og således utgjør mer av blodets totale volum. For det andre vil redusert osmolalitet i blodet føre til at vann også beveger seg fra blod til omliggende vev. Dette gir et mindre totalt blodvolum og således en høyere prosentandel blodceller. Hematokrit er en uspesifikk parameter både når det gjelder typen fysiologisk forstyrrelse (hypoksi/stress på den ene siden og vann- og ionereguleringsproblemer på den andre siden) og type miljøfaktor som påvirker fisken. For eksempel vil hematokrit stige hos en stresset fisk eller hos en fisk eksponert for kobber eller et annet tungmetall.

Plasmaklorid og plasmanatrium

I likhet med hematokrit er både plasmaklorid og plasmanatrium uspesifikke parametere når det gjelder type miljøfaktor som påvirker fisken. Disse parameterene er imidlertid spesifikke når det gjelder fiskens vann og ionebalanse. Disse to parameterene er som oftest nært knyttet til hverandre, og vi kan generelt si at en endring i plasmaklorid følges av en tilsvarende endring i plasmanatrium. Plasmaklorid og plasmanatrium ligger normalt mellom 110 og 140 mM hos ungstadier av laks i ferskvann, men plasmanatrium kan av og til ligge noe høyere enn plasmaklorid. Både plasmaklorid og plasmanatrium synker normalt hos fisk eksponert for surt Al-holdig vann. Denne nedgangen skyldes endrede permeabilitetsegenskaper i gjelleepitelet som gir økt passiv lekkasje av ionene ned sin konsentrasjonsgradient fra blod til vann. Nedgangen skyldes også redusert evne til å ta opp disse ionene ved aktiv transport over gjelleepitelet.

Plasmalaktat

Plasmalaktat eller melkesyre er en spesifikk respons på hypoksi. Normalt produseres lite laktat hos fisk som har tilstrekkelig tilførsel av oksygen, slik at konsentrasjonen vanligvis ligger under 2 mM i plasma hos ungstadier av laks i ferskvann. I surt Al-holdig vann kan plasmalaktat stige som en effekt av at aluminium hindrer tilstrekkelig gassutveksling over gjellene. Plasmalaktat kan også stige under omfattende fysisk aktivitet. Dette er sjelden noe problem i surt Al-holdig vann fordi en av de første responsene vi observerer hos fisken på en slik eksponering er at den setter ned sin aktivitet. I så henseende er plasmalaktat i de fleste tilfeller en spesifikk parameter på surt Al-holdig vann.

Økt plasmalaktat kan imidlertid også være en respons på andre toksiner som påvirker fiskens respirasjonsfysiologi.

Blodglukose

Blodglukose eller blodsukker er en uspesifikk parameter som ofte brukes for å måle stress hos fisk. En del av den generelle stressresponsen hos fisk er økt blodsukker som resultat av økte cortisolnivåer. Cortisol er en spesifikk parameter for stress og stimulerer blant annet gluconeogenesen som fører til omdannelse av pyrodruesyre til glukose i cellene i kroppen (særlig i lever). Cortisol har dessuten motsatt effekt som insulin med det resultatet at glukose frigjøres fra cellene til blodet. Derfor betegnes ofte blodglukose som en sekundær stressparameter, mens cortisol er en primær stressparameter. Blodsukkeret er imidlertid også en såkalt metabolitt som reflekterer fiskens stoffskifte. Etter et måltid (særlig karbohydratrikt måltid) vil blodsukkeret være forhøyet. Langvarig faste kan dessuten også føre til frigjøring av glukose til blodet som en respons på lavt blodsukker. Det er derfor ikke gitt at et høyt nivå av blodglukose skyldes stress, eller stress alene. Dette stiller krav til tolkningen av data når blodglukose benyttes som eneste stressparameter.

Vanninnhold i muskulatur

Vanninnholdet i fiskens muskulatur er et resultat av mange ulike prosesser, hvor fiskens vann og ionebalanse er sentral. Denne parameteren er derfor uspesifikk både med hensyn på fysiologisk forstyrrelse og hvilken miljøfaktor som påvirker fisken. Vanninnholdet i muskulaturen øker vanligvis hos fisk eksponert for surt Al-holdig vann. Denne økningen settes i sammenheng med redusert plasmaosmolalitet, som igjen kan skyldes tap av ioner fra plasma. Vanninnholdet i muskulaturen er derfor en god kontrollparameter for om endringer i hematokrit eller i konsentrasjonen av ett eller flere plasmaioner skyldes forstyrrelser i vann- og ionebalansen eller ikke.

APPENDIKS 2

Temperatur, pH, vannstand og Al-fraksjonene som ble målt ved Fossåna og Steinsåna under høstforsøket 1998.

Dato	Lokalitet	temp	vannst.	pH	Ala	Alo	Ali	Alr	Alor
		C	cm		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
16/09/98	Fossåna	10.5	55	6.0					
17/09/98	Fossåna	10.0	49	6.3					
18/09/98	Fossåna	10.5	46	6.2					
19/09/98	Fossåna	10.0	44	6.1					
20/09/98	Fossåna	9.5	43	6.4					
21/09/98	Fossåna	11.5	42	6.4	63	41	22	154	92
21/09/98	Fossåna				60	42	18	140	83
21/09/98	Fossåna				60	52	8	144	85
22/09/98	Fossåna	12.0	41	6.4					
23/09/98	Fossåna	10.0	40	6.1					
24/09/98	Fossåna	11.5	39	6.4					
25/09/98	Fossåna	11.0	39	6.2					
26/09/98	Fossåna	10.5	39	6.3	39	52	8	144	84
26/09/98	Fossåna				47	39	0	114	87
26/09/98	Fossåna				47	40	7	107	92
27/09/98	Fossåna	9.5	38	6.3					
28/09/98	Fossåna	10.5	38	6.3					
29/09/98	Fossåna	10.0	38	6.1					
30/09/98	Fossåna	10.0	39	6.3					
01/10/98	Fossåna	6.5	39	6.2	27	39	0	111	79
01/10/98	Fossåna				34	35	0	111	94
01/10/98	Fossåna				44	29	15	120	73
02/10/98	Fossåna	5.0	39	6.2					
03/10/98	Fossåna	5.5	39	6.2					
04/10/98	Fossåna	-	37	6.2					
05/10/98	Fossåna	5.5	37	6.2					
06/10/98	Fossåna	-	-	-	31	25	6	56	47
06/10/98	Fossåna				30	23	7	58	45
06/10/98	Fossåna				31	22	9	51	48
07/10/98	Fossåna	3.5	37	6.2					
08/10/98	Fossåna	4.5	37	6.2					
09/10/98	Fossåna	5.0	36	6.3					
10/10/98	Fossåna	7.0	56	5.8	87	75	11	143	107
10/10/98	Fossåna				95	80	15	177	108
10/10/98	Fossåna				89	75	14	120	107
11/10/98	Fossåna	7.5	48	6.0					
12/10/98	Fossåna	6.0	55	5.7					
13/10/98	Fossåna	6.0	49	5.9					
14/10/98	Fossåna	7.0	57	5.3					
15/10/98	Fossåna	5.5	69	5.6	63	41	22	139	117
15/10/98	Fossåna				60	45	15	112	91
15/10/98	Fossåna				51	41	10	130	91
16/10/98	Fossåna	5.5	59	5.0					
17/10/98	Fossåna	4.0	54	5.8					
18/10/98	Fossåna	4.0	53	5.7					
19/10/98	Fossåna	3.5	61	5.6					
20/10/98	Fossåna	3.5	55	5.7	104	80	24	166	137

Dato	Lokalitet	temp	vannst.	pH	Ala	Alo	Ali	Alr	Alor
		C	cm		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
20/10/98	Fossåna				102	84	18	217	142
20/10/98	Fossåna				95	80	14	185	129
21/10/98	Fossåna	4.5	52	5.6					
22/10/98	Fossåna	5.0	87	5.1					
23/10/98	Fossåna	6.0	100	5.2					
24/10/98	Fossåna	4.5	70	5.3					
25/10/98	Fossåna	5.0	60	5.4	51	44	7	105	114
25/10/98	Fossåna				56	39	17	97	91
25/10/98	Fossåna				55	41	14	120	102
26/10/98	Fossåna	4.0	62	5.6					
27/10/98	Fossåna	5.0	63	5.6					
16/09/98	Steinsåna	-	-	-					
17/09/98	Steinsåna	10.5	-	7.0					
18/09/98	Steinsåna	11.0	36	6.9					
19/09/98	Steinsåna	12.0	35	7.0					
20/09/98	Steinsåna	11.0	35	7.1					
21/09/98	Steinsåna	12.5	35	7.0	37	21	16	141	71
21/09/98	Steinsåna				39	27	12	87	66
21/09/98	Steinsåna				34	21	13	89	62
22/09/98	Steinsåna	14.5	35	6.9					
23/09/98	Steinsåna	12.5	33	7.2					
24/09/98	Steinsåna	13.0	33	7.1					
25/09/98	Steinsåna	13.0	32	7.2					
26/09/98	Steinsåna	13.0	31	7.2	26	15	11	72	47
26/09/98	Steinsåna				27	17	10	86	49
26/09/98	Steinsåna				27	19	8	60	47
27/09/98	Steinsåna	12.5	31	7.2					
28/09/98	Steinsåna	12.5	31	7.2					
29/09/98	Steinsåna	12.0	31	6.9					
30/09/98	Steinsåna	11.5	31	7.1					
01/10/98	Steinsåna	9.5	31	7.1	18	11	6	90	46
01/10/98	Steinsåna				17	10	7	69	47
01/10/98	Steinsåna				17	9	8	65	47
02/10/98	Steinsåna	8.0	31	7.1					
03/10/98	Steinsåna	8.0	31	7.0					
04/10/98	Steinsåna		31	7.1					
05/10/98	Steinsåna	6.5	31	7.1					
06/10/98	Steinsåna	4.5	30	7.0	21	19	2	141	80
06/10/98	Steinsåna				29	14	15	126	51
06/10/98	Steinsåna				11	22	0	102	50
07/10/98	Steinsåna	-	-	-					
08/10/98	Steinsåna	8.0	29	7.2					
09/10/98	Steinsåna	6.0	29	7.0					
10/10/98	Steinsåna	9.0	38	7.0	32	29	3	71	47
10/10/98	Steinsåna				34	26	8	68	49
10/10/98	Steinsåna				28	25	3	77	81
11/10/98	Steinsåna	9.5	37	7.1					
12/10/98	Steinsåna	8.0	40	7.1					
13/10/98	Steinsåna	7.0	38	7.1					
14/10/98	Steinsåna	7.5	40	6.9					
15/10/98	Steinsåna	6.5	57	6.8	119	106	13	204	46
15/10/98	Steinsåna				134	111	22	199	174
15/10/98	Steinsåna				140	112	28	197	164

Dato	Lokalitet	temp	vannst.	pH	Ala	Alo	Ali	Alr	Alor
		C	cm		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
16/10/98	Steinsåna	6.0	49	6.6					
17/10/98	Steinsåna	5.0	44	6.7					
18/10/98	Steinsåna	4.5	44	6.7					
19/10/98	Steinsåna	4.5	50	6.7					
20/10/98	Steinsåna	3.5	48	6.7	91	88	3	134	117
20/10/98	Steinsåna				67	58	9	130	107
20/10/98	Steinsåna				68	57	11	143	100
21/10/98	Steinsåna	4.5	42	6.6					
22/10/98	Steinsåna	6.0	85	6.2					
23/10/98	Steinsåna	6.5	90	6.3					
24/10/98	Steinsåna	5.0	60	6.5					
25/10/98	Steinsåna	6.0	50	6.7	42	37	5	88	80
25/10/98	Steinsåna				37	41	0	81	97
25/10/98	Steinsåna				38	37	1	107	99
26/10/98	Steinsåna	5.5	48	6.6					
27/10/98	Steinsåna	5.0	42	6.7					

Temperatur, pH, vannstand og Al-fraksjonene som ble målt ved Fossåna og Steinsåna under vårforsøket 1999.

Dato	Lokalitet	temp	vannst.	pH	Ledn.evn.	Ala	Alo	Ali	Alr	Alor
		C	cm		µS/cm	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
22/03/99	Fossåna	-	49	-	-					
23/03/99	Fossåna	-	46	5.3	-					
24/03/99	Fossåna	-	46	-	-					
25/03/99	Fossåna	-	59	5.2	-					
26/03/99	Fossåna	-	61	5.1	17.0					
27/03/99	Fossåna	1.7	58	5.1	14.2					
28/03/99	Fossåna	2.5	53	5.2	14.1					
29/03/99	Fossåna	2.0	60	5.4	12.4					
30/03/99	Fossåna	1.8	85	5.2	14.0	-	-	-	116	54
30/03/99	Fossåna					-	-	-	112	58
30/03/99	Fossåna					-	-	-	115	53
31/03/99	Fossåna	2.6	67	5.2	14.4					
01/04/99	Fossåna	2.5	70	5.3	14.4					
02/04/99	Fossåna	3.3	66	5.2	14.0					
03/04/99	Fossåna	2.2	60	5.3	13.6					
04/04/99	Fossåna	1.6	57	5.2	13.3	-	-	-	99	57
04/04/99	Fossåna					-	-	-	97	54
04/04/99	Fossåna					-	-	-	112	55
05/04/99	Fossåna	3.1	55	5.3	13.6					
06/04/99	Fossåna	2.4	80	5.2	12.8					
07/04/99	Fossåna	2.7	75	5.3	11.8	80	25	55	104	68
07/04/99	Fossåna					63	24	38	116	129
07/04/99	Fossåna					63	31	32	129	87
08/04/99	Fossåna	3.7	72	5.3	12.3					
09/04/99	Fossåna	2.7	80	5.4	11.6					
10/04/99	Fossåna	2.8	85	5.3	10.0					
11/04/99	Fossåna	3.6	85	5.4	12.0					
12/04/99	Fossåna	2.0	64	5.4	13.5					
13/04/99	Fossåna	2.2	55	5.5	9.5	70	22	48	96	50
13/04/99	Fossåna					52	24	28	100	66
13/04/99	Fossåna					49	20	28	89	56
14/04/99	Fossåna	4.8	57	5.6	9.6					
15/04/99	Fossåna	1.0	49	5.5	9.9	63	28	35	92	60
15/04/99	Fossåna					44	28	16	120	77
15/04/99	Fossåna					60	30	29	110	64
16/04/99	Fossåna	3.0	46	5.7	10.6					
17/04/99	Fossåna	1.3	45	5.7	9.9					
18/04/99	Fossåna	1.5	44	5.7	10.0					
19/04/99	Fossåna	2.0	43	5.8	10.3					
20/04/99	Fossåna	3.9	42	5.6	10.8					
21/04/99	Fossåna	3.6	41	5.8	10.8					
22/04/99	Fossåna	5.2	41	5.6	11.1					
23/04/99	Fossåna	5.3	52	5.6	10.4	91	42	49	-	76
23/04/99	Fossåna					58	49	9	101	68
23/04/99	Fossåna					57	38	19	126	70
24/04/99	Fossåna	4.5	55	5.6	10.7					
25/04/99	Fossåna	3.9	56	5.6	10.4					
26/04/99	Fossåna	5.1	64	5.5	10.2					
27/04/99	Fossåna	3.5	62	5.6	9.7					

Dato	Lokalitet	temp	vannst.	pH	Ledn.evn.	Ala	Alo	Ali	Alr	Alor
		C	cm		$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
28/04/99	Fossåna	4.5	60	5.5	9.6	30	12	18	72	71
28/04/99	Fossåna					27	13	14	90	97
28/04/99	Fossåna					18	21	0	90	71
29/04/99	Fossåna	3.3	60	5.6	9.3					
30/04/99	Fossåna	3.7	63	5.4	8.7					
01/05/99	Fossåna	3.4	57	5.5	9.0					
02/05/99	Fossåna	3.5	-	5.7	9.0					
03/05/99	Fossåna	3.7	-	5.6	9.2					
04/05/99	Fossåna	2.5	48	5.7	8.7					
05/05/99	Fossåna	2.8	-	5.7	8.7					
06/05/99	Fossåna	4.8	-	5.6	9.5					
07/05/99	Fossåna	3.2	57	5.6	8.7					
08/05/99	Fossåna	4.7	54	5.6	9.7					
09/05/99	Fossåna	4.4	57	5.7	8.5					
10/05/99	Fossåna	4.6	54	5.7	9.0					
11/05/99	Fossåna	5.3	50	5.8	9.1	22	22	0	-	50
11/05/99	Fossåna					23	18	5	69	43
11/05/99	Fossåna					32	20	12	60	42
12/05/99	Fossåna	4.3	47	5.9	8.8					
13/05/99	Fossåna	3.9	47	5.8	8.5					
14/05/99	Fossåna	4.4	48	5.9	8.8					
15/05/99	Fossåna	5.2	50	5.7	8.9					
16/05/99	Fossåna	7.9	54	5.9	10.6					
17/05/99	Fossåna	8.4	56	5.9	9.5					
18/05/99	Fossåna	7.3	57	5.8	8.9					
19/05/99	Fossåna	9.1	58	5.9	9.2	78	80	0	90	47
19/05/99	Fossåna					73	-	-	69	60
19/05/99	Fossåna					83	45	38	78	47
20/05/99	Fossåna	8.5	60	5.8	8.7					
21/05/99	Fossåna	8.0	78	5.9	7.6					
22/05/99	Fossåna	-	74	-	-	41	22	18	138	54
22/05/99	Fossåna					42	19	23	190	55
22/05/99	Fossåna					32	23	9	111	61
23/05/99	Fossåna	-	-	-	-					
24/05/99	Fossåna	5.8	70	5.8	8.4					
25/05/99	Fossåna	7.0	69	5.6	8.5					
26/05/99	Fossåna	6.2	69	5.6	8.5					
27/05/99	Fossåna	7.1	70	5.7	8.4	62	42	20	107	62
27/05/99	Fossåna					55	35	20	104	58
27/05/99	Fossåna					55	34	22	96	59
28/05/99	Fossåna	8.9	70	5.6	8.4					
29/05/99	Fossåna	6.3	85	5.7	7.1					
30/05/99	Fossåna	6.8	60	5.7	7.3					
31/05/99	Fossåna	6.8	58	5.8	7.2					
01/06/99	Fossåna	8.3	55	5.7	7.4	27	7	20	81	61
01/06/99	Fossåna					23	5	18	147	57
01/06/99	Fossåna					22	8	14	93	-
02/06/99	Fossåna	8.3	56	5.7	7.2					
03/06/99	Fossåna	-	-	-	-					
22/03/99	Steinsåna	-	-	-	-					
23/03/99	Steinsåna	-	38	6.5	-					
24/03/99	Steinsåna	-	37	-	-					
25/03/99	Steinsåna	-	42	6.6	-					

Dato	Lokalitet	temp	vannst.	pH	Ledn.evn.	Ala	Alo	Ali	Alr	Alor
		C	cm		µS/cm	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
26/03/99	Steinsåna	-	50	6.3	19.2					
27/03/99	Steinsåna	2.4	49	6.3	15.9					
28/03/99	Steinsåna	3.1	46	6.3	21.4					
29/03/99	Steinsåna	2.2	47	6.5	16.0					
30/03/99	Steinsåna	1.8	67	6.2	14.7	-	-	-	-	60
30/03/99	Steinsåna					-	-	-	159	62
30/03/99	Steinsåna					-	-	-	179	57
31/03/99	Steinsåna	2.8	55	6.2	16.0					
01/04/99	Steinsåna	2.7	59	6.4	15.5					
02/04/99	Steinsåna	2.7	54	6.1	15.4					
03/04/99	Steinsåna	3.0	54	6.2	15.0					
04/04/99	Steinsåna	2.5	52	6.1	14.9	-	-	-	73	54
04/04/99	Steinsåna					-	-	-	62	53
04/04/99	Steinsåna					-	-	-	89	55
05/04/99	Steinsåna	2.9	50	6.2	14.9					
06/04/99	Steinsåna	2.7	63	6.2	13.7					
07/04/99	Steinsåna	2.9	62	6.2	13.1	50	32	19	101	90
07/04/99	Steinsåna					47	24	23	-	121
07/04/99	Steinsåna					49	27	22	88	74
08/04/99	Steinsåna	3.2	54	6.3	14.6					
09/04/99	Steinsåna	3.5	61	6.5	13.7					
10/04/99	Steinsåna	3.0	70	6.3	11.9					
11/04/99	Steinsåna	3.0	64	6.5	11.6					
12/04/99	Steinsåna	2.5	54	6.4	13.5					
13/04/99	Steinsåna	3.9	45	6.6	13.2	34	17	17	123	60
13/04/99	Steinsåna					28	19	10	149	60
13/04/99	Steinsåna					50	14	36	146	53
14/04/99	Steinsåna	2.3	50	6.4	13.7					
15/04/99	Steinsåna	1.7	36	6.4	12.6	15	20	0	100	98
15/04/99	Steinsåna					28	25	3	68	63
15/04/99	Steinsåna					34	23	11	89	47
16/04/99	Steinsåna	5.0	39	6.7	14.7					
17/04/99	Steinsåna	3.4	38	6.5	13.8					
18/04/99	Steinsåna	4.5	38	6.7	14.6					
19/04/99	Steinsåna	6.6	37	6.7	16.1					
20/04/99	Steinsåna	7.6	36	6.7	16.4					
21/04/99	Steinsåna	4.9	36	6.8	15.5					
22/04/99	Steinsåna	6.9	38	6.9	16.9					
23/04/99	Steinsåna	5.8	49	6.8	17.5	31	23	8	103	42
23/04/99	Steinsåna					30	21	8	59	49
23/04/99	Steinsåna					29	21	8	-	42
24/04/99	Steinsåna	5.1	47	6.8	15.1					
25/04/99	Steinsåna	4.5	50	6.9	14.3					
26/04/99	Steinsåna	4.6	54	6.9	14.0					
27/04/99	Steinsåna	4.1	53	6.8	12.8					
28/04/99	Steinsåna	4.8	53	6.9	13.4	28	16	12	-	64
28/04/99	Steinsåna					9	3	6	77	64
28/04/99	Steinsåna					5	9	0	83	54
29/04/99	Steinsåna	4.4	49	6.9	13.4					
30/04/99	Steinsåna	4.6	54	6.9	14.0					
01/05/99	Steinsåna	4.6	48	6.9	14.8					
02/05/99	Steinsåna	5.1	43	6.9	15.5					
03/05/99	Steinsåna	5.1	43	6.9	14.6					

Dato	Lokalitet	temp	vannst.	pH	Ledn.evn.	Ala	Alo	Ali	Alr	Alor
		C	cm		$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
04/05/99	Steinsåna	6.5	40	6.9	15.8	10	10	0	69	47
04/05/99	Steinsåna					17	7	9	64	61
04/05/99	Steinsåna					6	14	0	65	47
05/05/99	Steinsåna	7.8	43	6.9	17.1					
06/05/99	Steinsåna	6.2	46	7.0	15.3					
07/05/99	Steinsåna	5.0	49	6.9	14.5					
08/05/99	Steinsåna	7.2	45	7.0	15.8					
09/05/99	Steinsåna	5.9	48	7.0	14.9					
10/05/99	Steinsåna	6.3	43	7.0	14.9					
11/05/99	Steinsåna	5.9	40	7.2	14.7	74	62	12	74	57
11/05/99	Steinsåna					69	63	6	71	53
11/05/99	Steinsåna					68	67	1	83	51
12/05/99	Steinsåna	6.8	39	7.1	16.6					
13/05/99	Steinsåna	8.6	39	7.1	17.0					
14/05/99	Steinsåna	7.4	41	7.1	16.7					
15/05/99	Steinsåna	7.5	43	7.0	16.7					
16/05/99	Steinsåna	9.4	42	7.1	19.2					
17/05/99	Steinsåna	9.6	43	7.2	17.3					
18/05/99	Steinsåna	8.7	45	7.1	16.5					
19/05/99	Steinsåna	8.2	46	7.0	15.1	32	23	8	86	60
19/05/99	Steinsåna					29	19	10	83	60
19/05/99	Steinsåna					34	19	15	73	57
20/05/99	Steinsåna	7.6	47	7.0	14.5					
21/05/99	Steinsåna	7.8	51	7.0	13.8					
22/05/99	Steinsåna	-	54	-	-	59	33	26	94	61
22/05/99	Steinsåna					43	32	10	99	63
22/05/99	Steinsåna					39	35	4	92	65
23/05/99	Steinsåna	6.4	51	7.1	13.9					
24/05/99	Steinsåna	5.9	50	7.0	14.2					
25/05/99	Steinsåna	6.0	50	7.0	15.2					
26/05/99	Steinsåna	6.4	52	7.0	16.0					
27/05/99	Steinsåna	7.4	54	6.9	15.3					
28/05/99	Steinsåna	9.3	49	7.0	17.1					
29/05/99	Steinsåna	6.9	64	6.9	13.0					
30/05/99	Steinsåna	7.9	47	7.0	13.4					
31/05/99	Steinsåna	8.4	44	7.0	16.8					
01/06/99	Steinsåna	10.4	42	7.2	20.7	26	11	16	71	40
01/06/99	Steinsåna					21	12	9	68	45
01/06/99	Steinsåna					20	15	5	66	42
02/06/99	Steinsåna	9.3	42	7.1	16.5					
03/06/99	Steinsåna	9.2	44	7.0	17.9					

Fysiologiske parametere som ble målt hos lakseparr eksponert for vann fra Fossåna og Steinsåna under høstforsøket 1998.

Dato	Individ Nr	Lokalitet	Cl mmol/l	Hcr %RBC	Vann ml/g tvn	Laktat mmol/l	Al-gj mg/g vvg	Lengde cm
24/09/98	351	Steinsåna	119	36	3.38	1.34		-
24/09/98	352	Steinsåna	122	34	3.28	1.31		-
24/09/98	353	Steinsåna	125	31	3.22	-		-
24/09/98	354	Steinsåna	111	38	3.29	-		-
24/09/98	355	Steinsåna	122	37	3.28	-		-
24/09/98	356	Steinsåna	98	30	3.26	1.18		-
24/09/98	357	Steinsåna	127	34	3.23	0.86		-
24/09/98	358	Steinsåna	123	35	3.34	-		-
24/09/98	359	Steinsåna						
24/09/98	360	Steinsåna						
24/09/98	361	Fossåna	114	37	3.34	-		-
24/09/98	362	Fossåna	117	33	3.26	-		-
24/09/98	363	Fossåna	102	38	3.30	-		-
24/09/98	364	Fossåna	118	35	3.19	1.76		-
24/09/98	365	Fossåna	122	39	3.31	-		-
24/09/98	366	Fossåna	-	-	3.21	-		-
24/09/98	367	Fossåna						
24/09/98	368	Fossåna						
24/09/98	369	Fossåna						
24/09/98	370	Fossåna						
27/09/98	371	Fossåna	125	33	3.09	0.99		13.0
27/09/98	372	Fossåna	120	38	3.28	1.37		12.0
27/09/98	373	Fossåna	108	38	3.34	3.10		11.5
27/09/98	374	Fossåna	124	37	3.20	1.31		13.0
27/09/98	375	Fossåna	119	32	3.48	1.60		10.0
27/09/98	376	Fossåna	-	-	3.28	0.98		12.0
27/09/98	377	Fossåna	120	35	3.14	-		12.0
27/09/98	378	Fossåna	120	35	3.31	1.05		12.0
27/09/98	379	Fossåna	122	35	3.16	-		10.0
27/09/98	380	Fossåna	119	37	3.14	2.08		11.5
27/09/98	381	Steinsåna	122	34	3.27	1.79		13.5
27/09/98	382	Steinsåna	117	30	3.26	-		12.5
27/09/98	383	Steinsåna	121	30	3.31	1.08		11.5
27/09/98	384	Steinsåna	108	32	3.42	2.02		12.5
27/09/98	385	Steinsåna	123	35	3.30	2.56		12.0
27/09/98	386	Steinsåna	109	40	3.32	2.21		11.0
27/09/98	387	Steinsåna	124	32	3.27	-		10.5
27/09/98	388	Steinsåna	120	34	3.34	-		11.0
27/09/98	389	Steinsåna	123	35	3.28	1.16		12.0
27/09/98	390	Steinsåna	121	35	3.32	-		12.5
02/10/98	391	Fossåna	118	33	3.16	-		11.0
02/10/98	392	Fossåna	122	30	3.28	0.86		12.5
02/10/98	393	Fossåna	123	30	3.20	0.55		12.0
02/10/98	394	Fossåna	125	32	3.29	-		12.5
02/10/98	395	Fossåna	123	30	3.22	1.28		12.0
02/10/98	396	Fossåna	124	35	3.23	0.80		13.0
02/10/98	397	Fossåna	126	29	3.27	0.91		13.0
02/10/98	398	Fossåna	124	29	3.27	0.84		12.5
02/10/98	399	Fossåna	122	26	3.30	1.24		11.0
02/10/98	400	Fossåna	122	34	3.15	0.57		12.5

Dato	Individ	Lokalitet	Cl	Hcr	Vann	Laktat	Al-gj	Lengde
	Nr		mmol/l	%RBC	ml/g tvn	mmol/l	mg/g vvg	cm
02/10/98	401	Steinsåna	124	27	3.17	1.38		13.5
02/10/98	402	Steinsåna	116	27	3.34	1.50		11.0
02/10/98	403	Steinsåna	124	36	3.16	1.98		13.0
02/10/98	404	Steinsåna	126	32	3.25	2.37		11.5
02/10/98	405	Steinsåna	124	34	3.35	1.41		13.0
02/10/98	406	Steinsåna	117	29	3.28	-		11.0
02/10/98	407	Steinsåna	127	25	3.17	1.12		11.5
02/10/98	408	Steinsåna	121	37	3.23	-		12.5
02/10/98	409	Steinsåna	120	26	3.18	-		11.5
02/10/98	410	Steinsåna	121	31	2.96	2.08		10.5
12/10/98	411	Fossåna	123	21	3.32	1.50	102	12.5
12/10/98	412	Fossåna	122	34	3.21	-	-	11.0
12/10/98	413	Fossåna	122	29	3.16	-	-	12.0
12/10/98	414	Fossåna	122	33	3.31	1.02	-	12.5
12/10/98	415	Fossåna	126	29	3.44	1.25	94	12.5
12/10/98	416	Fossåna	126	28	3.30	0.94	-	11.0
12/10/98	417	Fossåna	124	37	3.22	2.38	-	13.0
12/10/98	418	Fossåna	126	32	3.37	-	180	10.5
12/10/98	419	Fossåna	120	31	3.31	1.98	-	12.0
12/10/98	420	Fossåna	127	32	3.17	1.71	109	13.0
12/10/98	421	Steinsåna	125	28	3.41	0.95	161	12.0
12/10/98	422	Steinsåna	122	30	3.24	1.91	159	11.5
12/10/98	423	Steinsåna	116	33	3.55	-	174	11.5
12/10/98	424	Steinsåna	130	30	3.48	1.97	220	12.0
12/10/98	425	Steinsåna	131	31	3.24	1.72	62	12.5
12/10/98	426	Steinsåna	110	25	3.48	-	79	12.0
12/10/98	427	Steinsåna	131	34	3.27	1.47	71	14.0
12/10/98	428	Steinsåna	118	31	3.34	-	150	10.5
12/10/98	429	Steinsåna	124	26	3.41	1.42	122	11.0
12/10/98	430	Steinsåna	127	33	3.45	1.27	127	12.0
16/10/98	431	Fossåna	123	32	3.45	1.46	107	13.0
16/10/98	432	Fossåna	114	28	3.37	-	101	12.0
16/10/98	433	Fossåna	-	36	3.12	-	92	11.5
16/10/98	434	Fossåna	128	32	3.37	-	87	12.0
16/10/98	435	Fossåna	119	33	3.72	-	108	10.5
16/10/98	436	Fossåna	120	32	3.60	1.58	91	12.5
16/10/98	437	Fossåna	121	36	3.49	0.94	73	13.0
16/10/98	438	Fossåna	118	32	3.47	0.73	46	12.0
16/10/98	439	Fossåna	117	32	3.32	0.64	33	14.0
16/10/98	440	Fossåna	114	29	3.55	-	57	11.0
16/10/98	441	Steinsåna	121	31	3.57	2.01	47	12.5
16/10/98	442	Steinsåna	128	32	3.74	-	55	11.5
16/10/98	443	Steinsåna	123	34	3.52	3.29	59	12.5
16/10/98	444	Steinsåna	127	30	3.41	-	40	12.5
16/10/98	445	Steinsåna	117	30	3.60	-	20	11.0
16/10/98	446	Steinsåna	123	28	3.53	2.92	24	11.5
16/10/98	447	Steinsåna	122	27	3.65	1.64	99	11.5
16/10/98	448	Steinsåna	120	27	3.63	1.96	105	12.0
16/10/98	449	Steinsåna	119	25	3.55	0.97	109	12.5
16/10/98	450	Steinsåna	125	34	3.48	2.34	105	13.0

Dato	Individ	Lokalitet	Cl	Hcr	Vann	Laktat	Al-gj	Lengde
	Nr		mmol/l	%RBC	ml/g tvn	mmol/l	mg/g vvg	cm
21/10/98	451	Fossåna	124	30	3.63	-	144	11.0
21/10/98	452	Fossåna	111	28	3.52	-	144	11.5
21/10/98	453	Fossåna	127	27	3.35	1.69	151	10.5
21/10/98	454	Fossåna	116	32	3.52	-	107	11.5
21/10/98	455	Fossåna	126	29	3.42	1.12	106	12.5
21/10/98	456	Fossåna	118	29	3.45	1.00	-	13.0
21/10/98	457	Fossåna	113	30	3.23	1.58	89	12.0
21/10/98	458	Fossåna	113	31	3.54	-	130	12.0
21/10/98	459	Fossåna	125	33	3.21	1.31	143	12.0
21/10/98	460	Fossåna	123	35	3.21	1.09	104	13.5
24/10/98	461	Fossåna	124	34	3.37	-	321	12.0
24/10/98	462	Fossåna	118	36	2.99	1.61	102	14.0
24/10/98	463	Fossåna	124	29	3.59	-	170	11.0
24/10/98	464	Fossåna	117	32	3.50	-	171	12.0
24/10/98	465	Fossåna	110	32	3.57	-	189	11.0
24/10/98	466	Fossåna	116	31	3.53	-	225	10.5
24/10/98	467	Fossåna	115	33	3.61	-	228	10.0
24/10/98	468	Fossåna	123	31	3.44	-	225	11.0
24/10/98	469	Fossåna	113	29	3.30	-	211	11.5
24/10/98	470	Fossåna	119	37	3.45	-	194	12.0
24/10/98	471	Steinsåna	122	28	3.53	-	281	12.0
24/10/98	472	Steinsåna	126	29	3.64	-	211	11.5
24/10/98	473	Steinsåna	128	28	3.41	-	186	11.5
24/10/98	474	Steinsåna	110	32	3.56	-	245	11.0
24/10/98	475	Steinsåna	126	27	3.55	1.28	189	12.0
24/10/98	476	Steinsåna	119	32	3.58	-	244	11.0
24/10/98	477	Steinsåna	115	32	3.44	-	-	11.5
24/10/98	478	Steinsåna	129	35	3.50	1.25	171	13.0
24/10/98	479	Steinsåna	119	28	3.75	1.82	234	11.0
24/10/98	480	Steinsåna	120	32	3.75	2.51	-	11.0
27/10/98	481	Fossåna	119	26	3.36	-	261	11.0
27/10/98	482	Fossåna	127	31	3.18	-	-	13.0
27/10/98	483	Fossåna	123	29	3.43	1.53	306	11.5
27/10/98	484	Fossåna	119	33	3.37	0.82	176	13.5
27/10/98	485	Fossåna	115	31	3.40	-	310	10.5
27/10/98	486	Fossåna	-	31	3.47	-	253	11.5
27/10/98	487	Fossåna	125	33	3.81	-	184	-
27/10/98	488							
27/10/98	489							
27/10/98	490							
27/10/98	491	Steinsåna	123	24	3.37	0.76	155	12.0
27/10/98	492	Steinsåna	116	25	3.89	-	147	11.5
27/10/98	493	Steinsåna	128	27	3.86	0.98	-	11.0
27/10/98	494							
27/10/98	495							
27/10/98	496							
27/10/98	497							
27/10/98	498							
27/10/98	499							
27/10/98	500							

Fysiologiske parametere som ble målt hos smoltfiserende laks eksponert for vann fra Fossåna og Steinsåna under vårforsøket 1999.

Dato	Individ Nr	Lokalitet	Cl mmol/l	Na mmol/l	Hcr %RBC	Vann ml/g tvn	Laktat mmol/l	Gluk mmol/l
31.03.99	501	Steinsåna	126	160	33	2.95	0.80	5.3
31.03.99	502	Steinsåna	129	155	35	2.83	1.20	4.1
31.03.99	503	Steinsåna	130	155	38	2.94	0.86	4.7
31.03.99	504	Steinsåna	130	151	40	2.80	-	4.6
31.03.99	505	Steinsåna	131	158	33	2.95	1.03	4.4
31.03.99	506	Steinsåna	130	157	38	2.69	-	4.7
31.03.99	507	Steinsåna	130	156	36	2.78	0.97	4.9
31.03.99	508	Steinsåna	132	154	41	2.76	0.63	4.7
31.03.99	509	Steinsåna	132	154	35	2.79	0.63	4.3
31.03.99	510	Steinsåna	131	158	36	2.60	0.86	2.3
31.03.99	511	Fossåna	107	143	42	2.75	1.06	11.5
31.03.99	512	Fossåna	120	148	42	3.03	-	8.1
31.03.99	513	Fossåna	120	153	38	2.73	0.43	5.4
31.03.99	514	Fossåna	126	148	45	2.95	0.72	9.1
31.03.99	515	Fossåna	124	151	50	3.00	0.67	8.8
31.03.99	516	Fossåna	128	153	43	2.86	0.58	9.7
31.03.99	517	Fossåna	116	147	44	2.80	0.29	8.2
31.03.99	518	Fossåna	117	155	43	2.73	0.67	11.2
31.03.99	519	Fossåna	127	-	43	2.93	0.67	9.4
31.03.99	520	Fossåna	126	155	48	2.93	0.82	12.3
05.04.99	521	Steinsåna	133	154	34	2.79	0.92	4
05.04.99	522	Steinsåna	129	154	35	2.80	0.87	3
05.04.99	523	Steinsåna	134	154	36	2.78	0.67	2.9
05.04.99	524	Steinsåna	130	155	32	2.97	0.67	3.1
05.04.99	525	Steinsåna	133	154	35	2.70	0.97	3.8
05.04.99	526	Steinsåna	129	152	37	2.72	1.06	4.8
05.04.99	527	Steinsåna	133	153	33	2.67	0.43	4.3
05.04.99	528	Steinsåna	134	153	37	2.75	0.92	5.4
05.04.99	529	Steinsåna	130	154	40	2.59	0.58	4.3
05.04.99	530	Steinsåna	130	150	40	2.75	2.08	4.3
05.04.99	531	Fossåna	119	150	46	1.68	0.72	10.2
05.04.99	532	Fossåna	119	147	51	2.88	-	9.4
05.04.99	533	Fossåna	134	151	42	2.05	0.43	5.2
05.04.99	534	Fossåna	114	148	44	2.46	0.72	12.9
05.04.99	535	Fossåna	116	147	43	2.49	0.63	14.1
05.04.99	536	Fossåna	98	140	53	1.82	1.16	21.2
05.04.99	537	Fossåna	123	152	46	1.99	0.43	6.8
05.04.99	538	Fossåna	123	149	44	1.78	0.58	9.4
05.04.99	539	Fossåna	122	150	41	2.75	0.48	6.9
05.04.99	540	Fossåna	123	150	44	1.98	0.82	9.1
08.04.99	551	Steinsåna	120	154	35	2.98	0.92	2.5
08.04.99	552	Steinsåna	132	154	36	2.72	1.00	3.2
08.04.99	553	Steinsåna	131	154	34	2.88	0.76	3.8
08.04.99	554	Steinsåna	129	154	37	2.90	0.76	4.3
08.04.99	555	Steinsåna	132	157	37	2.74	0.76	3.6
08.04.99	556	Steinsåna	128	159	30	2.97	1.12	3.9
08.04.99	557	Steinsåna	129	-	37	2.78	1.04	4.4
08.04.99	558	Steinsåna	125	157	34	2.90	1.49	7.1
08.04.99	559	Steinsåna	131	155	39	2.81	0.84	2.9
08.04.99	560	Steinsåna	128	158	35	2.88	1.29	4.1

Dato	Individ	Lokalitet	Cl	Na	Hcr	Vann	Laktat	Gluk
	Nr		mmol/l	mmol/l	%RBC	ml/g tvn	mmol/l	mmol/l
08.04.99	561	Fossåna	121	146	43	2.78	1.32	11.7
08.04.99	562	Fossåna	127	149	42	2.83	0.53	11.9
08.04.99	563	Fossåna	122	145	48	2.75	0.56	7.2
08.04.99	564	Fossåna	120	183	47	2.76	0.87	6.3
08.04.99	565	Fossåna	123	148	43	2.65	1.43	9.8
08.04.99	566	Fossåna	125	155	44	2.70	1.02	7.1
08.04.99	567	Fossåna	102	138	51	2.79	-	11.9
08.04.99	568	Fossåna	115	-	49	2.68	1.06	13.3
08.04.99	569	Fossåna	116	-	44	2.72	0.90	9.2
08.04.99	570	Fossåna	113	149	43	2.85	-	11.8
14.04.99	581	Steinsåna	114	150	38	1.58	0.90	6.9
14.04.99	582	Steinsåna	128	154	36	2.27	1.17	3.1
14.04.99	583	Steinsåna	130	155	36	2.27	0.83	3
14.04.99	584	Steinsåna	122	152	38	2.65	1.09	8.7
14.04.99	585	Steinsåna	128	154	39	1.90	1.09	3.2
14.04.99	586	Steinsåna	132	156	37	2.08	0.53	3.4
14.04.99	587	Steinsåna	124	153	33	2.11	0.94	3.5
14.04.99	588	Steinsåna	128	156	41	1.59	0.71	5.6
14.04.99	589	Steinsåna	124	156	41	1.55	1.09	10.6
14.04.99	590	Steinsåna	132	157	36	2.01	0.45	4.2
14.04.99	591	Fossåna	127	147	34	1.38	0.60	8.4
14.04.99	592	Fossåna	118	147	40	2.65	1.09	14.7
14.04.99	593	Fossåna	110	148	40	2.24	1.06	11.8
14.04.99	594	Fossåna	120	145	40	2.84	-	8.1
14.04.99	595	Fossåna	122	146	47	2.37	0.64	8.7
14.04.99	596	Fossåna	116	146	36	2.63	0.83	8.4
14.04.99	597	Fossåna	119	147	42	2.62	0.75	7.6
14.04.99	598	Fossåna	112	142	45	1.38	0.90	19.4
14.04.99	599	Fossåna	117	148	44	2.75	0.71	11.3
14.04.99	600	Fossåna	124	150	40	2.28	0.75	8.4
16.04.99	611	Steinsåna	122	153	35	2.46	0.76	4.2
16.04.99	612	Steinsåna	116	150	44	1.81	2.06	11
16.04.99	613	Steinsåna	125	150	35	1.79	1.31	4.5
16.04.99	614	Steinsåna	116	149	32	1.93	0.92	2.3
16.04.99	615	Steinsåna	111	142	34	2.37	1.64	4.1
16.04.99	616	Steinsåna	128	154	37	2.56	0.52	2.8
16.04.99	617	Steinsåna	128	162	35	2.78	1.07	3.9
16.04.99	618	Steinsåna	119	150	40	1.87	1.70	6.3
16.04.99	619	Steinsåna	114	148	35	1.94	1.07	3
16.04.99	620	Steinsåna	130	152	36	1.77	0.82	2.2
16.04.99	621	Fossåna	124	148	39	2.22	1.12	8.2
16.04.99	622	Fossåna	115	144	45	2.43	0.79	14.8
16.04.99	623	Fossåna	124	149	48	2.27	0.90	7.9
16.04.99	624	Fossåna	117	154	41	2.08	2.18	11.7
16.04.99	625	Fossåna	115	187	43	2.57	1.67	9.7
16.04.99	626	Fossåna	116	-	44	2.61	1.20	13.8
16.04.99	627	Fossåna	102	146	42	2.51	1.17	17.8
16.04.99	628	Fossåna	129	149	45	1.84	0.83	10.2
16.04.99	629	Fossåna	127	147	39	2.50	0.73	8.4
16.04.99	630	Fossåna	119	141	36	2.33	1.46	18.6
24.04.99	641	Steinsåna	129	155	38	2.02	1.84	5.1
24.04.99	642	Steinsåna	123	155	38	2.26	1.53	7.9
24.04.99	643	Steinsåna	127	147	41	2.51	2.34	10.7

Dato	Individ	Lokalitet	Cl	Na	Hcr	Vann	Laktat	Gluk
	Nr		mmol/l	mmol/l	%RBC	ml/g tvn	mmol/l	mmol/l
24.04.99	644	Steinsåna	121	150	37	2.95	1.74	6.2
24.04.99	645	Steinsåna	128	153	34	1.98	0.83	3.3
24.04.99	646	Steinsåna	129	150	38	2.62	1.26	1.3
24.04.99	647	Steinsåna	118	155	40	2.71	1.62	6.7
24.04.99	648	Steinsåna	124	153	39	2.74	1.51	3.9
24.04.99	649	Steinsåna	126	152	40	2.76	2.11	6.7
24.04.99	650	Steinsåna	127	158	37	2.38	1.18	4.4
24.04.99	651	Fossåna	124	147	39	2.12	0.90	5.2
24.04.99	652	Fossåna	124	150	40	1.56	1.52	9.3
24.04.99	653	Fossåna	124	150	40	2.22	1.29	5.8
24.04.99	654	Fossåna	121	152	38	2.58	1.36	11.1
24.04.99	655	Fossåna	127	154	33	1.86	0.98	5.9
24.04.99	656	Fossåna	127	153	40	2.81	0.93	5.8
24.04.99	657	Fossåna	119	143	37	2.60	1.15	6.4
24.04.99	658	Fossåna	120	152	42	1.90	1.65	8.2
24.04.99	659	Fossåna	116	148	39	1.98	1.43	7.4
24.04.99	660	Fossåna	121	154	37	2.73	1.33	6.6
28.04.99	671	Steinsåna	122	152	36	2.81	1.47	10.4
28.04.99	672	Steinsåna	131	154	36	2.75	0.89	3.4
28.04.99	673	Steinsåna	126	153	38	2.92	1.66	5.2
28.04.99	674	Steinsåna	128	158	37	2.92	-	5.5
28.04.99	675	Steinsåna	115	150	34	3.01	-	6.1
28.04.99	676	Steinsåna	130	157	38	2.86	1.43	8.7
28.04.99	677	Steinsåna	129	157	40	3.10	1.33	7.7
28.04.99	678	Steinsåna	122	153	40	3.03	1.60	7
28.04.99	679	Steinsåna	126	150	40	2.76	2.10	5.9
28.04.99	680	Steinsåna	120	155	36	2.93	1.27	3.1
28.04.99	681	Fossåna	114	148	39	2.44	1.66	10.1
28.04.99	682	Fossåna	125	173	38	2.41	1.16	6.2
28.04.99	683	Fossåna	110	145	41	2.62	1.78	15.6
28.04.99	684	Fossåna	120	152	40	2.06	1.00	16.3
28.04.99	685	Fossåna	114	153	36	2.78	0.93	7.4
28.04.99	686	Fossåna	125	154	36	2.78	0.75	6.4
28.04.99	687	Fossåna	124	149	37	2.06	0.96	6.8
28.04.99	688	Fossåna	122	152	33	2.84	1.38	4.9
28.04.99	689	Fossåna	120	152	37	2.80	1.46	7.2
28.04.99	690	Fossåna	124	150	42	2.35	1.10	4.9
11.05.99	701	Steinsåna	119	150	37	3.02	1.48	12.1
11.05.99	702	Steinsåna	123	141	26	2.93	1.52	2.9
11.05.99	703	Steinsåna	125	154	30	2.69	1.22	4.9
11.05.99	704	Steinsåna	127	145	29	2.75	1.70	11.2
11.05.99	705	Steinsåna	132	158	31	2.84	1.22	2.9
11.05.99	706	Steinsåna	127	152	33	3.00	1.63	4.4
11.05.99	707	Steinsåna	130	150	30	2.59	1.19	3.8
11.05.99	708	Steinsåna	123	153	34	2.83	1.19	13.4
11.05.99	709	Steinsåna	127	155	36	2.80	1.19	5.7
11.05.99	710	Steinsåna	127	155	33	2.86	1.33	6.6
11.05.99	711	Fossåna	127	145	16	2.45	2.23	8.4
11.05.99	712	Fossåna	126	156	38	2.73	0.85	4.3
11.05.99	713	Fossåna	115	151	39	2.79	1.79	11.3
11.05.99	714	Fossåna	128	155	39	2.55	1.53	6.3
11.05.99	715	Fossåna	120	152	35	2.63	1.02	5.2
11.05.99	716	Fossåna	112	152	39	2.76	1.35	21.3

Dato	Individ	Lokalitet	Cl	Na	Hcr	Vann	Laktat	Gluk
	Nr		mmol/l	mmol/l	%RBC	ml/g tvn	mmol/l	mmol/l
11.05.99	717	Fossåna	114	153	38	2.74	1.35	18.5
11.05.99	718	Fossåna	118	155	37	5.64	1.26	4.9
11.05.99	719	Fossåna	122	160	39	2.80	1.04	4.3
11.05.99	720	Fossåna	126	156	39	2.65	1.10	6.3
19.05.99	731	Steinsåna	116	162	33	2.96	1.75	5.5
19.05.99	732	Steinsåna	125	151	32	3.05	2.36	5.4
19.05.99	733	Steinsåna	122	153	36	3.05	2.19	6.6
19.05.99	734	Steinsåna	117	147	32	3.03	2.16	19.1
19.05.99	735	Steinsåna	118	151	36	3.02	2.88	8
19.05.99	736	Steinsåna	125	157	35	3.16	1.27	3.1
19.05.99	737	Steinsåna	132	156	35	3.05	2.11	2.8
19.05.99	738	Steinsåna	125	153	35	3.02	2.23	1.4
19.05.99	739	Steinsåna	114	148	31	2.84	2.30	14.1
19.05.99	740	Steinsåna	125	157	36	2.96	1.48	7.2
19.05.99	741	Fossåna	127	157	33	2.74	1.05	2
19.05.99	742	Fossåna	118	150	39	2.92	2.88	19.5
19.05.99	743	Fossåna	122	152	40	2.71	1.91	20.6
19.05.99	744	Fossåna	121	149	34	2.59	1.30	5.5
19.05.99	745	Fossåna	125	146	38	2.88	2.23	14.8
19.05.99	746	Fossåna	115	150	43	2.71	1.85	19.9
19.05.99	747	Fossåna	118	151	38	2.87	1.93	3.6
19.05.99	748	Fossåna	122	155	35	2.83	3.14	5.5
19.05.99	749	Fossåna	113	150	39	3.10	1.88	-
19.05.99	750	Fossåna	119	155	38	3.00	1.24	4.2
22.05.99	761	Steinsåna	117	146	33	2.92	0.86	14.6
22.05.99	762	Steinsåna	118	151	35	3.29	1.91	10.8
22.05.99	763	Steinsåna	120	154	37	3.07	2.52	3.4
22.05.99	764	Steinsåna	116	145	37	3.02	1.27	9.7
22.05.99	765	Steinsåna	129	155	27	3.02	0.61	3.2
22.05.99	766	Steinsåna	128	154	37	3.12	2.23	3.7
22.05.99	767	Steinsåna	112	148	35	3.01	2.88	6.9
22.05.99	768	Steinsåna	118	146	29	3.20	1.34	8.3
22.05.99	769	Steinsåna	122	150	31	2.99	0.70	6.3
22.05.99	770	Steinsåna	123	150	33	2.97	-	6.7
22.05.99	771	Fossåna	107	140	22	3.08	1.62	19.7
22.05.99	772	Fossåna	116	152	36	3.06	0.48	5.2
22.05.99	773	Fossåna	110	144	41	2.97	1.40	10
22.05.99	774	Fossåna	126	150	33	2.82	0.33	2.9
22.05.99	775	Fossåna	114	151	33	3.16	0.91	15.5
22.05.99	776	Fossåna	117	148	37	2.90	0.99	19.5
22.05.99	777	Fossåna	119	144	34	2.88	1.17	13.2
22.05.99	778	Fossåna	115	150	35	3.00	1.03	8.1
22.05.99	779	Fossåna	121	152	36	3.09	0.31	4.4
22.05.99	780	Fossåna	113	149	36	3.01	0.78	22.4
27.05.99	781	Steinsåna	107	146	32	3.10	1.36	21.1
27.05.99	782	Steinsåna	110	147	35	2.99	1.57	13.8
27.05.99	783	Steinsåna	121	154	33	3.17	1.73	10.4
27.05.99	784	Steinsåna	113	150	35	3.33	-	13.8
27.05.99	785	Steinsåna	118	153	36	3.29	1.69	4.9
27.05.99	786	Steinsåna	121	155	34	3.28	3.85	12.9
27.05.99	787	Steinsåna	122	154	37	3.12	1.15	5.2
27.05.99	788	Steinsåna	118	148	38	3.15	4.47	14.9
27.05.99	789	Steinsåna	113	152	41	-	-	16.4

Dato	Individ	Lokalitet	Cl	Na	Hcr	Vann	Laktat	Gluk
	Nr		mmol/l	mmol/l	%RBC	ml/g tvn	mmol/l	mmol/l
27.05.99	790	Steinsåna	116	149	36	3.02	2.93	10
27.05.99	791	Fossåna	119	149	38	2.85	1.25	6.1
27.05.99	792	Fossåna	113	144	35	3.19	1.30	22.9
27.05.99	793	Fossåna	119	148	38	2.55	1.80	19.8
27.05.99	794	Fossåna	110	157	36	3.02	1.28	20.8
27.05.99	795	Fossåna	110	147	38	2.96	1.59	13.6
27.05.99	796	Fossåna	116	150	35	2.99	1.02	14.2
27.05.99	797	Fossåna	118	151	35	3.03	1.02	13.9
27.05.99	798	Fossåna	123	154	36	2.59	0.61	3.3
27.05.99	799	Fossåna	115	142	33	2.98	1.48	11.6
27.05.99	800	Fossåna	120	150	36	2.29	1.14	8