

455

# OPPDRAKSMELDING

Smoltifisering hos laks og sjøørret:  
effekt av ulike produksjonsregimer  
og transport

Bengt Finstad  
Martin Iversen



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

# Smoltifisering hos laks og sjøørret: effekt av ulike produksjonsregimer og transport

Bengt Finstad  
Martin Iversen

## NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

### NINA Fagrapport

### NIKU Fagrapport

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

Opplag: Normalt 300-500

### NINA Oppdragsmelding

### NIKU Oppdragsmelding

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

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

### NINA•NIKU Project Report

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

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper.

### Temahefter

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

Opplag: Varierer

### Fakta-ark

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

Opplag: 1200-1800

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

Finstad, B. & Iversen, M. 1996. Smoltifisering hos laks og sjørøret: effekt av ulike produksjonsregimer og transport. - NINA Oppdragsmelding 455: 1-16.

Trondheim, desember 1996

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0760-5

Forvaltningsområde:

Bærekraftig høsting, fisk

Sustainable harvesting, fish

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Tor G. Heggberget

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

7005 Trondheim

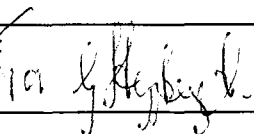
Tel: 3 58 05 00

Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13307 Smolt-testinger

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Statkraft

## Referat

Finstad, B. & Iversen, M. 1996. Smoltifisering hos laks og sjøørret: effekt av ulike produksjonsregimer og transport. - NINA Oppdragsmelding 455: 1-16.

Emneord: Smoltproduksjon - transport - laks - ørret - sjøvannstoleranse - overlevelse.

Bengt Finstad og Martin Iversen, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim.

Kraftutbygginger har ført til en reduksjon av populasjoner av laksefisk i norske vassdrag. For å kompensere for dette er det igangsatt utsettinger av anleggsprodusert fisk. Hovedmålet med dette prosjektet var todelt: 1) Å produsere en ørret- og laksesmolt med morfologiske, fysiologiske og økologiske kvaliteter mest mulig lik villsmolt og 2) betydningen av transportstress for overlevelse hos laks- og sjøørret ved utsetting.

En ønsket i delprosjekt 1 å undersøke kvaliteten på ørret- og laksesmolt som ble produsert på Statkrafts anlegg i Eidfjord, Eikesdal og Lundamo og eventuelt komme med forslag til forbedringer i produksjonen.

Lysstyringen ved Eikesdalsanlegget var lite tilfredsstillende for perioden 1993/94. I perioden 1994/95 ble lysstyringen endret med dertil forbedring av smoltkvaliteten på den utsatte fisken. Laksen hadde en meget god osmoreguleringsevne før utsetting. For ørreten var resultatene noe bedre enn for 1994.

I Eidfjord viste sjøvannstoleransetestene at laksesmolten regulerte tilfredsstillende ved de ulike prøvetakningstidspunktene. For sjøørreten viste det seg at fisken hadde en økende sjøvannstoleranse fram mot utsetting. Til forskjell fra Eikesdalen og Lundamo ble sjøvannstoleransetestene i Eidfjord utført ved en salinitet på 29 ppt. Både for laks og sjøørret fant vi ingen signifikante forskjeller i smoltifiseringsutvikling mellom gruppene satt på 0 og 3 ppt ferskvann.

Smolten testet på Lundamoanlegget viste som for 1994 en klassisk smoltutvikling med dertil økende sjøvannstoleranse fram mot utsetting.

I del 2 ble eksperimentet utført under en regulær transport fra Eidfjord til Bondhuselva (4.5 timers transport), fra Lundamo til Surma (2,5 timers transport) og fra Eikedalen til Eira (0,5 timers transport). Blodprøver av fisken ble tatt før transport (kontroll), 30 minutter etter opplasting og 1, 24 og 48 timer etter transport. I tillegg ble fisken sjøvannstestet både før og etter transport. Hematokritt, plasmakortisol, laktat, glukose, klorid og natrium ble analysert. Plasma konsentrasjoner av kortisol økte opp til 15 ganger fra hvilenivå med en topp omlag 1 time etter transport. Osmoreguleringssvikt både i ferskvann og saltvann ble observert både 24 og 48 timer etter transport. Vi antar derfor at en av grunnene til lave gjenganger og overlevelse hos utsatt anleggsprodusert smolt kan komme som følge av behandling og transport før utsetting finner sted.

## Abstract

Finstad, B. & Iversen, M. 1996. Smoltification in Atlantic salmon and sea trout: effect of different production regimes and transport. - NINA Oppdragsmelding 455: 1-16.

Hydropower regulation of Norwegian watercourses have reduced the natural populations of several salmonid strains. In order to compensate for the lowered production of smolts, the environmental authorities have initiated programs for production and release of hatchery-reared smolts. The main objective of this study was: 1) To produce smolts of Atlantic salmon and sea trout with morphological, physiological and ecological qualities up to wild smolts and 2) to analyse recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon and sea trout smolts.

The main aim of part 1 was to test the seawater tolerance of sea trout and Atlantic salmon at the hatcheries in Eidfjord, Eikesdalen and Lundamo.

The light regimes at Eikesdalen was not satisfactorily in the period 1993/94. In the period 1994/95 a change to more satisfactorily light regimes resulted in an improved smolt-quality both for Atlantic salmon and sea trout.

From Eidfjord the results showed that Atlantic salmon smolts had a satisfactorily osmoregulation at the different sampling periods. Also the sea trout increased their seawater tolerance throughout the time of release into the wild. Different to Eikesdalen and Lundamo, the seawater challenge test in Eidfjord was performed on 29 ppt salinity. Both for Atlantic salmon and sea trout we found no significant differences in the development of smoltification between groups on 0 and 3 ppt freshwater.

The Atlantic salmon smolts tested at Lundamo showed, as seen in 1994, a classical development of smoltification with an increased seawater tolerance throughout the smoltification period.

In part 2, the experiment was carried out during regular transports from Eidfjord to Bondhus river (4.5 h), from Lundamo to Surma river (2.5 h) and from Eikesdal to Eira river (0.5 h). Bloodsamples were obtained from the smolts before transport (control), 30 minutes after loading and 1, 24 and 48 hours after transport. Additionally, bloodsamples were obtained after a 24 hour seawater challenge test before and after transport. Bloodsamples were analysed for haematocrit, plasma cortisol, lactate, glucose, chloride and sodium. Plasma cortisol concentrations increased up to 15 times from resting values, with a peak 1 hour after transport. A severe discrepancy in both fresh- and seawater osmoregulatory ability were observed 24 and 48 hours after transport. We therefore suspect that some of the reasons that have given low recapture rates and survival of the hatchery-reared salmon smolts are caused by the handling and transport of the smolts prior to the releases.

Keywords: Smoltproduction - transport - Atlantic salmon - sea trout - seawater tolerance - survival.

Bengt Finstad og Martin Iversen, Norsk Institutt for Naturforskning, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim.

## Forord

Energiforsyningens Fellesorganisasjon (EnFO) og Statkraft har tidligere bekostet en litteraturutredning om smoltifisering hos laksefisk (Heggberget et al. 1992, NINA Forskningsrapport 31). Intensjonen var at denne litteraturutredningen eventuelt skulle følges opp med praktiske forsøk på anlegg som produserte smolt.

Statkraft startet i 1994 et FOU-prosjekt om bedring av smoltkvaliteten på produksjonsanleggene. NINA og EnFO ble i denne sammenhengen kontaktet med tanke på å få samordnet de undersøkelsene som allerede utføres, foruten å kunne organisere et større prosjekt hvor alle større smoltanlegg kunne være med.

Prosjektets hovedmål var å teste smoltkvaliteten ved disse anleggene. Målsetningen er å produsere en ørret- og lakse-smolt med morfologiske, fysiologiske og økologiske kvalitet er mest mulig lik villsmolt. Dette ved å utvikle produksjonsregimer for en optimal smoltproduksjon. I tillegg ønsket en å lære opp de ansatte ved disse smoltanleggene til å gjennomføre prøvetakingsprosedyrene slik at man i nær framtid selv kunne følge utviklingen av smoltifiseringsprosessen, og dermed kontrollere kvaliteten av den produserte smolten. Anleggene ved Eidfjord, Eikesdal og Lundamo ble undersøkt i 1995 og resultatene herfra presenteres i denne rapporten.

De ansatte på de aktuelle anleggene takkes for et godt samarbeid. Dette prosjektet er finansiert av Statkraft, samt at resultater fra andre relevante prosjekt har vært benyttet for å utfylle dette prosjektet.

Trondheim, desember 1996.

Bengt Finstad  
Prosjektleder

## Innhold

Referat .....	3
Abstract .....	4
Forord .....	5
1 Innledning .....	6
1.1 Begrepet stress .....	6
2 Metode og materiale .....	6
2.1 Undersøkelles- og analysested .....	6
2.2 Forsøksfisk .....	6
2.3 Vannkvalitet .....	7
2.4 Fóring .....	7
2.5 Lyssetting og lysregime .....	8
2.6 Transport og utsettingsmetode .....	8
2.7 Prøveuttak .....	8
2.8 Analyser og registreringer .....	9
2.9 Statistisk behandling .....	9
3 Resultater .....	9
3.1 Sjøvannstester .....	9
3.2 Transportstress .....	11
4 Diskusjon .....	14
4.1 Sjøvannstester .....	14
4.2 Transportstress .....	15
5 Litteratur .....	16

# 1 Innledning

De siste 10 årene har det vært en økende interesse for effekten av stress på fisk innenfor akvakultur. Det er nå generelt akseptert at det er en tydelig sammenheng mellom store forandringer i omgivelsene til fisken og forstyrrelser i fiskens fysiologi inkludert osmoregulering, metabolisme, respirasjon og sykdomsmotstand (Barton & Iwama 1991). Skadelige forandringer i omgivelsen (stressorer) inkluderer forringing av vannkvaliteten, raske temperaturforandringer, fysisk håndtering, transport, og sammentrenging av fisk. Viser ellers til Finstad & Iversen (1995) for beskrivelse av smoltifiseringsprosessen hos laksefisk.

## 1.1 Begrepet stress

Ifølge kanadieren Hans Selye (1936) ble stress definert som den uspesifikke responsen til et biologisk system på et stimuli (stressoren). Brett (1958) gikk lenger i sin definisjon, og definerte stress som en tilstand hos fisken fremkalt av omgivelsesfaktorer (stressfaktorer, stressorer). Påvirkningen kan være så ekstrem at det går ut over fiskens tilpasningsevne og forstyrrer dens livsfunksjoner til en slik grad at muligheten til å overleve blir betydelig svekket.

Når en fisk utsettes for en stressor vil fisken gjennomgå endel ikke spesifikke endringer for å takle den nye situasjonen. Disse endringene kan deles inn i tre ulike faser

- 1) Primærfase. En alarmreaksjon, der katekolaminer og kortikosteroider («stress hormoner») frigjøres.
- 2) Sekundærfase: En motstandstilstand som medfører tilpassing til stressoren.
- 3) Tertiærfase. En utmattelse/død hvis tilpassingen uteblir fordi at stressoren er for voldsom eller langvarig.

En organismes stressrespons er en integrert respons som omfatter alle nivåer (Barton & Iwama 1991). Mange primære og sekundære responser til stress er adaptive fysiologiske responser som opprettholder den indre fysiologiske/biokjemiske likevekten, og øker individets overlevelsessevne. For en frittlevende fisk er det mulig å svømme bort fra en eventuell stressor, mens i intensivt oppdrett må fisken leve under konstant kronisk stress. Langvarig kronisk stress kan være maladaptivt, og redusere en fisks evne til vekst, reproduksjon og overlevelse (Barton & Iwama 1991).

Hovedmålet med dette prosjektet var todelt: 1) Å produsere en ørret- og laksesmolt med morfologiske, fysiologiske og økologiske kvaliteter mest mulig lik villsmolt (Finstad & Iversen 1995) og 2) Betydningen av transportstress for overlevelse hos laks- og sjøørret ved utsetting.

# 2 Metode og materiale

## 2.1 Undersøkelles- og analysested

Undersøkelsene ble foretatt ved Statkraftsanleggene i Eidfjord, Eikesdal og Lundamo. Alle analyser ble i sin helhet gjennomført ved Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) og ved Brattøra Forskningscenter, Norges Tekniske-Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim.

Transportforsøket ble foretatt på strekningene Eidfjord - Mauranger (4,5 timer), Lundamo - Surna (2,5 timer) og Eikesdal - Eira (0,5 timer). Undersøkelsesområdene er vist i Figur 1.

## 2.2 Forsøksfisk.

### Eidfjord

To ulike sjørret-stammer fra henholdsvis Jondal og Sima ble undersøkt. All fisk var av 1993 årgang og avkom av vill sjørret.

I tillegg ble to laksestammer fra henholdsvis Eio og Bjoreio undersøkt. All fisk var av 1993 årgang og avkom av villaks.

Rogn fra de ulike stammene med laks og ørret ble inkubert ved 6 °C i tidsrommet 15.10 til 01.12.1992. Klekking skjedde fra den 01.01 1993 til ultimo januar 1993. Startfôring begynte den 01.02.93, og foregikk ved 10 °C.

Fisken ble etter startfôring overført til produksjonshallen med en tetthet på ca 1 000-1 500 fisk pr. m<sup>2</sup> pr. kar. Fisken ble sortert i september/oktober, desember og februar. Fisk med en størrelse på 10-12 gram ble isolert, og deretter ikke sortert mer før utsetting. Ingen av ørret- og laksestammene gjennomgikk noen form for medisinsk behandling.

For å undersøke betydningen av økt saltbelastning på smoltutviklingen ble fisk av de ulike stammene fordelt i kar med og uten innblanding av sjøvann (3 ppt)

### Eikesdal

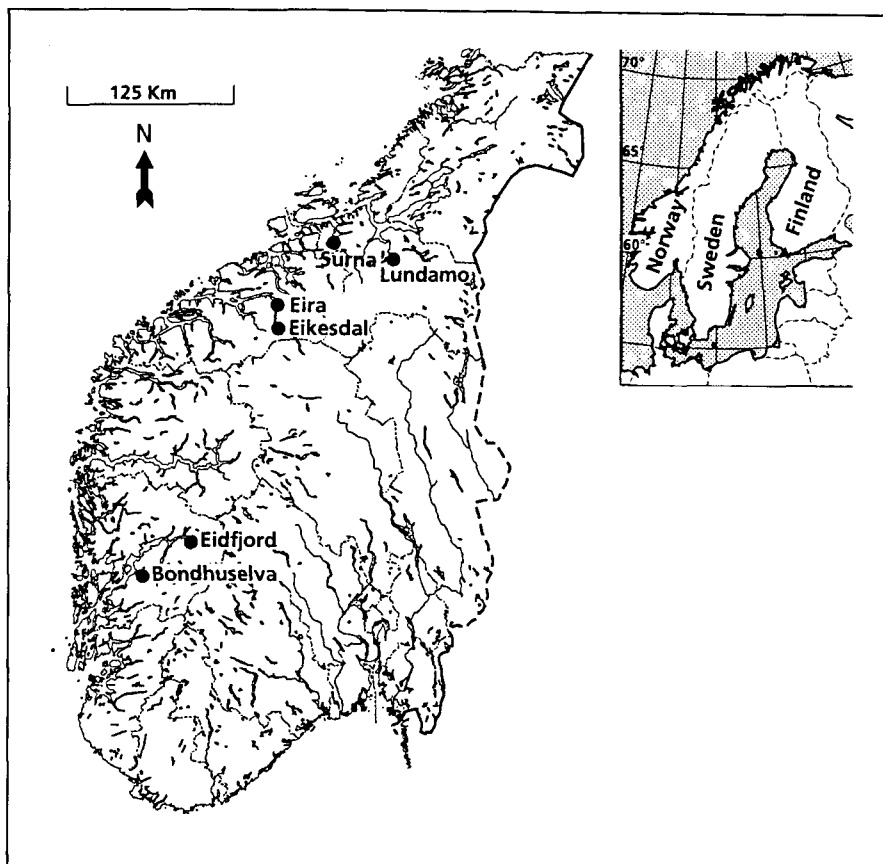
En sjørretstamme fra Eikesdal ble undersøkt. Fisken var av 1993 årgang, og avkom av vill sjørret fra Eira.

To forskjellige årganger av laks fra Eikesdal ble undersøkt. Laksesmolten var avkom av villaks fra Eira strøket i slutten av 1992 (1993 årgang) og 1993 (1994 årgang).

Rogn fra laks og sjørret ble inkubert ved 4,5-6,0 °C i tidsrommet 15.10 til 01.12.1992 og 1993. Klekking skjedde fra primo januar til ultimo februar 1993/94. Startfôringen begynte den 15.03.93/94, og foregikk ved 8 °C.

Fisken ble etter startfôring overført til produksjonshallen. Fisken ble sortert i oktober, mars/april og juni.

**Figur 1.** Kart som viser lokaliseringen av anleggene der undersøkelsene ble utført. Utsetningslokalitetene er også anmerket.



### Lundamo

En laksestamme fra Surria ble undersøkt. Fisken var av 1993 årgang, og avkom av villaks.

Rogn fra laks ble inkubert ved 4,5 °C i tidsrommet fra den 15.10.92 til den 28.02.93. Klekkingen foregikk fra medio februar 1993. Startfôring begynte ultimo april 1993, og foregikk ved 10 °C. Dette foregikk på andelsanlegget på Ler. Fisken ble overført fra startfôring (Ler-Kallvella) til sommeranlegget på Lundamo. Fisken ble deretter overført til vinteranlegget på Ler hvor den oppholdt seg fra den 01.10.93 til den 20.05.94 for deretter igjen bli ført tilbake til Lundamo. På høsten ble den igjen ført til vinteranlegget på Ler og utsatt i mai det påfølgende år.

Fisken ble sortert på våren og på høsten.

## 2.3 Vannkvalitet

### Eidfjord

Råvannet i anlegget hadde en ledingsevne på 30-35 mS/cm og en pH på 6.4. Vannet holdt en temperatur på 5,5 til 6,8 °C gjennom hele året. Råvannet ble blandet med sjøvann hentet fra 25 meter dybde i Eidfjorden, slik at gjennomstrømningskarene hadde en saltholdighet på 1-3 ppt. (Rolf Jenssen, pers. medd.).

Temperaturen i de store gjennomstrømningskarene (6.0 m<sup>3</sup>) varierte fra 7,5 °C (mai-september) til 5,5 °C (februar)

med en middeltemperatur på 6,8 ± 0,82 °C (Rolf Jenssen, pers. medd.).

### Eikesdal

Laks (1993 og 1994) og ørret (1993) ble den 22.10.92/93 overført fra Eresfjord til Eikesdal. Ved Eikesdal gikk fisken på grunnvann med en temperatur på 5,9 °C.

### Lundamo

Laksen gikk på grunnvann med en stabil temperatur på 3 °C ved Ler. Etter overføring tilbake til Lundamo gikk fisken på naturlig elvtemperatur (12-20 °C).

## 2.4 Fôring

### Eidfjord

Ørret- og laksestammene ble fôret etter tabell (fôrfaktor 1) med Skretting fôr. Utfôringen skjedde med skiveautomater (Akva produkter) og vibratorautomater (Sterner Fish Tech AS). Skivautomatene gjorde en omdreining hvert 3. døgn.

### Eikesdal

Ørret- og laksestammene ble fôret etter appetitt med Felleskjøpets fôr. Utfôringen skjedde med skiveautomater (Akva produkter). Skivautomatene gjorde en omdreining hvert 3. døgn.



## Lundamo

Laksestammen ble føret etter apertitt med Felleskjøpets før. Utføringen skjedde med skruerautomater (Sterner Fish Tech AS).

## 2.5 Lyssetting og lysregime

### Eidfjord

Vanlig lysrørmatur (36-45 W) var plassert 4 til 4,5 m over vannflaten. Lysreguleringen skjedde ved hjelp av en 8 kanalers SRS 3001 (Solberg Andersen A/S) lysreguleringsenhet.

I perioden 1992/93 var det fra 17.12.92 til 19.01.92, 14 timer mørke og 10 timer lys (14M:10L). Lyset ble deretter gradvis øket slik at en fra og med 28.03.93 hadde kontinuerlig lys (0M:24L) til og med den 07.12.93.

I perioden 1993/94 var det 6M:18L fra den 07.12.93 til den 01.03.94. Lyset ble gradvis øket slik at en fra den 25.03.94 hadde 0M:24L. I følge Finstad & Iversen (1995) skulle lysregimet for 1994/95 være følgende: Fra midten av desember 1994 skulle lyset kjøres ned til 9 timers lys og 15 timers mørke (15M:9L), dvs lys i perioden kl. 0600 til kl. 1500. Dette regimet skulle holdes fram til den 01.03.95 da lyset gradvis skulle kjøres opp mot 20 timers lys og 4 timers mørke (4M:20L) og holdes slik fram mot utsetting. Det ble registrert et avvik fra dette lysregimet i perioden 1994/95.

### Eikesdal

Vanlig lysrørmatur (58 W) var plassert 2,4 m over vannoverflaten. Lysreguleringen skjedde ved hjelp av automatisk regulator.

I perioden før den 01.02.94 ble det benyttet 20 timer mørke og 4 timer lys (20M:4L). Lyset ble fra den 01.02.94 til medio mai endret til 12 timer mørke og 12 timer lys (12M:12L). Fra og med den 01.12.94 ble lyset redusert til 16M:8L, og ble deretter gradvis øket (1 time pr. dag) fra 01.03.95 til lyset nådde 4M:20L den 15.03.95.

### Lundamo

På Ler benyttet man vanlig lysrørmatur (40 W) plassert ca 1,0 m over vannoverflaten. Lysreguleringen skjedde ved hjelp av manuell styring og lysplater i taket.

Ved vinteranlegget på Ler gikk fisken ved simulert naturlig døgnperiode fra den 01.10.92 til den 20.05.93. For deretter å bli overført til Lundamo hvor fisken gikk under naturlig belysning fra og med den 20.05.93 medio mai 1994. Dette lysregimet ble gjentatt i 1994/95 til fisken ble satt ut.

## 2.6 Transport og utsettingsmetode

### Eidfjord

Ved utsetting primo mai ble fisken først håvet over i 200 l kar for deretter å bli overført i 1 200 l store transporttanker

med en fisketetthet på 1 kg per 10 l vann. Transporttida varierte fra 30 minutter til 4,5 timer (Mauranger). Utsettingen fra kar til elv foregikk gjennom fleksible plastslanger. Ørret av Jondalstammen og laks av Bjoreiostammen ble benyttet her.

### Eikesdal

Fisken ble overført fra sine respektive kar til 1 200 l transportkar, og transportert til utsettingsstedet medio mai. Transporten tok omlag en time. Utsettingen fra kar til elv foregikk gjennom fleksible plastslanger. Ørret og laks av Eirastammen ble benyttet her.

### Lundamo

Fisken ble overført fra sine respektive kar til 1200 l transporttanker i 30 l bøtter. Fisken ble deretter transportert til utsettingsstedet den 23 mai. Transporttiden varierte fra 2 til 4,5 timer. Utsettingen fra kar til elv foregikk gjennom fleksible plastslanger. Laks av Surnastammen ble benyttet her.

## 2.7 Prøveuttak

Transportforsøket ble foretatt på strekningene Eidfjord - Mauranger (4,5 timer), Lundamo - Surna (2,5 timer) og Eikesdal - Eira (0,5 timer). Det ble tatt blodprøver før (kontroll), 0,5 timer etter overføring til transporttank (håving), 1, 24 og 48 timer etter transport. Ved ankomst til de respektive bestemmelsesstedene ble 8 fisk fordelt i fire 100 l stamper tilsatt ferskvann, og dekket med ikke transparent plastikk. Stampene ble tilført oksygen via akvariepumper (RENA 301). Vanntemperaturen varierte fra 8-10 °C.

### Blodprøver

Det ble tatt blodprøver fra de ulike lakse- og ørretstammene i ferskvann for måling av klorid, natrium, hematokitt, kortisol, glukose og laktet i plasma.

6-8 fisk pr. stamme ble tatt ut i ett håvtrekk, og overført i en 10 liters bøtte med metomidat-løsning (5 mg metomidat pr. l vann). Blodprøver ble tatt fra kaudalårekomplekset ved hjelp av 1 ml hepariniserte sprøyter. Blodet ble overført til et 2 ml eppendorfrør, og sentrifugert i fem minutter ved 5 000 omdr./minutt i en Hettich EBA III, type 2 030 (radius 25 mm) sentrifuge. Plasma ble deretter overført til et nytt 2 ml eppendorfrør, og umiddelbart frosset ved -20 °C.

### Sjøvannstest

Sjøvannstester hvor forsøksfisken ble direkte overført fra ferskvann til sjøvann (Blackburn & Clarke 1987) ble utført regelmessig. 8-10 fisk fra hver gruppe ble håvet over i tre nye kar med sjøvannsgjennomstrømning. I de tilfeller hvor en ikke hadde tilgang på sjøvann, blandet en 35 g sjøsalt (Instant Ocean) pr. l ferskvann i 100 l stamper. Disse ble tilført oksygen via akvariepumper (RENA 301). Stampene ble plassert i kar med gjennomstrømning for å hindre temperaturendringer. Ved Lundamo og Eikesdal ble det

benyttet 34 ppt sjøvann, mens det i Eidfjord ble benyttet 29 ppt sjøvann i anlegget og 32 ppt sjøvann under transportstressforsøket. Etter 24 (laks/ørret) eller 72 (ørret) timer ble fisken håvet over i bedøvelse og blodprøver tatt som beskrevet ovenfor. Blodplasma ble analysert for plasmaklorid.

## 2.8 Analyser og registreringer

### Plasmaklorid

Konsentrasjonen av plasmaklorid ble målt ved hjelp av en Radiometer CMT 10 kloridtitrator med to paralleller fra hver prøve og konsentrasjonen bestemt til nærmeste hele millimol pr. liter (mM).

### Plasmanatrium

Konsentrasjonen av plasmanatrium ble målt ved hjelp av et Radiometer FLM 3 flammefotometer med to paralleller fra hver prøve og konsentrasjonen bestemt til nærmeste hele millimol pr. liter (mM).

### Plasma kortisol

Konsentrasjonen av kortisol i plasmaet ble analysert etter en RIA-metode av Simensen et al. (1978) med modifikasjoner for fisk som beskrevet i Olsen et al. (1992). Sensitiviteten på assayen var  $0,5 \text{ nmol l}^{-1}$ . Prøver under "detection limit" ble satt lik sensitiviteten til assayen. Intraassay var mindre enn 4,2 %, og interassay var 7,8 og 9,6 % ved henholdsvis 20 og  $404 \text{ nmol l}^{-1}$ . NSB (ikke-spesifikk binding) varierte fra 1, til 2,0 % av den totale aktivitet. Gjenvinningsforsøk på 4, 17, 34 og  $69 \text{ nmol l}^{-1}$  radiomerket kortisol tilsatt plasma gav henholdsvis 93, 96, 100 og 97 % gjenvinning.

### Plasma glukose og laktat

Blodplasma glukose og laktat konsentrasjon ble analysert ved hjelp av et glukose-oksydase-sett (no. 124 028 ) og et laktat analyse-sett (no. 139 084). Begge produsert av Boehringer Mannheim GmbH, Tyskland.

## 2.9 Statistisk behandling

Programmet SPSS (Ver. 6.0.1 software for Windows, IBM-PC) ble brukt for statistiske analyser av dataene. En Mann-Whitney U-test for ikke parametriske data ble benyttet for å finne forskjeller mellom gruppene. Datagruppene med  $p < 0.05$  ble betraktet som signifikante.

## 3 Resultater

### 3.1 Sjøvannstester

Sjøvannstestene ble pga. tekniske problemer utført i 29 ppt sjøvann i Eidfjord, mens en i Eikesdalen og på Lundamo benyttet 34 ppt sjøvann.

#### Eidfjord

Det var ingen endringer i den gjennomsnittlige plasmaklorid konsentrasjonen hos Eio og Bjoreio laks ved de ulike tidspunktene (**Tabell 1**). Sjøvannstestene av laks-Bjoreio den 15.05.95 viste plasmakloridverdier på  $133 \pm 7 \text{ mM}$ . Det døde ingen laks under disse testene.

Gjennomsnittlig størrelse for laks som var testet den 07.03 og 28.03 var  $22 \pm 3,0$ ,  $27,8 \pm 6,4$  gram og  $22,7 \pm 3,4$  og  $21,6 \pm 4,7$  gram for henholdsvis laks av stammene Bjoreio og Eio. Gjennomsnittlig størrelse for laks-Bjoreio som var testet den 15.05 var  $26,6 \pm 3,4$  gram.

**Tabell 2** viser den gjennomsnittlige plasmaklorid konsentrasjonen ( $\pm$  SD) før og etter en 72 timers sjøvannstest hos ørret av stammene Jondal og Sima oppstallet i 0 eller 3 ppt ferskvann. En signifikant nedgang i plasmaklorid ble vist den 19.04 sammenliknet med den 07.03 hos begge ørrestammene. Det var ingen forskjeller mellom fisk oppstallet på 0 ppt eller 3 ppt ferskvann ved noe tidspunkt. Sjøvannstestene av Jondalørret den 15.05 viste plasmakloridverdier på  $151 \pm 11 \text{ mM}$ . Det døde ingen ørret under disse testene.

Gjennomsnittlig størrelse for ørret som var testet den 07.03, 28.03 og 19.04 var  $27,2 \pm 8,0$ ,  $29,6 \pm 9,2$ ,  $43,7 \pm 14,1$  gram og  $22,9 \pm 8,4$ ,  $26,6 \pm 7,9$ ,  $30,8 \pm 6,4$  gram for henholdsvis ørret av stammene Sima og Jondal. Gjennomsnittlig størrelse for ørret-Jondal, som ble testet den 15.05 var  $27,0 \pm 3,3$  gram. For 1996 vil sjøvannstoleransetester ved 34 ppt benyttes.

#### Eikesdal

Laks av 1993 og 1994 årgang viste en signifikant nedgang i plasmaklorid verdiene fra og med den 21.04 sammenliknet med sjøvannstesten tatt den 17.03 (**Tabell 3**).

Den gjennomsnittlige plasmaklorid konsentrasjonen hos ørret (1993 årgang) var signifikant lavere den 21.04 ( $163 \pm 19 \text{ mM}$ ) sammenliknet med den 15.05 ( $182 \pm 38 \text{ mM}$ ) og 22.05 ( $180 \pm 9 \text{ mM}$ ) (**Tabell 3**).

Gjennomsnittlig størrelse for laks-93 testet den 17.03, 21.04, 15.05 og den 22.05 var  $61,2 \pm 19,1$ ,  $62,3 \pm 16,0$ ,  $90,2 \pm 27,9$  og  $73,5 \pm 13,6$  gram; gjennomsnittlig størrelse for laks-94 testet den 17.03, 21.04 og den 15.05 var  $46,9 \pm 7,3$ ,  $84,4 \pm 22,2$  og  $99,1 \pm 10,3$  gram; gjennomsnittlig størrelse for ørret-93 testet den 21.04, 15.05 og den 22.05 var  $64,7$ ,  $77,8 \pm 15,5$  og  $84,6 \pm 26,8$  gram. Den 17.03 døde det henholdsvis 9 og 4 laks av laks-93 og laks-94. Den

**Tabell 1.** Gjennomsnittlig plasmaklorid konsentrasjoner ( $\pm$  SD) før og etter en 24 timers sjøvannstest (29 ppt.) hos laks av stammene Bjoreio og Eio oppstallet i 0 eller 3 ppt ferskvann, Eidfjord.

	Bjoreio - 0 ‰	Bjoreio - 3 ‰	Eio - 0 ‰	Eio - 3 ‰
Sjøvann, 28.03.95	149 $\pm$ 8,6	149 $\pm$ 5,3	151 $\pm$ 5,8	149 $\pm$ 8,4
Sjøvann, 15.05.95	146 $\pm$ 3,6	147 $\pm$ 4,5	144 $\pm$ 7,5	144 $\pm$ 2,4
Sjøvann, 15.05.95	133 $\pm$ 7,0			

**Tabell 2.** Gjennomsnittlig plasmaklorid konsentrasjoner ( $\pm$  SD) etter en 24 timers sjøvannstest (29 ppt.) hos ørret av stammene Jondal og Sima oppstallet i 0 eller 3 ppt ferskvann, Eidfjord.

	Sima - 0 ‰	Sima - 3 ‰	Jondal - 0 ‰	Jondal - 3 ‰
Sjøvann, 07.03.95	168 $\pm$ 7,8	159 $\pm$ 7,7	160 $\pm$ 7,1	167 $\pm$ 7,6
Sjøvann, 28.03.95	160 $\pm$ 12,6	158 $\pm$ 8,6	155 $\pm$ 7,1	155 $\pm$ 9,7
Sjøvann, 19.04.95	144,2 $\pm$ 8,7	142 $\pm$ 7,6	152 $\pm$ 8,5	143 $\pm$ 7,2

**Tabell 3.** Gjennomsnittlig plasmaklorid konsentrasjoner ( $\pm$  SD) før og etter en 24 timers sjøvannstest (34 ppt.) av laks-93/94 og ørret-93, Eikesdal.

	Laks-1993	Laks-1994	Ørret-1993
Ferskvann, 17.03.95	133 $\pm$ 4	132 $\pm$ 6	-
Sjøvann, 17.03.95	206 $\pm$ 26	226 $\pm$ 15	All fisk døde
Sjøvann, 21.04.95	149 $\pm$ 7	140 $\pm$ 3	163 $\pm$ 19
Sjøvann, 15.05.95	125 $\pm$ 6	126 $\pm$ 7	182 $\pm$ 38
Sjøvann, 22.05.95	136 $\pm$ 4	-	180 $\pm$ 9

17.03 døde all ørret, den 21.04 døde 9 ørret, den 15.05 døde 25 ørret og den 22.05 døde 4 ørret.

#### Lundamo

**Tabell 4** viser gjennomsnittlig plasmaklorid konsentrasjon før og etter en 24 timers sjøvannstest hos laks. Det var en signifikant nedgang i gjennomsnittlig plasmaklorid konsentrasjon fra den 23.05 (138  $\pm$  6 mM) sammenliknet med sjøvannstesten tatt den 27.04 (151  $\pm$  4 mM). Ingen fisk døde her.

Gjennomsnittlig størrelse for laks testet den 23.03, 27.04 og den 23.05 var 42,1  $\pm$  7,0, 48,9  $\pm$  6,9 og 36,6  $\pm$  8,9 gram.

**Tabell 4.** Gjennomsnittlige plasmaklorid konsentrasjoner ( $\pm$  SD) før og etter en 24 timers sjøvannstest (34 ppt.) hos laks på Lundamo.

	Klor (mM)
Ferskvann, 23.03.96	142 $\pm$ 4,7
Sjøvann, 23.03.96	145 $\pm$ 5,2
Ferskvann, 27.04.96	142 $\pm$ 0,6
Sjøvann, 27.04.96	151 $\pm$ 4,1
Sjøvann, 23.05.96	138 $\pm$ 6,1

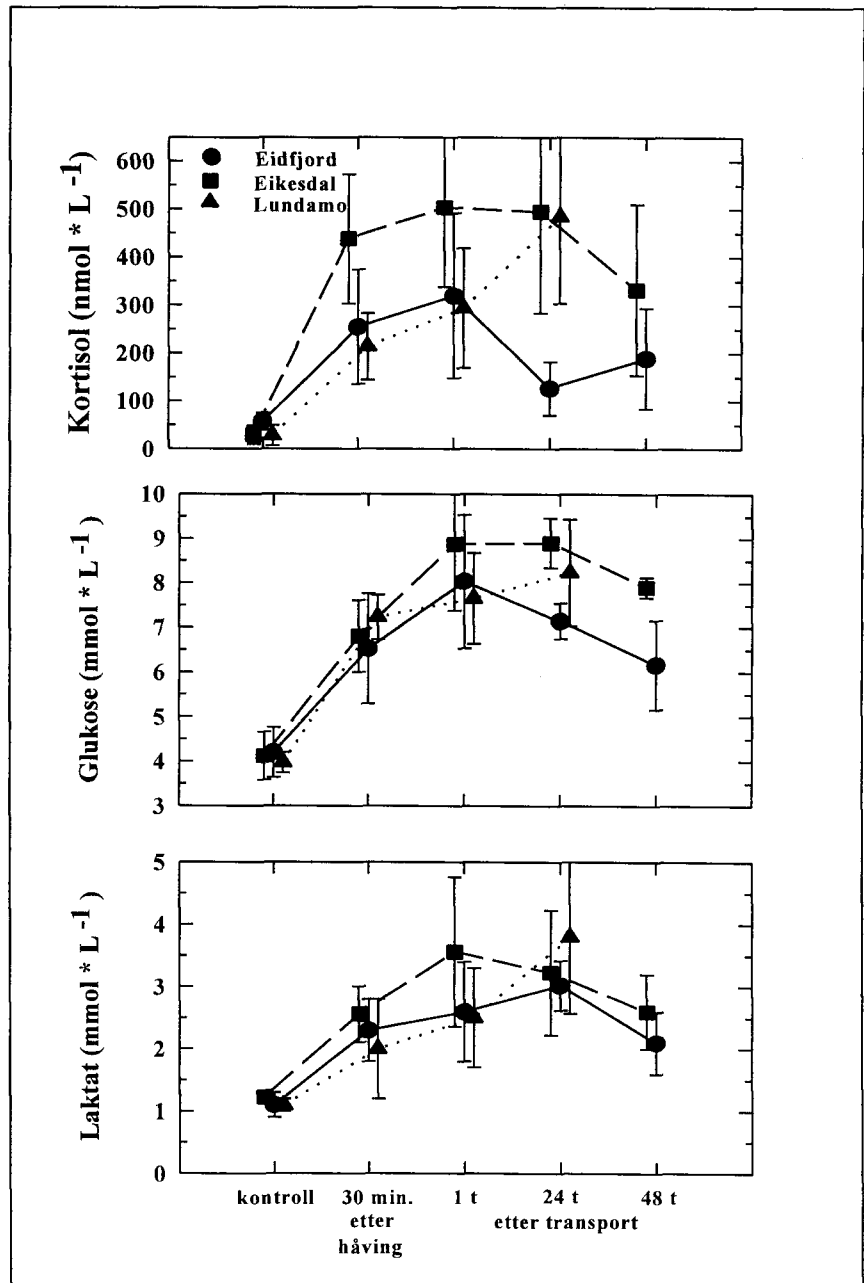
## 3.2 Transportstress

### Plasma kortisol, glukose og laktat hos laks

Ved transport Eikesdal - Eira (0,5 timer) var det en 15 gangers økning i plasmakortisol konsentrasjonen fra kontroll ( $29,2 \pm 19,5$  nM, normalt hvilenivå) til etter opplasting ( $438 \pm 134,5$  nM). Det var ingen signifikante endringer fra håving til 30 minutter etter transport ( $503,3 \pm 165,2$  nM). 48 timer etter transport ( $331,9 \pm 177,8$  nM) var det en signifikant nedgang i blodplasma kortisol i forhold til rett etter

transport, men dette nivået var fortsatt 11 ganger høyere enn kontrollen. Tilsvarende økning ble registret på strekningene Eidfjord - Mauranger (4,5 timer) og Lundamo - Surna (2,5 timer) med henholdsvis 6 og 10 gangers økning i plasma kortisol fra kontroll til etter opplasting. Disse verdiene forble signifikant høyere enn kontrollen resten av eksperimentet. Fisk fra eksperimentet i Eikesdal hadde en signifikant høyere plasmakortisol konsentrasjon ved tidspunktene 30 minutter etter håving, 1 og 24 timer etter transport sammenliknet med Eidfjord og Lundamo (**Figur 2**).

**Figur 2.** Gjennomsnittlige plasmakortisol, glukose og laktat konsentrasjoner hos laks transportert ved strekningene Eidfjord - Mauranger (4,5 timer) (●), Lundamo - Surna (2,5 timer) (▲) og Eikesdal - Eira (0,5 timer) (■).



Gjennomsnittlig blodplasma glukose konsentrasjon økte signifikant for alle transportgrupper etter håving. En topp ble nådd 1 time etter transport på  $8 \pm 1,5$  mM (Eidfjord),  $8,8 \pm 1,5$  mM (Eikesdal) og  $7,7 \pm 1,0$  mM (Lundamo) sammenliknet med kontroll;  $4,2 \pm 0,6$  mM (Eidfjord),  $4,1 \pm 0,5$  mM (Eikesdal) og  $4,0 \pm 0,2$  mM (Lundamo). Fisk fra eksperimentet i Eikesdal hadde en signifikant høyere gjennomsnittlig plasma glukose ved tidspunkt 24 og 48 timer etter transport sammenliknet med Eidfjord (Figur 2).

Gjennomsnittlig blodplasma laktat konsentrasjon økte signifikant for alle transportgrupper etter håving. En topp ble nådd 24 timer etter transport på  $3 \pm 0,4$  mM (Eidfjord),  $3,2 \pm 1,0$  mM (Eikesdal) og  $3,8 \pm 1,2$  mM (Lundamo) sammenliknet med kontroll;  $1,1 \pm 0,2$  mM (Eidfjord),  $1,2 \pm 0,1$  mM (Eikesdal) og  $1,1 \pm 0,1$  mM (Lundamo) (Figur 2).

#### Plasma kortisol hos ørret

Gjennomsnittlig blodplasma kortisol konsentrasjon hos ørret økte signifikant for alle transportgrupper etter håving. En topp på  $419 \pm 172$  nM (Eidfjord) og  $503 \pm 165$  nM (Eikesdal) ble nådd 1 time etter transport sammenliknet med kontroll,  $7 \pm 5$  nM (Eidfjord) og  $140 \pm 93$  nM (Eikesdal). Fisk fra eksperimentet i Eikesdal hadde en signifikant høyere gjennomsnittlige plasma kortisol ved tidspunkt kontroll, 30 minutter etter håving og 1 time etter transport (Figur 3).

#### Hematokritt hos laks og ørret

Hematokritt viste en tilsvarende utvikling som blodplasma kortisol. Gjennomsnittlig hematokritt nivå (%) hos laks økte signifikant etter håving. En topp ble nådd 1 timer etter transport på  $60 \pm 1,5$  % (Eidfjord),  $56 \pm 4,3$  % (Eikesdal) og  $47 \pm 2,1$  % (Lundamo) sammenliknet med kontroll;  $50 \pm$

$6,0$  % (Eidfjord),  $48 \pm 2,2$  % (Eikesdal) og  $40 \pm 3,0$  % (Lundamo). 24 timer etter transport var hematokritten for alle transportgrupper igjen returnert til et nivå lik kontrollen. I Eidfjordgruppen kunne en registrere en sekundær økning i hematokritt 48 timer etter transport ( $62 \pm 2,8$  %). Eikesdal og Eidfjord laksens hematokritt var signifikant høyere enn Lundamolaksen ved alle prøvetakningstidspunkt (Figur 4).

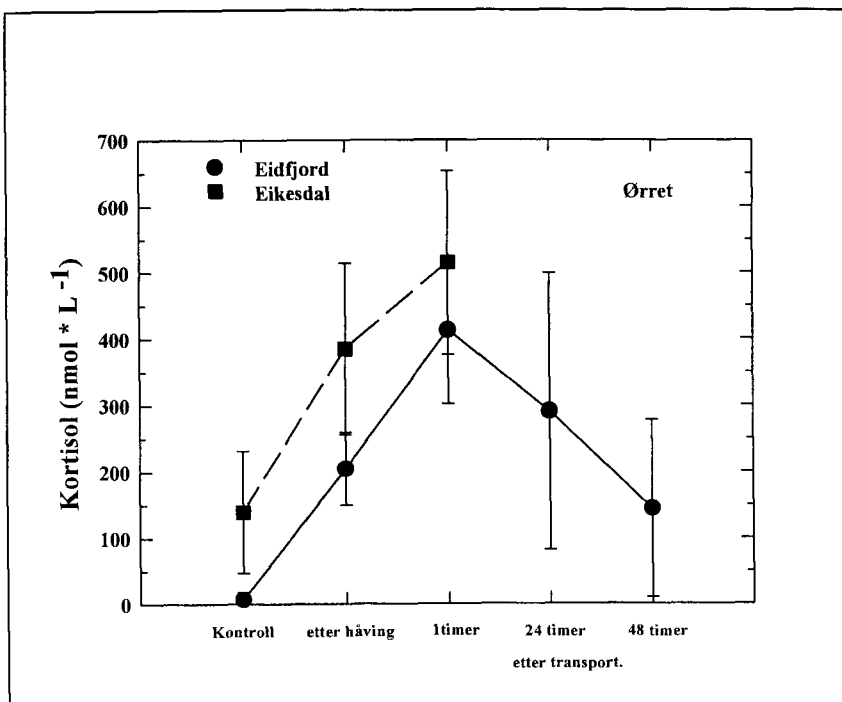
Det ble ikke registrert noen endringer i gjennomsnittlige hematokrittnivå hos ørret i noen av transportgruppene (Figur 5).

#### Blodplasma klorid hos laks og ørret - før og etter transport

Hos laks ble det registrert en signifikant nedgang i plasmaklorid i ferskvann i alle transportgrupper 24 og 48 timer etter transport på henholdsvis  $111,0 \pm 5,3$  mM og  $110,2 \pm 12,5$  mM (Eikesdal),  $119,0 \pm 9,0$  mM og  $118 \pm 3,1$  mM (Eidfjord) og  $117,0 \pm 8,6$  mM (Lundamo) sammenliknet med de respektive kontroller (Figur 5). Ingen signifikant nedgang ble observert hos ørret (Eikesdal) etter transport. Ørret fra Eidfjord viste en signifikant nedgang i plasmaklorid 1 og 24 timer etter transport (Figur 5).

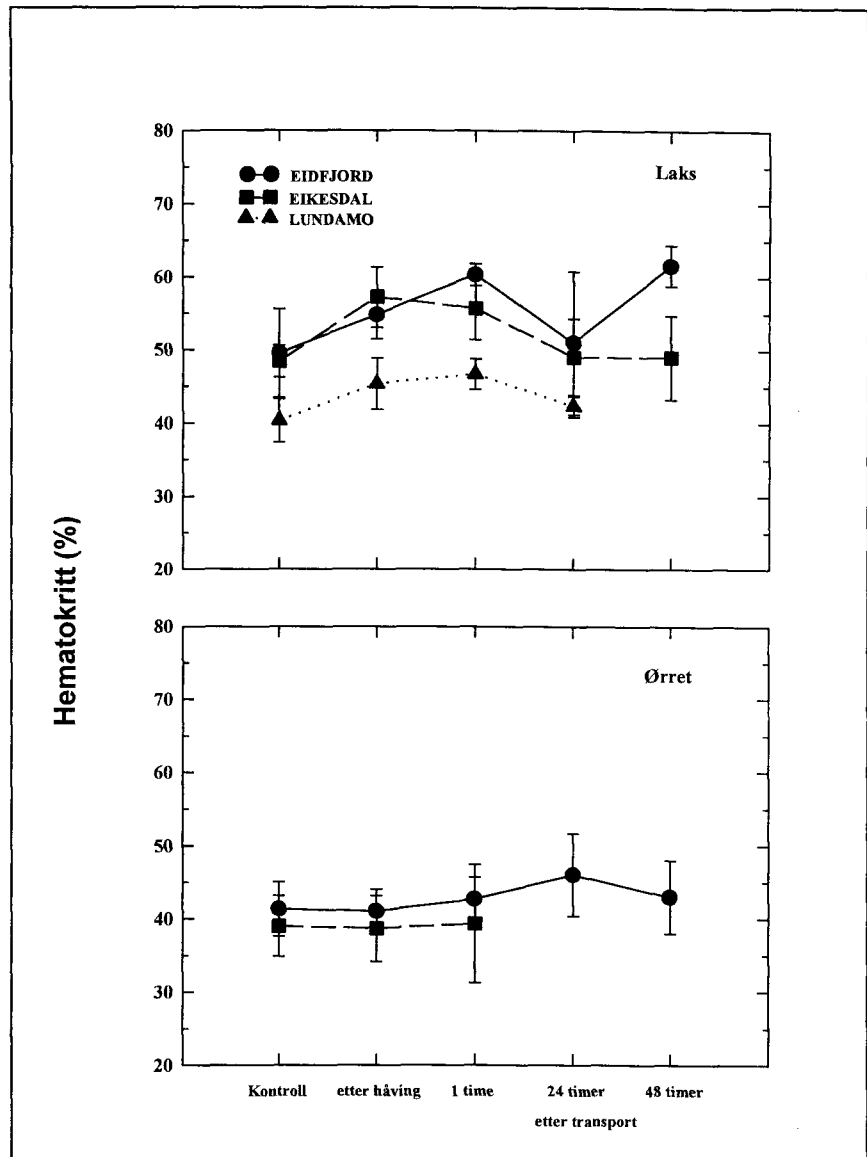
#### Sjøvannstest - før og etter transport

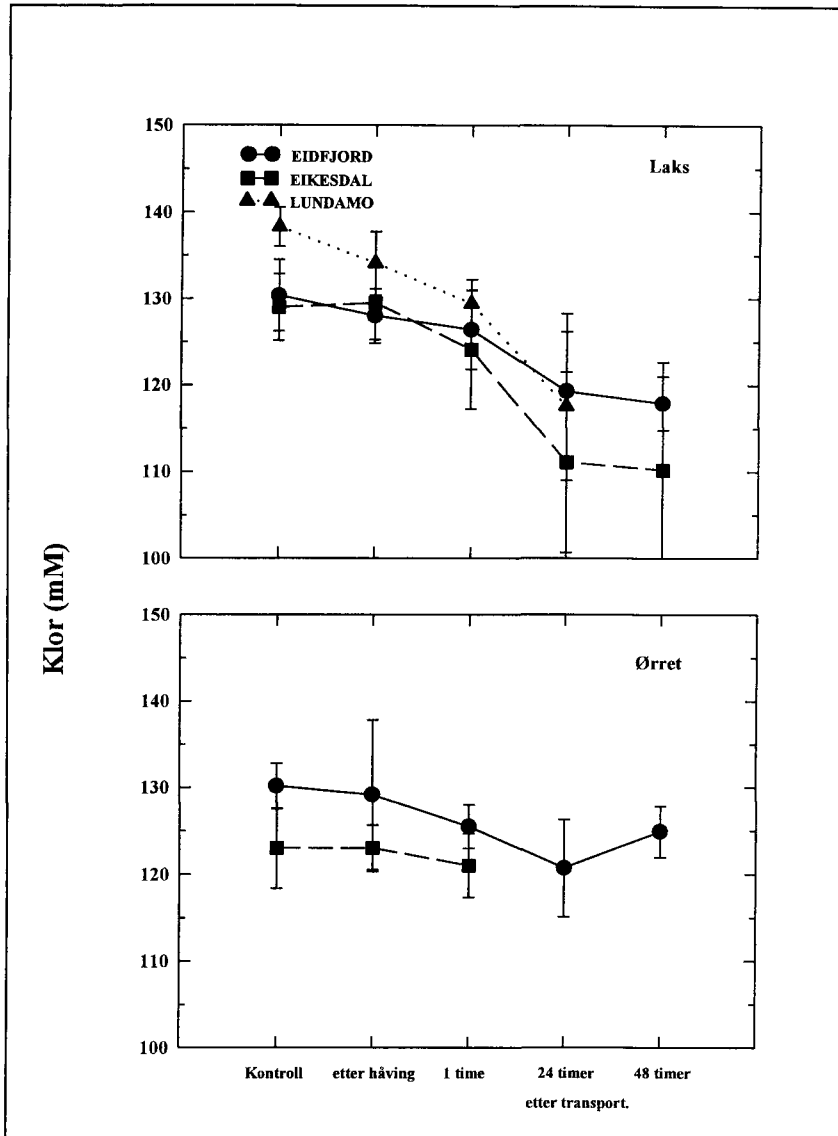
Resultatene fra sjøvannstestene viste en signifikant økning i plasmanatrium og klor etter transport. Verdiene etter transport var på henholdsvis  $176 \pm 12$  mM og  $151 \pm 11$  mM (Eidfjord, 32 ppt),  $211 \pm 49$  mM og  $181 \pm 42$  (Eikesdal) og  $176 \pm 11$  mM og  $151 \pm 8$  mM (Lundamo). Kontrollverdiene i sjøvann før transport var på henholdsvis  $155 \pm 9$  mM og  $133 \pm 7$  mM (Eidfjord, 32 ppt.),  $159 \pm 5$  mM og  $136 \pm 4$  mM (Eikesdal, 165  $\pm 6$  mM og  $138 \pm 6$  mM (Lundamo) for henholdsvis plasmanatrium og plasmaklorid.



Figur 3. Gjennomsnittlige plasmakortisol konsentrasjoner hos ørret transportert ved strekningene Eidfjord - Mauranger (4.5 timer) (●) og Eikesdal - Eira (0.5 timer) (■).

**Figur 4.** Gjennomsnittlige hemtokritt nivå (%) hos laks og ørret transportert ved strekningene Eidfjord - Mauranger (4.5 timer) (●), Lundamo - Suma (2.5 timer) (▲) og Eikesdal - Eira (0.5 timer) (■).





Figur 5. Gjennomsnittlige plasmakortisol konsentrasjoner i ferskvann hos laks og ørret transportert ved strekningene Eidfjord - Mauranger (4.5 timer) (●), Lundamo - Suma (2.5 timer) (▲) og Eikesdal - Eira (0.5 timer) (■).

## 4 Diskusjon

### 4.1 Sjøvannstester

En ønsket i delprosjekt 1 å undersøke kvaliteten på ørret- og laksesmolt som ble produsert ved Statkrafts anlegg i Eidfjord, Eikesdal og Lundamo og eventuelt komme med forslag til forbedringer i produksjonen. Da disse smoltanleggene produserer fisk til utsetting er det naturlig at en ønsker å produsere en ørret- og laksesmolt mest mulig lik villsmolten i de respektive vassdrag. Resultatene fra Eikesdalen i 1994 viste at ved ingen av prøvetidspunktene regulerte ørret- og laksesmolten tilfredsstillende etter sjøvannstesting. Det er kjent at smoltens størrelse har betydning for evne til sjøvannstoleranse (Parry 1958; Hoar 1988). Både laksen og ørreten var over denne minste-størrelsen slik at dette ikke skulle være den begrensende faktoren. Fisken hadde delvis utviklet smoltdrakt, men viste ikke noen grad av sjøvannstoleranse. Visuelt smoltkarakter (f.eks. sølvfarging) er ikke tilfredsstillende kriterier for

dokumentasjon av smoltifisering. Visuelt smolt er ikke nødvendigvis en fysiologisk funksjonell smolt. Mange forandringer av visuelt karakter kan forklares som variasjoner av fiskens vekstmønster. En slik størrelsesrelatert sølvfarging er blitt rapportert hos Atlantisk laks og sølvlaks (*Oncorhynchus kisutch*) (Johnston & Eales 1970; McMahon & Hartman 1988).

Lysstyringen ved Eikesdalsanlegget var lite tilfredsstillende for perioden 1993/94 (se Finstad & Iversen 1995) slik at resultatene vi fikk i denne undersøkelsen kan tilskrives dette. Det er foretatt merkeforsøk på fisk fra Eikesdalen tidligere og gjenfangstdataene derfra har vært lave (Jakobsen et al. 1992). Dette kan muligens settes i sammenheng med at den utsatte fisken fra dette vassdraget ikke hadde den nødvendige osmoregulatoriske kapasiteten tilstede for å mestre overgangen fra ferskvann til sjøvann.

I perioden 1994/95 ble lysstyringen endret med dertil forbedring av smoltkvaliteten på den utsatte fisken. Laksen hadde en meget god osmoreguleringsevne før utsetting. For ørreten var resultatene noe bedre enn for 1994. En

mulig årsak til at endel av ørreten ikke hadde tilfredsstillende smoltifisering kan være at god vekst (fisken i 1995 hadde høy kondisjonsfaktor) med dertil bedre forhold for kjønnsmodning hemmet sjøvannstoleransen hos ørreten (Dellefors & Faremo 1988).

Pågående merkeforsøk gjør det mulig å kontrollere vandring, vekst og overlevelse med kvaliteten på den produserte smolten før og etter lysstyring.

Tekniske problemer gjorde at sjøvannstoleransetestene i Eidfjord ble kjørt på 29 ppt sammenlignet med Eikesdalen og Lundamo der saliniteten var 34 ppt. For 1996 vil det bli benyttet 34 ppt. sjøvann under disse testene. Det vil også foretas en nøyere oppfølging av lysstyringen her. Sjøvannstoleransetestene ved 29 og 32 ppt. viste at laksesmolten osmoregulerte tilfredsstillende ved de ulike prøvetakningstidspunktene. For laks av Bjoreiostammen hadde fisken en økende smoltifiseringsutvikling framover mot utsettingstidspunktet og sjøørreten hadde en signifikant nedgang i plasmakloridkonsentrasjonen fram mot utsetting. Både for laks og sjøørret fant vi ingen signifikante forskjeller i smoltifiseringsutvikling mellom gruppene satt på 0 og 3 ppt ferskvann.

Smolten testet på Lundamoanlegget viste, som for 1994, en klassisk smoltutvikling med dertil økende sjøvannstoleranse fram mot utsetting.

## 4.2 Transportstress

Håving og transport av anadrome laksearter synes å forårsake alvorlige fysiologisk stressresponser (Specker & Schreck 1980; Barton et al. 1980, Barton & Iwama 1991). Primære og sekundære fysiologiske stressresponser som skjer under påvirkning av ulike stressorer medfører bl.a en økning i plasmakortisol konsentrasjonen som ser ut til igjen å initiere en kaskade av hendelser som medfører dårligere sykdomsmotstand (Maule *et al.* 1989), sjøvannstoleranse (Redding & Schreck 1983) og gjenfangst (Specker & Schreck 1980). Økningen i plasma kortisol nivået gir oss mulighet til skille mellom «graden» av stress av de ulike behandlingene (stressorer) (Barton & Iwama 1991).

I dette forsøket ser man at håving fra oppbevaringskar til transporttank medfører en kraftig økning i plasma kortisol uten en videre økning etter transport. Disse resultatene samsvarer med andre undersøkelser hvor det ble vist at håving og behandling før transport var de mest traumatiske hendelsene for fisk, mens transporten i seg selv kun var en moderat stressor (Specker & Schreck 1980; Robertson *et al.* 1987; Robertson *et al.* 1988).

Selv 48 timer etter transport hadde fiskens plasmakortisol nivå ikke returnert til hvilenivå. Hos kongelaks (*Oncorhynchus tshawytscha*) parr fant man at plasma kortisol nådde en topp etter 3,5 timer etter håving for deretter å returnere til normalverdier ca. 12 timer etter transport

(Robertson *et al.* 1987). Andre forsøk har vist lengere eller kortere «recovery»-tid (Carmichael 1984).

I tillegg til økningen i plasmakortisol konsentrasjonen skjedde det store endringer i osmoregulatorisk evne etter transport. I ferskvann gikk plasmaklorid verdiene ned, og fisken mistet sin evne til å osmoregulere i sjøvann. Under alvorlig stress har man tidligere vist at fisk får osmoregulatoriske problemer i både fersk-(Eddy 1981) og sjøvann (Eddy 1981; Redding & Schreck 1983).

For gi laksen bedre sjanse til å klare seg i det «fri» og forbedre gjenfangsten fra må en gjennomføre tiltak for å redusere effekten av stressorene i forbindelse med utsettinger av fisk. Et mulig tiltak er å øke «recovery»-fasen på over 48 timer før utsetting av fisk. En kan også redusere effekten av håving og transport ved bruk en kombinasjon av metomidat (bedøvelse) (Robertson *et al.* 1988; Ross *et al.* 1993), salinitet (Nikinimaa *et al.* 1983) og forlenget «recovery»-tid. Det må imidlertid gjøres forsøk før en kan si hvilken/hvilke metoder som gir best mulig reduksjon av stress. Disse forsøkene har blitt foretatt våren 1996, og vi vil ut fra disse resultatene søke å finne fram til en transportprosedyre som medfører redusert stress og gir bedre gjenfangstresultater.



## 5 Litteratur

- Barton, B.A., Peter, R.E. & Paulencu, C.R. 1980. Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri*, at rest, and subjected to handling, confinement, transport, and stocking. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 805-811.
- Barton, B.A. & Iwama, G.K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on response and effects of corticosteroids. - *Ann. Rev. Fish Dis.*: 3-26.
- Blackburn, J. & Clarke, W.C. 1987. Revised procedure for the 24 hour seawater challenge test to measure seawater adaptability of juvenile Salmonides. - *Can. Tech. Rep. Fish. and Aqua. Sci.*, 1515.
- Brett, J.R. 1958. Implications and assessments of environmental stress. - S. 69-83 in Larkin, P.A., ed. *Investigation of Fish-Power Problems*.
- Carmichael, G.J., 1984. Long distance truck transport of intensively reared largemouth bass. - *Prog. Fish. Cult.* 46: 111-115.
- Dellefors, C. & Faremo, U. 1988. Early sexual maturation in males of wild sea trout, *Salmo trutta* L., inhibits smoltification. - *J. Fish. Biol.* 33: 741-749.
- Eddy, F.B., 1981. Effects of stress on osmotic and ionic regulation in fish. - S. 77-102 in Pickering, A.D., ed. *Stress and Fish*. Academic Press, New York.
- Finstad, B. & Iversen, M. 1995. Testing av smoltkvaliteten hos laks og sjøørret på smoltproduksjonsanleggene i Eidfjord, Eiksdalen og Lundamo. - NINA Oppdragsmelding 341: 1-21.
- Hoar, W.S., 1988. The physiology of smolting salmonids. - 275-343 i Hoar, W.S & Randall, D.J., eds. *Fish physiology: The physiology of developing fish. Viviparity and posthatching juveniles*, vol. XIB. Academic Press, New York.
- Jakobsen, H.J, Jensen, A.J., Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Saksgård, L. 1992. Laks og sjøaure i Auravassdraget 1987-1990. - NINA Forskningsrapport 027: 1-35.
- Johnston, C.E. & Eales, J.G. 1970. Influence of body size on silvering of Atlantic salmon (*Salmo salar*) during parr-smolt transformation. - *J. Fish. Res. Board Canada*, 24: 955-964.
- Maule, A.G., Tripp, R.A., Kaattari, S.L. & Schreck, C.B., 1989. Stress alters immune function and disease resistance in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). - *J. Endocrinol.*, 120: 135-142.
- McMahon, T.E. & Hartman, G.F., 1988. Variations in the degree of silvering of wild coho salmon *Oncorhynchus kisutch*, smolts migration seaward from Carnation Creek, British Columbia. - *J. Fish. Biol.*, 32: 825-833.
- Nikinmaa, M., Soivio, A., Nakari, T. & Lindgren, S. 1983. Hauling stress in brown trout (*Salmo trutta*): physiological responses to transport in fresh water or salt water, and recovery in natural brackish water. - *Aquaculture* 34: 93-99.
- Olsen, Y.A., Falk, K. & Reite, O.B. 1992. Cortisol and lactate levels in Atlantic salmon *Salmo salar* developing infectious anaemia (ISA). - *Dis. Aquat. Org.* 14: 99-104.
- Parry, G. 1958. Size and osmoregulation in salmonid fishes. - *Nature (Lond.)*, 181: 1218-1219.
- Redding, J.M. & Schreck, C.B., 1983. Influence of ambient salinity in osmoregulation and cortisol in yearling coho salmon during stress. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 112: 800-807.
- Robertson, L., Thomas, P., Arnold, C.R. & Trant, J. M. 1987. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum to handling, transport, rearing density, and a disease outbreak. - *The Prog. Fish-Cult.* 1 (49): 12.
- Robertson, L., Thomas, P. & Arnold, C.R., 1988. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to several transportation procedures. - *Aquaculture* 68: 115-130.
- Ross, R.M., Backman, T.W.H. & Bennett, R.M. 1993. Evaluation of anesthetic metomidate for handling and transport of juvenile American shad. - *The Prog. Fish-Cult.* 55: 236-243.
- Seyle, H. 1936. A syndrome produced by diverse noxious agents. - *Nature, Lond.* 138, 32.
- Simensen, E., Olson, L.D., Vanjonak, W.J., Johnson, H.D. & Ryan, M.P. 1978. Determination of corticosterone in plasma of tyrkeys: using radioimmunoassay. - *Poultry Sci.* 57: 1701-1704.
- Specker, J.L. & Schreck, C.B. 1980. Stress responses to transportation and fitness for marine survival in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 765-769.

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0760-5

455

**NINA  
OPPDRAGS-  
MELDING**

NINA Hovedkontor  
Tungasletta 2  
7005 TRONDHEIM  
Telefon: 73 58 05 00  
Telefax: 73 91 54 33

**NINA**  
**Norsk institutt**  
**for naturforskning**