

607

# OPPDRAKSMELDING

Produksjon av sjørretsmolt:  
fysiologi, vandring, vekst  
og overlevelse

Ola Ugedal  
Bengt Finstad



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

# Produksjon av sjøørretsmolt: fysiologi, vandring, vekst og overlevelse

Ola Ugedal  
Bengt Finstad

## 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

Dette 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 befaringsrapporter, 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.

Ugedal, O. & Finstad, B. 1999. Produksjon av sjøørretsmolt: fysiologi, vandring, vekst og overlevelse. -NINA Oppdragsmelding 607: 1-21.

Trondheim, september 1999

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-1064-9

Forvaltningsområde:  
Bærekraftig høsting, fisk  
Sustainable harvest, fish

Rettighetshaver ©:  
Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning  
NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:  
Tor F. Næsje  
NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:  
Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:  
NINA•NIKU  
Tungasletta 2  
7485 Trondheim  
Tel: 73 80 14 00  
Fax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13308 Smolt - sjøørret

Ansvarlig signatur:

*Tor F. Næsje*

Oppdragsgiver:

Energiforsyningsens Fellesorganisasjon (EnFO)

## Referat

Ugedal, O. & Finstad, B. 1999. Produksjon av sjøørretsmolt: fysiologi, vandring, vekst og overlevelse. -NINA Oppdragsmelding 607: 1-21.

Sjøvannstoleranse ble undersøkt hos toårig sjøørretsmolt ved Settefiskanlegget i Talvik gjennom smoltifiseringsperioden våren 1997 og 1998. Basert på plasmakloridverdier etter tre døgn sjøvannstest ga verken saltføring eller akklimering i brakkevann bedret sjøvannstoleranse sammenlignet med standard produksjon, men ved utsetting hadde brakkevannsakklimering fisk forhøyet aktivitet av saltreguleringsenzymet gjelle Na-K-ATPase. Både i 1997 og 1998 var sjøvannstoleransen relativt dårlig utviklet ved utsetting.

Fiskens vandringsevne ble evaluert ved utsetting ovenfor fiskefella i Halselva. Utsettingene i 1997 ga en utvandringandel på i overkant av 40 % for alle tre forsøksgruppene. Verken saltføring eller brakkevannsakklimering påvirket fiskens vandringsevne. I 1998 var utvandringandelen vesentlig lavere hos en gruppe fisk som var målt og veid med jevne mellomrom det siste året før utsetting (13 %) enn hos fisk fra samme produksjonsgruppe som var blitt oppdrettet på standardbetingelser (36 %). Utvandrende utsatt ørret var i gjennomsnitt større enn fisk som ikke vandret. Det var ingen vesentlige forskjeller i vekst mellom vandrende og ikke-vandrende fisk det siste året før utsetting, slik at størrelsesforskjellen mellom vandrende og ikke-vandrende fisk hovedsakelig var blitt etablert allerede i fiskens første leveår.

Utsettinger nedenfor fiskefella ga høyere gjennfangster i 1997 (15-18 %) enn i 1998 (5-9 %). Verken saltføring eller brakkevannsakklimering ga bedret gjennfangst av utsatt fisk sammenliknet med standard oppdrettsproduksjon. Utsatt ørret hadde et kortere opphold nedenfor fella og en vesentlig lavere tilvekst enn vill sjøørretsmolt.

Lakseluspåslag på oppvandrende sjøørret ble brukt som indikator på sjøopphold. Andelen utsatt ørret infisert med lakselus (24-44 %) var vesentlig lavere enn hos vill sjøørretsmolt (75-77 %). Luseinfisert utsatt fisk hadde et lengre opphold nedenfor fella og større vektøkning enn fisk uten lakselusinfeksjon. Hos luseinfisert utsatt fisk var det en positiv sammenheng mellom lengden på oppholdet nedenfor fella og fiskens vektøkning, mens det hos uinfisert utsatt fisk ikke var noen slik sammenheng. Dette indikerer at bare en del av den utsatte fisken vandret ut og beitete i sjøvann.

Disse resultatene indikerer sammen med resultatene fra tidligere forsøk med saltføring at produksjonsforbedrende tiltak den siste tiden før utsetting av sjøørretsmolt bare gir marginale forbedringer i smoltens kvalitet. Selv om både saltføring og brakkevannsakklimering kan gi en noe forbedret osmoreguleringsevne har dette liten betydning for prestasjonene til fisken etter utsetting. Hovedproblemet med oppdrett av sjøørretsmolt synes å være knyttet til fiskens vandringsevne. Det største problemet med å utvikle en mer vandringsevillig ørretsmolt er at vi ikke kjenner mekanismene

bak fiskens valg av livsstrategi (vandrende vs. stasjonær). Vi vet ikke i hvilken grad variasjoner i vandringsevillighet innen og mellom bestander er knyttet til genetiske eller miljømessige forhold. Vi vet heller ikke hvilke miljøfaktorer som er kritiske med tanke på utvikling av anadrom atferd hos ørret. Slik kunnskap er vesentlig for å bedre produksjonsmetodene for sjøørretsmolt.

Emneord: Sjøørret - saltføring - brakkevannsakklimering - sjøvannstoleranse - vandring.

Ola Ugedal & Bengt Finstad, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

## Abstract

Ugedal, O. & Finstad, B. 1999. Smoltproduction of sea trout: physiology, migration, growth and survival - NINA Oppdragsmelding 607: 1-21.

Seawater tolerance were studied in hatchery-reared two-year old sea trout (*Salmo trutta* L.) smolts during the smoltification period in 1997 and 1998. Based on plasmachloride after seawater challenge (72h, 34 ‰) neither use of saltfeed nor acclimation in brackish water gave improved seawater tolerance compared to ordinary production routines. At release, however, fish that had been acclimated in brackish water showed an increase in gill Na-K-ATPase activity. Both years the sea water tolerance of hatchery trout at release were rather poorly developed.

Migratory behaviour was assessed by releasing fish above the fish-trap in Halselva. In 1997, about 40 % of the fish from all three experimental groups were caught migrating downstream in the year of release. Neither feeding with saltfeed nor acclimation in brackish water did influence migratory behaviour. In 1998, fish that had been measured and weighed frequently during the year before release, showed a markedly lower migration tendency (13 %) compared to fish on standard production (36 %). Mean size of hatchery trout that migrated downstream were larger than of trout that did not migrate after release. The year before release, growth rates did not differ between migrating and non-migrating fish. Hence, the size differences between these two groups of fish were mainly a result of growth differences during the first year.

Releases of fish below the fish-trap produced higher recaptures of fish ascending Halselva in 1997 (15-18 %) than in 1998 (5-9 %). Neither the use of saltfeed nor acclimation in brackish water gave higher recaptures compared to standard production of smolts. Hatchery trout showed a markedly lower growth and had a shorter sea sojourn compared to wild trout smolts.

Infection with salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* K.) on ascending fish were used as an indicator of sea migratory behaviour. The proportion of ascending hatchery trout infected with salmon lice (24-44 %) were markedly lower than that of wild trout smolts (75-77 %). Infected hatchery trout showed a larger weight increase and had a longer sea sojourn compared to non-infected hatchery trout. Number of days between release and ascent of the fish trap were positively correlated to fish weight increase in infected hatchery trout, whereas non-infected fish showed no such relation. These results indicate that only a proportion of the hatchery trout feed in seawater after release.

The results from this study together with earlier studies with saltfeed indicates that measures to improve smolt quality in the period prior to release only results in a marginally better smolt quality. Even though both saltfeed and acclimation in

brackish water can give a somewhat higher hypoosmoregulatory capacity in hatchery reared trout smolts, the performance after release appear not to be improved. The main problem with hatchery production of sea trout smolts appears to be a rather low migration tendency. At present we do not know the mechanisms that determine if an individual trout will be stationary or migrating. We do not know how variations in migration tendency within and between populations are connected to genetical or environmental factors. Neither do we know which environmental cues that promotes migration in brown trout. Such knowledge appear essential to improve production methods for sea trout smolts.

Keywords: Sea trout - salt feed - brackish water acclimation - seawater tolerance - migratory behaviour.

Ola Ugedal & Bengt Finstad, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7485 Trondheim, Norway



## Forord

I Norge settes det årlig ut anleggsprodusert smolt av sjøørret for å kompensere for redusert produksjon som følge av vassdragsreguleringer. Resultatet av utsettingene er varierende, noe som skyldes at smoltkvaliteten ikke er god nok. En stor andel av fiskene blir ferskvannsstasjonær istedenfor å smoltifisere og bli sjøørret.

Denne rapporten tar for seg smoltproduksjonsforsøk med sjøørret utført ved settefiskanlegget i Talvik i 1997 og 1998. Vi vil takke Energiforsyningsens Fellesorganisasjon (EnFO) som har bidratt med finansiering av dette prosjektet. De ansatte ved settefiskanlegget og ved NINAs fiskefelle i Talvik og Frank Lund ved Høgskolen i Finnmark takkes for assistanse under gjennomføringen av dette prosjektet.

Trondheim, september, 1999

Bengt Finstad  
prosjektleder

## Innhold

Referat.....	3
Abstract.....	4
Forord.....	5
1 Innledning.....	6
2 Materiale og metoder.....	7
3 Resultater.....	8
3.1 Sjøvannstoleranse .....	8
3.2 Nedvandring.....	9
3.3 Utsettinger nedenfor fella .....	13
4 Diskusjon.....	17
4.1 Sjøvannstoleranse .....	17
4.2 Nedvandring.....	17
4.3 Prestasjoner i sjø .....	19
4.4 Konklusjon.....	20
5 Litteratur.....	20

# 1 Innledning

Utsetting av anleggsprodusert smolt av laksefisk er et vanlig kompensasjonstiltak ved vassdragsreguleringer. Disse utsettingene gir varierende resultat, og spesielt synes utsettinger av ørretsmolt å være problematisk. Foruten god sjøvannstoleranse, må en smolt som settes ut ha en adekvat vandrings- og næringsatferd. Våre undersøkelser ved Settefiskanlegget i Talvik (Ugedal & Finstad 1996, Finstad & Ugedal 1998, Ugedal et al. 1998) tyder på at en står ovenfor to hovedproblemer ved oppdrett av sjørret for utsetting: i) en stor del av fisken vandrer ikke ut (vanligvis mer enn halvparten) når den blir satt ut i ferskvann, og ii) gjenfangsten etter utsetting i sjø er lav og bare et fåtall fisk vokser første året etter utsetting i sjø.

I 1995 gjennomførte vi et forsøk med saltfôring før utsetting for å undersøke om en stimulering av osmoreguleringsevnen ga positive effekter ved utsetting av oppdrettet sjørret. Bruk av saltfôr ga imidlertid ingen vesentlig forbedring av osmoreguleringsevnen til liten toårig sjørretsmolt ved Settefiskanlegget i Talvik (Ugedal & Finstad 1996), men det viste seg at gruppen gitt saltfôr holdt seg lengre innenfor smoltvinduet noe som tyder på at en kan sette ut ørret innenfor en bredere periode enn tidligere antatt. Gjenfangsten av saltfôret fisk var ikke høyere enn for fisk på vanlig fôr, mens veksten under sjøoppholdet var like lav for begge gruppene. Ut fra disse resultatene kan det synes som om saltfôring ikke bedrer prestasjonene til den utsatte fisken under sjøoppholdet. Resultater fra ett år er imidlertid for lite til at sikre konklusjoner kan trekkes og det var derfor ønskelig å gjennomføre et nytt forsøk for å sammenligne saltfôret og ikke saltfôret fisk. En alternativ måte å stimulere osmoreguleringsevnen til fisk er brakkvannsakklimering før utsetting. Ved Settefiskanlegget i Talvik har brakkvannsakklimering (15 promille i 12 dager) av sjørret vist seg å gi god osmoreguleringsevne hos fisken etter at den settes over på sjøvann (Bjørn 1996). Disse resultatene kan tyde på at brakkvannsakklimering kan være mer effektivt enn saltfôr for å stimulere evnen til osmoregulering. En test av dette er av interesse og derfor gjennomførte vi i 1997 et sammenliknende forsøk hvor vi testet ut effekten av brakkvannsakklimering i forhold til saltfôr og vanlig fôr. I 1998 gjennomførte vi et forenklet forsøk hvor vi testet brakkvannsakklimering i forhold til vanlige oppdrettsprosedyrer.

Undersøkelser ved Settefiskanlegget i Talvik har vist at bare 39 % av ørreten som ble utsatt ovenfor fiskefella vandret ut (Ugedal & Finstad 1996). Dette er lavt sammenliknet lakse-smolt hvor 70-80 % utvandring ble observert (Strand & Finstad 1995; Finstad & Nilsen 1998, 1999). Utvandrende oppdrettet sjørretsmolt viste god evne til å osmoregulere i sjøvann. Det samme gjorde vill sjørretsmolt. Dette indikerer at vandringsvillighet og god osmoreguleringsevne er koblet hos sjørret (Ugedal et al. 1998). Våre resultater indikerer at god osmoreguleringsevne synes å være en nødvendig, men ikke tilstrekkelig forutsetning for at utvandring skal finne sted. Videre viste det seg at sjøvannstoleransen hos 2-årig ørret var sterkt størrelsesavhengig, og at bare et fåtall fisk mindre enn

18 cm (ca 60 g) viste god osmoreguleringsevne i sjøvann. Også blant større fisk var andelen uten godt utviklet osmoreguleringsevne relativt stor. I utvandringsforsøket fant vi den samme størrelsesavhengigheten som ved undersøkelsen av osmoreguleringsevnen.

Resultatene fra Talvik indikerer derfor at størrelsen av smolten er av avgjørende betydning både for utvikling av sjøvannstoleranse og for utvikling av vandringslyst hos oppdrettet sjørret. Det kan derfor tenkes at andelen vandrende fisk kan økes ved å produsere en større smolt, for eksempel ved å forlenge vekstsesongen i anlegget ved bruk av oppvarmet vann. Økt vekst kan imidlertid medføre at andelen av tidlig kjønnsmodne hanner øker (Jonsson 1989). Siden kjønnsmodning på parrstadiet synes å inhibere sjøvandringen hos sjørret (Dellefors & Faremo 1988) er gevinsten ved en slik produksjonsstrategi usikker og bør utredes. Den vanlige produksjonsrutinen for smoltproduksjon ved Settefiskanlegget i Talvik har vært å legge inn rogn på oppvarmet vann om høsten og holde denne temperaturen til sommeren. I tillegg har fisken fått en periode med oppvarmet vann etterfølgende høst for så å holdes på naturlig vanntemperatur inntil utsetting. Ved Settefiskanlegget i Talvik har 1996-årgangen av sjørret (toårig smolt i 1998) hatt en noe lengre periode på varmtvann enn tidligere årganger. Dette førte til at denne fisken tidlig i produksjonen var vesentlig større enn tidligere årganger på samme tidspunkt i livssyklusen. På grunn av at vekstforholdene i Halsvassdraget i 1997 var relativt dårlige (sen vår og kort vekstsesong) ble imidlertid fisken ved utsetting ikke vesentlig større enn 1995-årgangen. Undersøkelser av denne årgangen med hensyn på utvikling av sjøvannstoleranse og vandringslyst kan derfor bare i noen grad gi indikasjoner på om produksjon av en større smolt vil øke andelen vandrende fisk.

De tidligere undersøkelsene i Talvik har også vist at bare et fåtall av de utsatte fiskene hadde vokst i løpet av det første sjøoppholdet etter utsetting. En kan derfor stille spørsmål ved om den utsatte fisken oppfører seg som en vill fisk etter utsetting nedenfor fiskefella. Det er for eksempel mulig at utsatt fisk blir stående i den korte elvestrekningen nedenfor fella i Halselva eller oppholder seg i brakkvannsområder i den umiddelbare nærhet av elvemunningen. Vi kan imidlertid gi et anslag for andelen fisk som har vært i sjøvann da det i fiskefella drives rutinemessig registrering av om fisken er infisert av lakselus. Infeksjon av lakselus er en indikasjon på at fisk har oppholdt seg i sjøvann da lakselusa ikke infiserer fisk i vann med saltinnhold lavere enn omtrent 16 promille (Berger 1970). I dette prosjektet har vi derfor også inkludert en analyse av om infeksjon med lakselus kan brukes som en indikator på vandringsatferd hos oppdrettet ørretsmolt.

For å oppsummere så har vi i dette prosjektet forsøkt å belyse følgende problemstillinger:

- Er det noen forskjeller i sjøvannstoleranse mellom brakkvannsakklimeret fisk, saltfôret fisk og fisk på vanlige produksjonsbetingelser?

- Påvirker saltføring og brakkvannsakklimering fiskens vekst og overlevelse ved utsetting i vergangen til sjø?
- Gir produksjon av en større smolt bedret vandringsvillighet, vekst og overlevelse?
- Kan infeksjon med lakselus brukes som en indikator på vandringsatferd i sjøen hos oppdrettet ørretsmolt?
- Er det mulig å finne sammenhenger mellom fiskens vekst/kondisjon ved ulike tidspunkt på presmoltstadiet og dens vandringsvillighet?

## 2 Materiale og metoder

Forsøkene ble utført ved settefiskanlegget i Talvik, som ligger ved Halselva i Finnmark. Forsøkene ble utført i 1997 og 1998 med oppfølging av to toårsproduksjoner av sjøørret med rogn lagt inn i 1994 (1995-årgang, toårssmolt i 1997) og 1995 (1996-årgang, toårssmolt i 1998). Fiskene var første generasjons avkom etter vill sjøørret av Halselvstammen. Fiskene hadde gått på oppvarmet vann under startføningsperioden og utover høsten første året, ellers var de blitt holdt på naturlig vanntemperatur. Anlegget bruker følgende lysregime: om vinteren kjøres det med 8 timer belysning, i løpet av en kort periode på våren forandres dette gradvis til 24 timer belysning, i løpet av høsten går en igjen tilbake til 8 timer belysning. Overgangen til kontinuerlig lys om våren skjedde i løpet av uke 17 i 1997 og i 1998.

### 1997

Fisken til forsøket i 1997 (omtrent 4 000) gikk fordelt i to store oppdrettskar fram til uke 18-19, hvor fisken som inngikk i forsøket ble målt, veid og merket med Carlinmerker. I forbindelse med merkinga ble de tre forsøksgruppene overført til hvert sitt oppdrettskar. Fra og med 19 mai (uke 21) og fram til utsetting ble en gruppe føret med vanlig fôr, en gruppe ble gitt saltfôr som inneholdt en salttilsetning på 8 % (Felleskjøpet), mens en gruppe gradvis (i løpet av to uker) ble overført til 15 promille brakkvann. Denne brakkvannsgruppa ble føret med vanlig fôr uten salttilsetning.

Fiskens sjøvannstoleranse ble undersøkt før forsøksstart (uke 17) og videre fire ganger utover våren (uke 23, 25, 27, og 28). Sjøvannstoleransen ble undersøkt ved at omtrent 15 fisk (14-20) fra hver forsøksgruppe ble overført til sjøvann (33-34 promille, 8° C). Etter 72 timer ble det tatt blodprøver av all overlevende fisk. Blodplasma fra fisken ble analysert for klorid vha. en Radiometer CMT 10 kloridtitrator. Plasmaklorid i en sjøvannstoleransetest beskriver fiskens evne til å osmoregulere. Er verdiene under 160 mmol/l indikerer dette en sjøvannstolerant smolt (Sigholt & Finstad 1990). I forbindelse med sjøvannstestene ble også plasmaklorid analysert i blodprøver av 6-10 fisk fra hver gruppe i ferskvann.

I tillegg ble det tatt gjelleprøver av fisken som gikk i ferskvann/brakkvann før forsøksstart (i uke 17) og i forbindelse med utsetting (i uke 28). Gjelleprøvene ble analysert for Na-K-ATPase som beskrevet i Finstad et al. (1989). Denne parameteren beskriver fiskens evne til å osmoregulere i sjøvann, dvs. at Na-K-ATPase verdiene øker hos en fisk som smoltifiserer.

Våren 1997 ble 300 ørret fra 1996-årgangen av sjøørret i Talvikanlegget individmerket med Carlinmerker. Denne fisken ble målt og veid med jevne mellomrom fram mot utsetting våren 1998. Hensikten er å undersøke individuell vekst i anlegget gjennom en lengre produksjonsperiode hos presmolt og relatere disse målingene mot fiskens vandringsatferd ved utsettinger ovenfor fiskefella i Halselva.



## 1998

Fisken til forsøket i 1998 (omtrent 3 000) gikk fordelt i to store oppdrettskar fram til uke 17, hvor 1 000 fisk ble målt, veid, individmerket med Carlinmerker, og overført til et eget oppdrettskar. Denne fisken ble holdt på ferskvann og føret med standard oppdrettsfôr (uten salttilsetning) fram til utsetting. Resten av produksjonen ble fordelt på to andre oppdrettskar. Den ene av disse gruppene ble holdt på ferskvann fram til utsetting, mens den andre gruppen ble gradvis overført til brakkvann (15 promille) i løpet av uke 28, og deretter holdt på brakkvann fram til utsetting. Disse to forsøksgruppene ble merket med hver sin fargekode (Alcian-blue). Begge gruppene ble føret med standard oppdrettsfôr (uten salttilsetning) fram til utsetting.

Det ble foretatt en sjøvannstest av produksjonen før merking (uke 17), og den individmerkede fisken ble i tillegg testet fire ganger utover våren (uke 20, 23, 26, og 28). Den gruppemerkede fisken ble testet for sjøvannstoleranse før utsetting (i uke 28). Prosedyrene for testing av sjøvannstoleranse var de samme som i 1997.

Det ble foretatt to utsettinger ovenfor fiskefella i Halselva. Den 19 juni ble 100 fisk fra den Carlinmerkede forsøksgruppen satt ut. Den 25 juni ble fisken fra lengde-vekt gruppen satt ut. Utvandrende fisk ble deretter fanget i nedvandringsfella ved munningen av Halselva (ca 2 km nedenfor utslippsstedet), merket avlest og fisken sluppet videre nedstrøms.

Resten av fisken ble satt ut nedenfor fiskefella den 07 juli 1998. Ialt ble det satt ut 2 596 fisk, henholdsvis 779 Carlinmerket ørret som hadde gått i ferskvann, 927 fargemerket ørret som hadde gått i ferskvann, og 890 fargemerket ørret på brakkvann. Fisk som vendte tilbake til Halselva ble registrert i fiskefella hvor lengde og vekt ble målt før fisken ble sluppet videre oppstrøms. Utsettingene nedenfor fiskefella ble foretatt noe senere på året enn opprinnelig planlagt idet utviklingen av sjøvannstoleranse hos ørreten våren 1998 (som våren 1997) så ut til å være forsinket sammenliknet med tidligere år. I etterkant kan det se ut som om utsettingene kunne skjedd noe tidligere.

### Metodikk for registrering av lakselusinfeksjon

All fisk på oppvandring i fella ble analysert for lakselus. For hver 15 fisk av ørret, sjørøye og laks ble det foretatt en totalanalyse av lakseluspåslagene, mens det for den resterende fisken ble registrert om fisken hadde lakseluspåslag eller ikke. Analysene ble foretatt etter Margolis et al. (1982) og Grimnes et al. (1999).

## 3 Resultater

### 3.1 Sjøvannstoleranse

#### 1997

Det var ingen systematiske forskjeller i dødelighet under sjøvannstester mellom de tre forsøksgruppene gjennom forsøksperioden (**figur 1**). Dødeligheten var høy (omtrent 60 %) ved forsøksstart i slutten av april (uke 17). Dødeligheten lå deretter på omtrent 30 % fram til i slutten av juni (uke 27). Ved utsetting i sjøen 11 juli (uke 28) var det fremdeles noe dødelighet ved sjøvannstester hos gruppa på saltfôr og gruppa på brakkvann.

Det gjennomsnittlige plasmakloridnivået i ferskvann lå noenlunde stabilt gjennom hele perioden (**figur 2**). Hos alle tre forsøksgruppene skjedde det en gradvis bedring i sjøvannstoleranse utover våren, men sjøvannstoleransen må fremdeles kunne karakteriseres å være dårlig utviklet ved utsetting. På dette tidspunktet var det gjennomsnittlige plasmakloridnivået etter sjøvannstester 183 mmol/l for fisk på vanlig fôr, 184 mmol/l for fisk på saltfôr, mens fisken som gikk på brakkvann hadde den laveste gjennomsnittsverdien med 176 mmol/l. Ikke på noe tidspunkt var det signifikante forskjeller mellom de tre forsøksgruppene i plasmakloridnivå etter sjøvannseksposering (Kruskal-Wallis enveis rangtester,  $p > 0.05$ ).

Startverdien (uke 17) for gjelle Na-K-ATPase lå rundt normalverdier hos fisk før smoltifisering (**tabell 1**). Ved utsetting (uke 28) var det kun fisk på brakkvann som hadde verdier nært det som er normalt hos smolt, mens fisk på ferskvann og saltfôr hadde signifikant lavere verdier (Mann-Whitney U-tester,  $p < 0.05$ ).

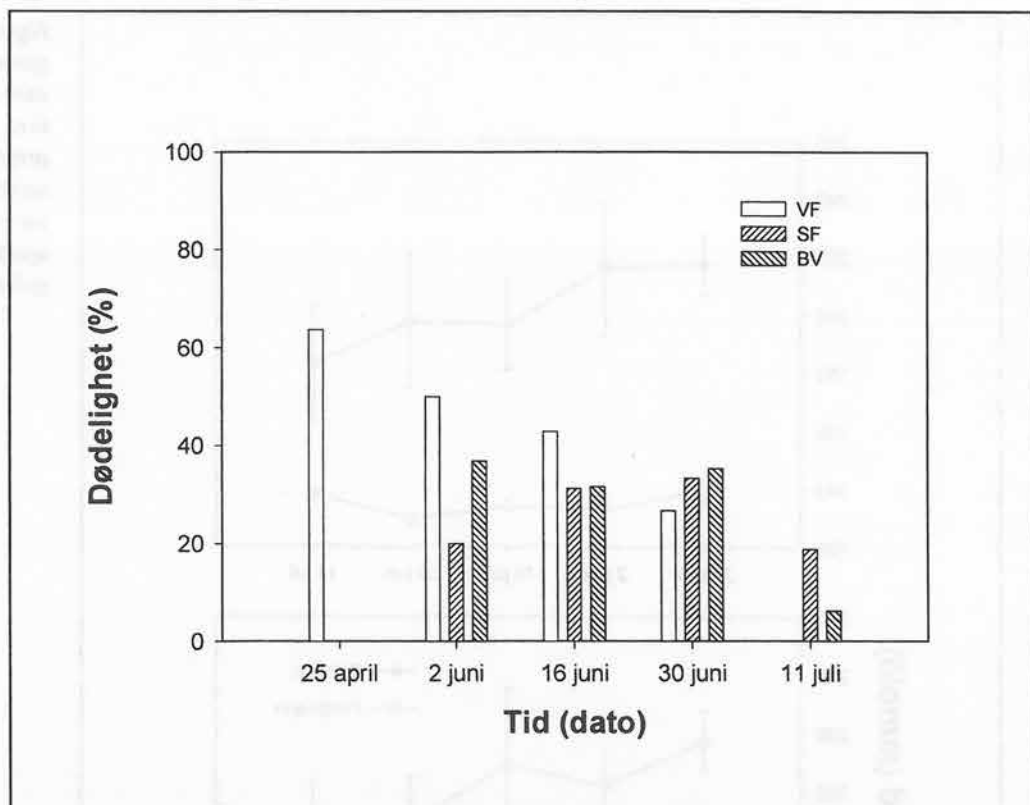
#### 1998

Den carlinmerkede forsøksgruppen ble fulgt med sjøvannstester fra forsøksstart til utsetting. Dødeligheten under sjøvannstest var høy (90%) ved første prøvetaking i slutten av april (uke 17). Dødeligheten avtok utover våren og i slutten av juni (uke 26) overlevde all fisk sjøvannstesten (**figur 3**). Ved utsetting i sjøen (uke 28) døde to av 25 fisk i sjøvannstesten.

Det gjennomsnittlige plasmakloridnivået i ferskvann lå noenlunde stabilt gjennom hele perioden (**figur 3**). Utviklingen i plasmaklorid etter sjøvannseksposering viste at det skjedde en gradvis bedring i fiskens sjøvannstoleranse utover våren. Sjøvannstoleransen må imidlertid karakteriseres å være dårlig utviklet ved utsetting. På dette tidspunktet var det gjennomsnittlige plasmakloridnivået etter sjøvannseksposering 177 mmol/l.

De andre forsøksgruppene (fargemerket fisk og lengde-vekt gruppa) ble bare sjøvannstestet ved utsetting. Hos brakkvannsakklimeret fisk var gjennomsnittlig plasmaklorid etter sjøvannseksposering 172 mmol/l, mens fisken som hadde gått på ferskvann hadde en snittverdi på 198 mmol/l på samme tidspunkt. Forskjellen mellom de to gruppene var statistisk signifikant (Mann-Whitney U-test,  $p < 0.01$ ). Fisken i lengde-

**Figur 1.** Dødelighet ved sjøvannstester hos de tre forsøksgruppene i 1997: VF = ørret på vanlig fôr; SF = ørret på saltfôr; BV = ørret på brakkvann. Første prøvetaking (25 april) skjedde før forsøksgruppene ble splittet.



vekt gruppa hadde også dårlig utviklet sjøvannstoleranse ved utsetting med et gjennomsnittlig plasmakloridnivå på 188 mmol/l etter sjøvannseksposering.

## 3.2 Nedvandring

### 1997

Fisk fra de tre forsøksgruppene hadde lik atferd etter utsetting ovenfor fella. Av 100 utsatte fisk ble fra 42 til 45 fisk fra de ulike gruppene fanget på nedvandring i fiskefella (**tabell 2**).

De tre forsøksgruppene var også svært like med hensyn på tidspunkt for nedvandring. Mesteparten av fisken vandret ut i løpet av de første 11 dagene etter utsetting. Hos alle gruppene økte andelen nedvandrende fisk med økende fiskestørrelse. Undersøkelsen indikerer at nedvandringssatferden hos ørret ikke påvirkes verken av saltfôring eller brakkvannsakklimering i anlegget. Resultatene er for saltfôringens del i overensstemmelse med undersøkelsen i 1995 (Ugedal & Finstad 1996).

Hos nedvandrende fisk var det gjennomsnittlige plasmakloridnivået etter sjøvannstest 169 mmol/l for fisk på vanlig fôr, 163 mmol/l for fisk som hadde gått på brakkvann, mens fisken på saltfôr hadde den laveste gjennomsnittsverdien med 157 mmol/l. Disse forskjellene mellom gruppene var imidlertid ikke statistisk signifikante (Kruskal-Wallis enveis rangtest,  $p > 0.05$ ). Plasmaklorid hos utvandrende fisk var imidlertid signifikant lavere (Mann-Whitney U-tester,  $p < 0.05$ ) enn hos

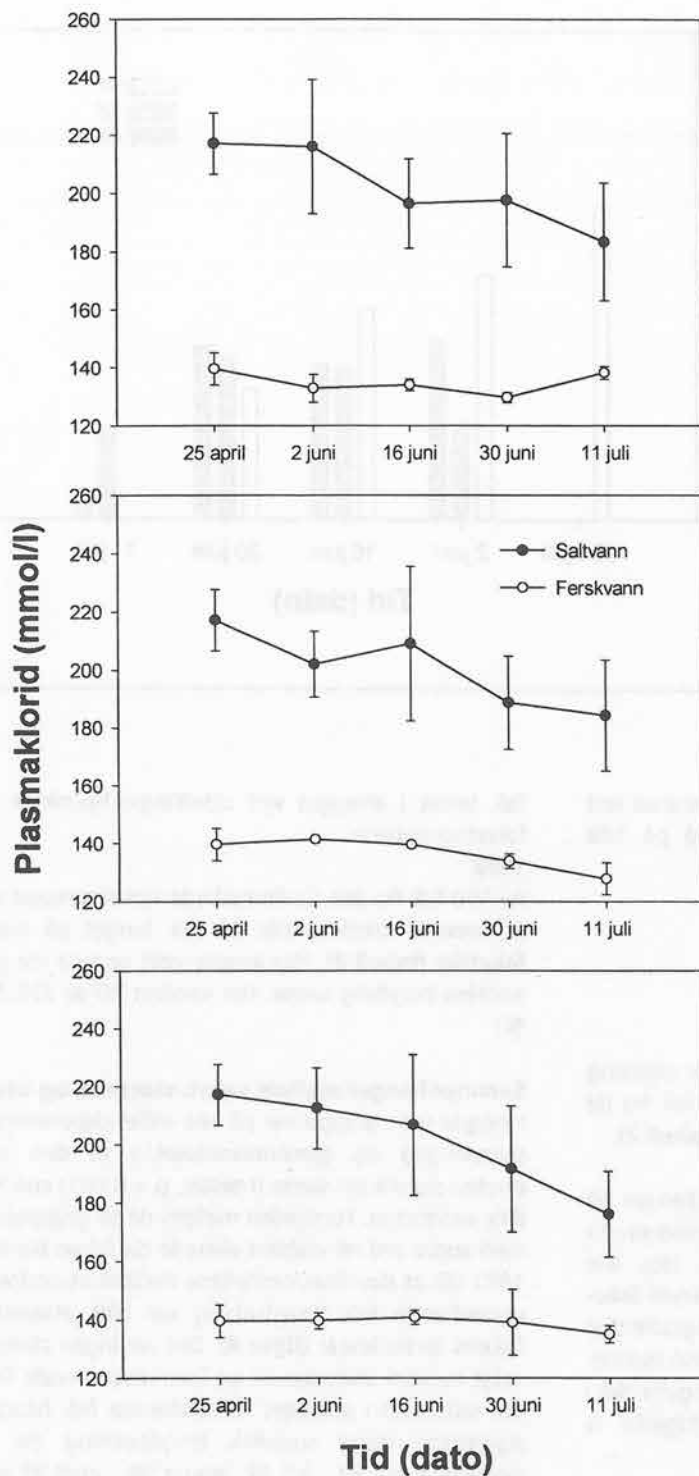
fisk testet i anlegget ved utsettingstidspunktet for alle tre forsøksgruppene.

### 1998

Av 100 fisk fra den Carlinmerkede forsøksgruppa som ble satt ut ovenfor fiskefella ble 36 fisk fanget på nedvandring i fiskefella (**tabell 2**). Hos lengde-vekt gruppa var utvandringssandelen betydelig lavere. Her vandret 30 av 226 fisk ut (13,3 %).

### Sammenhenger mellom vekst, størrelse og utvandring

I lengde-vekt gruppa var på alle måletidspunktene gjennomsnittslengda og gjennomsnittsvekta til den utvandrende ørreten signifikant større (t-tester,  $p < 0.001$ ) enn hos fisk som ikke vandret ut. Forskjellen mellom de to gruppene av fisk var med andre ord vel etablert allerede da fisken ble merket i mai 1997 slik at størrelsesforskjellene mellom utvandrende og ikke utvandrende fisk hovedsakelig var blitt etablert allerede i fiskens første leveår (**figur 4**). Det var ingen store forskjeller i vekst mellom utvandrende og ikke-utvandrende fisk i løpet av det siste året i anlegget. Utvandrende fisk hadde imidlertid signifikant større spesifikk lengdeøkning (% pr dag) i periodene mai 97 - juli 97, januar 98 - april 98 og april 98 - juni 98 (t-tester,  $p < 0.01$ ). Forsøket ga ingen indikasjoner på at det er kritiske perioder i løpet av det siste året i anlegg hvor vandrende og ikke vandrende ørret har vesentlige forskjeller i vekst.

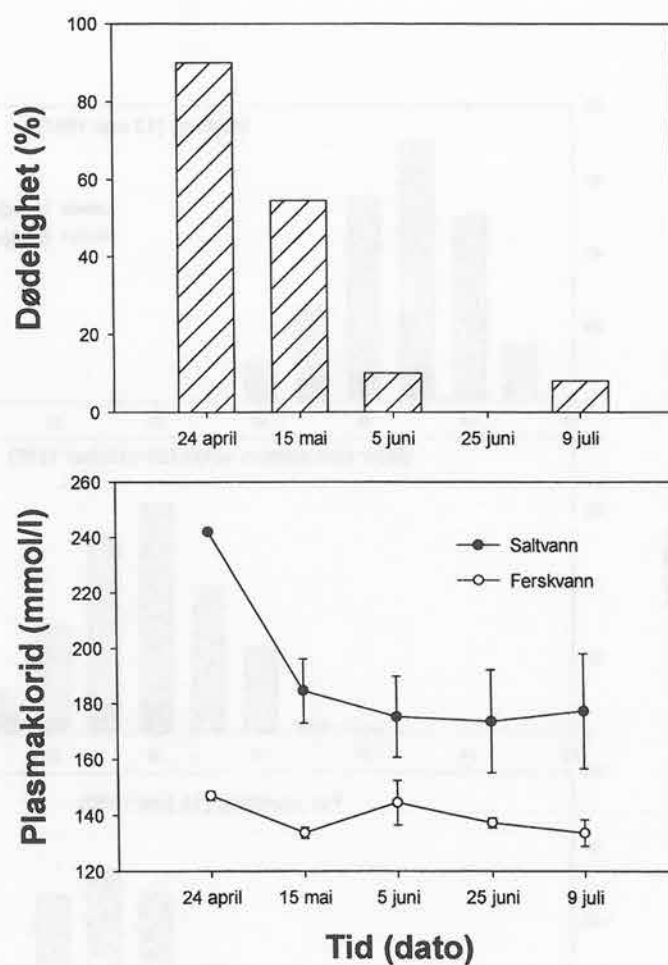


**Figur 2.** Plasmaklorid (mmol/l, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) i ferskvann og etter 3 døgns sjøvannstest hos de tre forsøksgruppene i 1997: ørret på vanlig fôr (øverst), ørret på saltfôr (i midten), og ørret på brakkvann (nederst). Første prøvetaking (25 april) skjedde før forsøksgruppene ble splittet.

**Tabell 1.** Gjelle Na-K-ATPase verdier ( $\mu\text{mol P/mg protein/time}$ ) hos oppdrettsørret i ferskvann før forsøksstart (uke 17) og ved utsetting (uke 28) i 1997. Verdiene er gitt som gjennomsnitt med standardavvik i parentes.

Tid	Gruppe	Lengde (mm)	Vekt (g)	Na-K-ATPase
Uke 17	Før forsøksstart	200,5 (12,4)	90,4 (21,8)	0,91 (0,47)
Uke 28	Vanlig fôr	219,3 (16,9)	111,2 (32,7)	1,11 (0,70)
	Saltfôr	208,1 (18,2)	95,4 (26,5)	1,52 (1,05)
	Brakkvann	211,7 (10,7)	97,2 (16,5)	2,29 (0,65)

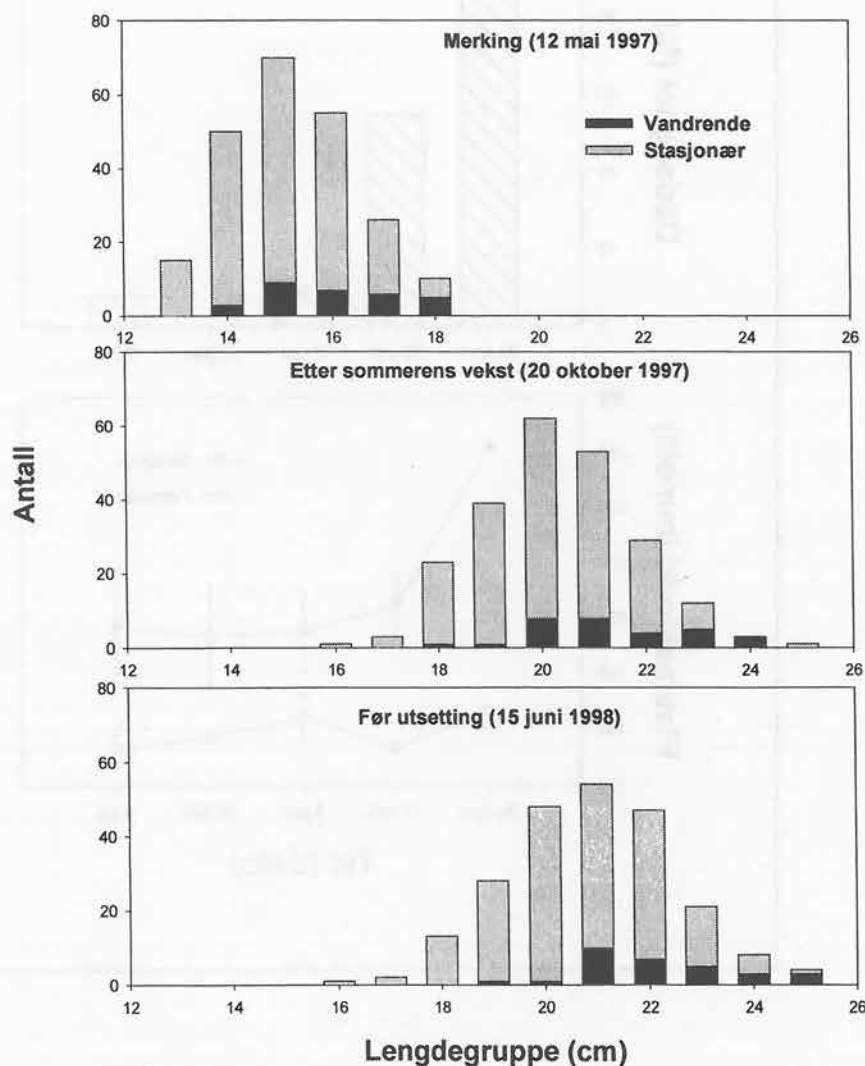
**Figur 3.** Øverst: Dødelighet ved sjøvannstester hos den Carlinmerkede forsøksgruppen i 1998. Nederst: Plasmaklorid (mmol/l, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) i ferskvann og etter 3 døgns sjøvannstest hos den samme forsøksgruppen.





**Tabell 2.** Antall nedvandrende fisk og tidspunkt for nedvandring hos oppdrettet sjøørretsmolt satt ut ovenfor fella i Halselva i 1997 og 1998. 1997: VF = ørret på vanlig fôr; SF = ørret på saltfôr; BV = ørret på brakkvann. 1998: CF = carlinmerket fisk i ferskvann; LV = lengde-vekt gruppe.

År	Gruppe	Antall utsatt	Totalt nedvandret		Nedvandringstidspunkt		
			antall	%	0-3 d	3-11 d	>11 d
1997	VF	100	42	42,0	26	13	3
	SF	100	45	45,0	28	11	6
	BV	100	43	43,0	29	10	4
1998	CF	100	36	36,0	27	9	0
	LV	226	30	13,3	15	14	1



**Figur 4.** Lengdefordeling til vandrende og stasjonær fisk på ulike tidspunkt i løpet av det siste året før utsetting.

### 3.3 Utsettinger nedenfor fella

#### 1997

Gjenfangstene i fiskefella i 1997 av oppdrettet ørret satt ut nedenfor fella varierte mellom 14,5 og 17,8 % for de ulike forsøksgruppene (**tabell 3**). Til sammenligning var gjenfangsten av vill sjørretsmolt 13,6 %, altså litt lavere enn gjenfangsten av oppdrettet fisk. I gjennomsnitt gikk det omtrent 33 dager fra fisken ble utsatt til den ble gjenfanget på oppvandring i Halselva (**tabell 3**). Det var ingen signifikant forskjell mellom de ulike utsettingsgruppene i lengden på sjøoppholdet (Kruskal-Wallis enveis rangtest  $p > 0.05$ ). Til sammenlikning gikk det i gjennomsnitt 56 dager mellom utvandring og oppvandring hos den ville sjørretsmolten (**tabell 3**).

Ved merkesentralen ved NINA har det også blitt innrapportert 106 gjenfangster fra disse tre utsettingsgruppene i 1997. Disse gjenfangstene fordelte seg noenlunde likt på hver av de tre forsøksgruppene med fra 31 til 40 gjenfangster fra hver av

gruppene. Med unntak av 4 fisk som ble gjenfanget i andre elver i Altafjorden er alle gjenfangstene fra Talvikområdet. Sju av merkene ble rapportert funnet i torskemage(r).

Den utsatte fisken fra de tre forsøksgruppene av ørret viste lav vekst under sjøoppholdet (**tabell 4**). Gjennomsnittsvakta ved oppvandring var fra 9 til 16 gram høyere enn estimert gjennomsnittsvakt ved utsetting for de tre gruppene. Størst estimert vektøkning hadde fisken på brakkvannsaklimering. Forskjellen i estimert vektøkning mellom fisk på brakkvann og fisk på vanlig fôr var statistisk signifikant (Mann-Whitney U-test,  $p < 0.05$ ). Gjennomsnittsvakta ved oppvandring var imidlertid lik hos de tre forsøksgruppene. **Tabell 4** viser at dette delvis skyldes at fisken på vanlig fôr har hatt en høyere vekst i perioden mellom merking og utsetting sammenliknet med de andre to forsøksgruppene som knapt vokste i denne perioden. Vill sjørretsmolt mer enn doblet gjennomsnittsvakta under sjøoppholdet (**tabell 4**). Sammenliknet med utsettingsforsøket i 1995 ga årets forsøk både høyere gjenfangster og større vektøkning hos den utsatte fisken (se Ugedal & Finstad 1996).

**Tabell 3.** Gjenfangst i fiskefella og antall dager mellom utsetting og gjenfangst hos oppdrettet sjørretsmolt satt ut nedenfor fella i Halselva i 1997. VF = ørret på vanlig fôr; SF = ørret på saltfôr; BV = ørret på brakkvann. For sammenlikningens skyld er også data for gjenfangst av førstegangsvandrere av vill sjørretsmolt gitt (fisk større enn 18 cm og mindre enn 28 cm ved nedvandring).

Gruppe	Antall utsatt	Gjenfanget		Antall dager ute		
		Antall	%	Snitt	SD	Range
VF	886	158	17,8	31,7	13,3	5-68
SF	885	128	14,5	34,1	14,6	3-66
BV	877	144	16,4	33,0	14,3	3-73
Vill	242	33	13,6	53,1	21,0	22-121

**Tabell 4.** Gjennomsnittlig lengde (L, mm), vekt (V, g), og kondisjonsfaktor (K) hos oppdrettet sjørret gjenfanget på oppvandring i fella i Halselva. Verdiene i parentes er standardavvik. Vekta ved utsettingstidspunktet er beregnet ut fra gjennomsnittlig vekstrater hos oppdrettsørret i perioden mellom merking og utsetting. For sammenlikningens skyld er også data for førstegangsvandrere av vill sjørret gitt (kun fisk større enn 18 cm og mindre enn 28 cm ved nedvandring).

Gruppe	Antall	Merking			Utsetting/utvandring			Oppvandring		
		L	V	K	L	V	K	L	V	K
VF	158	206,2 (11,9)	93,3 (19,4)	1,05 (0,07)	105,7 (22,0)	114,3 (28,4)	0,97 (0,09)	225,9 (17,0)	114,3 (28,4)	0,97 (0,09)
SF	128	202,0 (12,8)	92,1 (21,0)	1,10 (0,08)	93,5 (21,3)	107,5 (29,5)	0,97 (0,08)	221,3 (18,9)	107,5 (29,5)	0,97 (0,08)
BV	144	201,1 (13,8)	91,6 (22,8)	1,10 (0,08)	94,6 (23,6)	110,2 (35,7)	0,98 (0,08)	221,9 (21,6)	110,2 (35,7)	0,98 (0,08)
VILL	33				219,3 (24,4)	82,3 (26,6)	0,76 (0,05)	271,3 (28,2)	190,6 (65,3)	0,92 (0,13)

Andelen fisk gjenfanget i fella som var infisert med lakselus, var lik i de tre forsøksgruppene med omlag 25 % (**tabell 5**). Andelen vill sjørretsmolt infisert med lakselus var vesentlig høyere da 70 % av denne fisken var infisert. Dette indikerer at en stor andel av den utsatte fisken ikke går ut i sjøvann etter utsetting. At infeksjon/ikke infeksjon av lakselus er en indikasjon på ulik atferd etter utsetting vises både av lengden på oppholdet nedenfor fella og av fiskens vekst under dette oppholdet (**tabell 5** og **tabell 6**). Hos fisk på saltfôr og fisk på brakkvannsakklimering var lengden på oppholdet nedenfor fella signifikant større (Mann-Whitney U-tester,  $p < 0.05$ ) hos infisert fisk enn hos ikke-infisert fisk. Hos alle tre forsøks

gruppene var vektøkningen hos infisert fisk signifikant større (t-tester,  $p < 0.05$ ) enn vektøkningen hos ikke infisert fisk. Hos luseinfisert fisk var det en klar positiv sammenheng mellom lengden på oppholdet nedenfor fiskefella og fiskens estimerte vektøkning (lineær regresjon,  $p < 0.01$ ), mens hos fisk uten infeksjon av lakselus var det ingen slik sammenheng mellom lengden på oppholdet nedenfor fella og fiskens estimerte vektøkning (lineær regresjon,  $p > 0.05$ ). Overraskende nok var det også forskjeller i lengden på oppholdet nedenfor fella og vekst mellom ikke infisert og infisert villsmolt av ørret (**tabell 5** og **6**). Disse forskjellene var også statistisk signifikante (t-tester,  $p < 0.05$ ).

**Tabell 5.** Antall og prosentandel fisk med og uten infeksjon av lakselus hos oppdrettet sjørretsmolt satt ut nedenfor fella i Halselva i 1997. Antall dager mellom utsetting og gjenfangst er også vist for de ulike kategoriene fisk. VF = ørret på vanlig fôr; SF = ørret på saltfôr; BV = ørret på brakkvann. For sammenlikningens skyld er også data for gjenfangst av førstegangsvandrere av vill sjørretsmolt gitt (kun fisk større enn 18 cm og mindre enn 28 cm ved nedvandring).

Gruppe	Antall	%	Antall dager ute			
			Snitt	SD	Range	
VF	med lus	40	25,3	33,7	12,3	13-63
	uten lus	118	74,7	31,2	13,7	5-68
SF	med lus	31	24,2	45,2	13,1	19-66
	uten lus	97	75,8	30,6	13,4	3-65
BV	med lus	38	26,4	43,2	16,1	21-73
	uten lus	106	73,6	29,4	11,6	3-60
Vill	med lus	23	69,7	58,0	21,6	29-121
	uten lus	10	30,3	41,9	14,1	22-66

**Tabell 6.** Gjennomsnittlig vektøkning hos fisk med og uten infeksjon av lakselus på oppdrettet sjørretsmolt satt ut nedenfor fella i Halselva i 1997. Vekta på fisken ved utsettingstidspunktet er beregnet ut fra gjennomsnittlig vekstrater hos oppdrettsørret i perioden mellom merking og utsetting. VF = ørret på vanlig fôr; SF = ørret på saltfôr; BV = ørret på brakkvann. For sammenlikningens skyld er også data for førstegangsvandrere av vill sjørretsmolt gitt (kun fisk større enn 18 cm og mindre enn 28 cm ved nedvandring).

Gruppe	Antall	Vektøkning			
		Snitt	SD	Maks	
VF	med lus	40	25,9	24,1	82
	uten lus	118	2,8	9,5	46
SF	med lus	31	33,1	28,6	105
	uten lus	97	7,8	13,0	55
BV	med lus	38	44,2	33,0	118
	uten lus	106	5,5	12,9	46
Vill	med lus	23	130,0	44,1	225
	uten lus	10	58,4	46,2	166

En sammenlikning mellom infisert fisk i de tre forsøksgruppene viste at fisk på saltfôr og fisk med brakkvannsakklimering hadde et signifikant lengre sjøopphold (enveis variansanalyse, Scheffe post-hoc tester,  $p < 0.01$ ) enn fisk på vanlig fôr. Estimert gjennomsnittlig vektøkning etter utsetting var signifikant høyere (enveis variansanalyse, Scheffe post-hoc test,  $p < 0.05$ ) hos brakkvannsakklimeret fisk enn hos fisk på vanlig fôr. Brakkvannsakklimering synes derfor å gi noe bedre prestasjoner i sjø enn oppdrett i ferskvann fram til utsetting.

Av de 340 utsatte fiskene som vandret opp i Halselva i 1997 ble 38 (11,2 %) registrert på nedvandring i fiskefella i 1998 (tabell 7). Fem av disse ble gjenfanget på oppvandring i fiskefella samme år. Med unntak av en fisk hadde disse fiskene normal vekst for sin størrelse under sjøoppholdet. I tillegg ble en fisk fra utsettingsgruppene i 1997 registrert på oppvandring i fiskefella i 1998 etter å ha overvintret utenfor Halselva. Det langsiktige bidraget av oppdrettsmolt til den sjøvandrende ørretbestanden i Halsvassdraget synes derfor liten.

**Tabell 7.** Antall fisk av de ulike fiskegruppene satt ut nedenfor fella i Halselva i 1997 som ble registrert på ned- eller oppvandring i fella i 1998. VF = ørret på vanlig fôr; SF = ørret på saltfôr; BV = ørret på brakkvann.

Gruppe	Opp 1997	Ned 1998	Opp 1998
VF	158	13	1
SF	128	12	2
BV	144	13	3*
Sum	340	38	6

\*En fisk kom tilbake etter å ha overvintret utenfor Halselva

## 1998

Gjenfangstene i fiskefella i 1998 av oppdrettet ørret satt ut nedenfor fella var lave (tabell 8). Høyest gjenfangsprosent (8,9 %) hadde den Carlinmerkede fisken. Lavest gjenfangsprosent (4,6 %) hadde den fargemerke de fisken som hadde gått på brakkvann før utsetting. Gjenfangsten av vill sjørretsmolt var også lav i 1998 med 7,3 %.

I gjennomsnitt gikk det omtrent 36 dager fra fisken ble utsatt til den ble gjenfanget på oppvandring i Halselva (tabell 8). Det var ingen signifikant forskjell mellom de ulike utsettingsgruppene i lengden på sjøoppholdet (Kruskal-Wallis enveis rangtest  $p > 0.05$ ). Til sammenlikning gikk det i gjennomsnitt 48 dager mellom utvandring og oppvandring hos den ville sjørretsmolten (tabell 8).

Den Carlinmerkede utsatte ørreten viste lav vekst under sjøoppholdet (tabell 9). Gjennomsnittsvakta ved oppvandring var 9 gram høyere enn estimert gjennomsnittsvekt ved utsetting. De to andre utsettingsgruppene var ikke individmerkede. Disse gruppenes vekst under sjøoppholdet kan derfor ikke estimeres. Vill sjørretsmolt doblet gjennomsnittsvakta under sjøoppholdet (tabell 9).

Andelen vill sjørretsmolt infisert med lakselus i 1998 var på 77,3 % (tabell 10). Andelen oppdrettet ørret som var infisert med lakselus var vesentlig lavere (tabell 10). Størst andel infisert fisk ble funnet hos den Carlinmerkede forsøksgruppa med 43,5 %. I denne forsøksgruppa var vektøkningen hos infisert fisk signifikant større (t-test,  $p < 0.001$ ) enn vektøkningen hos ikke infisert fisk (tabell 11). På samme måte som i 1997 ble det også funnet forskjeller i lengden på oppholdet nedenfor fella og vekst mellom ikke infisert og infisert villsmolt av ørret (tabell 10 og 11). Disse forskjellene var også statistisk signifikante (t-tester,  $p < 0.05$ ).

**Tabell 8.** Gjenfangst i fiskefella og antall dager mellom utsetting og gjenfangst hos oppdrettet sjørretsmolt satt ut nedenfor fella i Halselva i 1998. CFV = Carlinmerket ørret i ferskvann; FFV = fargemerket ørret i ferskvann; FBV = fargemerket ørret på brakkvann. For sammenlikningens skyld er også data for gjenfangst av førstegangsvandrere av vill sjørretsmolt gitt (kun fisk større enn 18 cm og mindre enn 28 cm ved nedvandring).

Gruppe	Antall utsatt	Gjenfanget		Antall dager ute		
		Antall	%	Snitt	SD	Range
CFV	779	69	8,9	34,7	15,7	8-69
FFV	927	68	7,3	36,1	16,3	5-80
FBV	890	41	4,6	37,4	17,3	4-71
Vill	301	22	7,3	48,2	17,9	11-85



**Tabell 9.** Gjennomsnittlig lengde (L, mm), vekt (V, g), og kondisjonsfaktor (K) hos oppdrettet sjøørret gjenfanget på oppvandring i fella i Halselva. Verdiene i parentes er standardavvik. Vekta ved utsettingstidspunktet er beregnet ut fra gjennomsnittlig vekstrater hos oppdrettsørret i perioden mellom merking og utsetting. CFV = Carlinmerket ørret i ferskvann; FFV = fargemerket ørret i ferskvann; FBV = fargemerket ørret på brakkvann. For sammenlikningens skyld er også data for førstegangsvandrere av vill sjøørret gitt (kun fisk større enn 18 cm og mindre enn 28 cm ved nedvandring).

Gruppe	Antall	Merking			Utsetting/utvandring			Oppvandring		
		L	V	K	L	V	K	L	V	K
CFV	69	212,9 (17,4)	105,7 (29,3)	1,07 (0,07)		126,9 (35,2)		236,2 (22,9)	135,9 (43,1)	1,00 (0,10)
FFV	68							230,6 (19,9)	121,6 (33,1)	0,97 (0,09)
FBV	41							235,6 (21,9)	134,3 (43,8)	1,00 (0,09)
VILL	22				220,9 (30,9)	87,4 (38,4)	0,77 (0,07)	263,8 (35,6)	171,6 (74,6)	0,88 (0,10)

**Tabell 10.** Antall og prosentandel fisk med og uten infeksjon av lakselus hos oppdrettet sjøørretsmolt satt ut nedenfor fella i Halselva i 1998. Antall dager mellom utsetting og gjenfangst er også vist for de ulike kategoriene fisk. CFV = Carlinmerket ørret i ferskvann; FFV = fargemerket ørret i ferskvann; FBV = fargemerket ørret på brakkvann. For sammenlikningens skyld er også data for gjenfangst av førstegangsvandrere av vill sjøørretsmolt gitt (kun fisk større enn 18 cm og mindre enn 28 cm ved nedvandring).

Gruppe	Antall	%	Antall dager ute			
			Snitt	SD	Range	
CFV	med lus	30	43,5	36,4	17,1	8-69
	uten lus	39	56,5	33,4	14,7	14-66
FFV	med lus	16	23,5	44,6	15,3	10-71
	uten lus	52	76,5	33,4	15,8	5-80
FBV	med lus	12	29,3	45,3	15,2	24-66
	uten lus	29	70,7	34,1	17,3	4-71
Vill	med lus	17	77,3	51,2	17,8	11-85
	uten lus	5	22,7	38,0	16,1	18-54

**Tabell 11.** Gjennomsnittlig vektøkning hos fisk med og uten infeksjon av lakselus på oppdrettet sjøørretsmolt satt ut nedenfor fella i Halselva i 1998. Vekta på fisken ved utsettingstidspunktet er beregnet ut fra gjennomsnittlig vekstrater hos oppdrettsørret i perioden mellom merking og utsetting. For sammenlikningens skyld er også data for førstegangsvandrere av vill sjøørretsmolt gitt (kun fisk større enn 18 cm og mindre enn 28 cm ved nedvandring).

Gruppe	Antall	Vektøkning			
		Snitt	SD	Maks	
Oppdrett	med lus	30	25,5	31,0	104
	uten lus	39	-3,6	9,9	24
Vill	med lus	17	94,0	73,8	244
	uten lus	5	51,0	53,8	108

## 4 Diskusjon

### 4.1 Sjøvannstoleranse

Den oppdrettede ørreten viste en økende sjøvannstoleranse utover våren begge forsøksårene. Tidligere undersøkelser har også vist at oppdrettet sjørret har en økende sjøvannstoleranse i løpet av smoltifiseringsperioden (Belaud et al. 1984, Högstrand & Haux 1985, Soivio et al. 1989, Tanguy et al. 1994, Finstad & Ugedal 1998). Både i 1997 og 1998 var imidlertid sjøvannstoleransen relativt dårlig utviklet ved utsetting med gjennomsnittlige plasmakloridverdier etter sjøvannstester varierende mellom 172-198 mmol/l. Vanligvis ansees verdier lavere enn 160 mmol/l å være akseptable med hensyn på sjøvannstoleranse hos laksefisk (Sigholt & Finstad 1990). Sjøvannstoleransen hos sjørretsmolt var noe bedre ved utsetting i 1994 og 1995 (snitt plasmaklorid varierende mellom 155 og 167 mmol/l; Ugedal & Finstad 1996) enn i 1997 og 1998.

Verken bruk av saltfôr eller akklimering i brakkevann førte til signifikant bedret sjøvannstoleranse vurdert ved plasmakloridverdier etter tre døgns sjøvannstest (med unntak av farge-merket brakke- og ferskvannsfisk i 1998). Dette var noe overraskende idet begge disse behandlingsmåtene i utgangspunktet forventes å gi bedret sjøvannstoleranse (Long et al. 1977; Wedemeyer 1972; Wedemeyer & Wood 1974). Brakkevannsaklimert fisk hadde imidlertid en signifikant høyere Na-K-ATPase aktivitet ved utsetting i 1997 enn de to andre forsøksgruppene. Dette enzymet har vist seg å øke fram mot smoltifisering (Hoar 1988; Boeuf 1993), og brakkevannstilsetningen kan ha stimulert til en økt produksjon av dette enzymet. Den økte Na-K-ATPase aktiviteten var imidlertid ikke nok til å forbedre sjøvannstoleransen under en 72 timers sjøvannstest sammenlignet med de to andre gruppene. Noen av fiskene fra de tre forsøksgruppene ble ved utsettningstidspunktet i 1997 satt over på sjøvannskar i anlegget og fulgt en periode etter utsetting. Det viste seg at den brakkevannsaklimerte gruppen hadde vesentlig bedre overlevelse etter overføring til full sjøvannstyrke enn de to andre gruppene. Den økte Na-K-ATPase aktiviteten hos den brakkevannsaklimerte fisken kan derfor ha ført til en bedre sjøvannstoleranse og overlevelse hos fisk som ble eksponert for sjøvann over et lengre tidsrom. Dette er i overenstemmelse med tidligere resultater fra Talvik hvor brakkevannsakklimering har vist seg å gi god langtidsoverlevelse hos sjørretsmolt etter overføring til sjøvann (Bjørn 1996).

I alle våre forsøk med oppdrettet sjørretsmolt i Talvik har vi funnet en betydelig individuell variasjon i sjøvannstoleranse (Ugedal & Finstad 1996, Finstad & Ugedal 1998, Ugedal et al. 1998). Noe av denne variasjonen kan forklares med fiskens størrelse idet sjøvannstoleransen øker med økende fiskestørrelse hos ørret. Størrelsen kan imidlertid ikke forklare alt idet selv hos relativt stor ørret er det en viss frekvens som har dårlig sjøvannstoleranse. Relativt dårlig utviklet sjøvannstoleranse hos oppdrettet sjørretsmolt synes å være vanlig (Dellefors 1996; Saksgård et al. 1999).

Den store individuelle variasjon i sjøvannstoleranse hos ørret står i kontrast til smoltifiserings-utviklingen hos laks. Hos oppdrettet lakse-smolt er det vanligvis slik at sjøvannstoleransen utvikles synkront og så godt som all fisk i en produksjonsgruppe har velutviklet sjøvannstoleranse på våren (Hoar 1988; Boeuf 1993). Vi vet ikke hvorfor det er slike forskjeller mellom laks og ørret i smoltifiseringsutvikling. Det er imidlertid nærliggende å anta at forskjellene kan knyttes opp mot forskjeller mellom de to artene i livshistorie. For det første er laksen en mer obligatorisk vandrer enn sjørretten. I en laksebestand vil så godt som alle individene som overlever vandre ut i sjøen mens innslaget av stasjonære individer i sjørretbestander kan være betydelig (Jonsson 1985). Variasjoner i sjøvannstoleranse hos ørret kan derfor være knyttet til variasjoner i vandringsmønster (vandrende versus stasjonære individer). For det andre har laksen en mye mer utpreget sjøvandring med beiteområder ute i havet, mens sjørretten beiter i nærområdene langs kysten hvor saltinnholdet i mange tilfeller er lavere. I systemer med store brakkevannsområder trenger ikke ørretten en velutviklet sjøvannstoleranse for å foreta en næringsvandring ut i disse områdene.

### 4.2 Nedvandring

I overkant av 40 % av den oppdrettede ørreten satt ut ovenfor fiskefella i 1997 vandret ut. Dette er i samme størrelsesorden som ved tidligere utsettinger av 2-årig ørret i Halsvassdraget (Ugedal & Finstad 1996, Ugedal et al. 1998). Vi fant ingen forskjell mellom de ulike forsøksgruppene. Undersøkelsen indikerer derfor at vandringsatferden hos ørret ikke påvirkes verken av saltfôring eller brakkevannsakklimering i anlegget. Resultatene er for saltfôringens del i overenstemmelse med undersøkelsen i 1995 (Ugedal & Finstad 1996).

I 1998 fant vi en markert forskjell i utvandringsandel hos to grupper av fisk som ble utsatt på oversida av fiskefella. Fisk som hadde blitt veid og målt med jevne mellomrom gjennom det siste året før utsetting (lengde-vekt gruppa) viste en markert lavere utvandringsandel (13 %) enn fisk fra samme produksjon som hadde gått på standardbetingelser i anlegget under samme tidsperiode. Fisken på standardbetingelser viste en "normal" utvandringsandel på i underkant av 40 %. Fisken fra lengde-vekt gruppa hadde den klart laveste utvandringsandel noensinne av de forsøksgruppene av ørret som er satt ut på oversiden av fiskefella siden 1994 (tabell 12). Noe av forskjellen i utvandringsandel mellom lengde-vekt gruppa og den andre forsøksgruppa kan forklares med at fisken i forsøksgruppa var noe større ved utsetting (gjennomsnittslengde ved utsetting henholdsvis 215,8 mm og 207,9 mm). Andelen utvandrende fisk øker med økende utsettelsesstørrelse hos oppdrettet sjørretsmolt i Talvik. Størrelsesforskjellene mellom de to utsettelsesgruppene synes imidlertid ikke så betydelige at det kan forklare hele forskjellen. Det er derfor nærliggende å anta at forskjellen mellom de to gruppene skyldes ulike oppdrettsbetingelser det siste året før utsetting. Hvilke forskjeller i oppdrettsbetingelser som har vært utslagsgivende er imidlertid usikkert. De to fiskegruppene har blitt drettet opp i kar av ulik størrelse (henholds-

**Tabell 12.** Oppsummering av utvandningsresultater fra utsetningsforsøk med 2-årig aure ovenfor fiskefella i Halselva. Tabellen viser antall fisk som ble satt ut, % andel av fisken som vandret ut, gjennomsnittslengde hos fisken ved utsetting og gjennomsnittslengde ved utsetting hos vandrende fisk.

	n	% nedvandring	Lengde ved utsetting	Lengde hos vandrerne
1994	195	33,3	201,7	214,1
1995 (liten sortering)	929	34,8	184,0	188,1
1995 (stor sortering)	467	47,3	203,7	209,2
1997	300	43,3	204,1	212,4
1998 (vanlig produksjon)	100	36,0	215,7	220,5
1998 (lengde/vekt gruppe)	236	13,3	207,9	220,4

vis 7 og 1,5 m<sup>3</sup> vannvolum), men tettheten av fisk i de to kar-typerne har vært lik (ca 0,2 fisk pr. liter vann). Resultatene tyder derfor på at andelen utvandrende fisk kan påvirkes av oppdrettsbetingelsene det siste året i anlegget.

Den lave frekvensen av vandrende fisk hos den oppdrettede sjørretesmolt kan være knyttet til kjønnsmodning hos hannene idet kjønnsmodning har blitt foreslått å inhibere vandring hos sjørret (Dellefors & Faremo 1998). I to svenske sjørretbekker vandret modne hanner i svært liten grad etterfølgende vår (Dellefors & Faremo 1988). I et strømakvarium viste sjørrethanner som skulle gyte om høsten mindre nedstrømsvandring om våren enn umodne hanner og hunner (Pirhonen et al. 1998). Både kjønnsmodning høsten før utvandring og begynnende kjønnsmodning (dvs. at fisken skal gyte kommende høst) synes derfor å kunne innvirke på vandringsatferden til sjørret. Dette er i overensstemmelse med hypoteser som sier at kjønnsmodning har forrang fremfor smoltifisering hos laksefisk (Thorpe et al. 1998). Andelen fisk som kjønnsmodner som 1+ synes imidlertid liten hos den oppdrettede ørreten fra Halselva. I lengde-vekt gruppa ble 9 kjønnsmodne hanner (av ialt 285 undersøkte fisk) registrert (rennende melke) høsten 1997. Andelen fisk som kjønnsmodner som 2+ er imidlertid større. I 1997 ble fisk av 1995-årgangen holdt tilbake i anlegget og undersøkt for kjønnsmodning i slutten av august. Ingen kjønnsmodne hunner ble funnet. Av 426 hannfisk var 198 kjønnsmodne (46,5 %). Det er derfor mulig at begynnende kjønnsmodning påvirker utvandningsandelen hos oppdrettet ørret. Dette kan imidlertid ikke være hele forklaringen på den lave utvandningsandelen idet vi ville forvente omkring 75 % nedvandring hvis all umoden fisk hadde vandret ut.

En oppsummering av alle utsettingene av ørret ovenfor fiskefella i Talvik siden 1994 viser at utvandningsandelen bare i mindre grad er knyttet til fiskens størrelse ved utsetting (tabell 12). I 1995 ble fisken sortert etter størrelse i løpet av produksjonen. Utvandningsandelen var høyere hos den store fisken enn hos den mindre fisken. Dette samsvarer godt med resultatene fra lengde-vekt målingene i 1997-98. Disse

målingen viste at fisk som vandret ut var i gjennomsnitt større enn fisk som ikke vandret ut allerede som ettåringer. En sortering av fisken etter størrelse i løpet av produksjonen vil derfor gi en større andel vandrende fisk blant stor fisk enn blant mindre fisk. Utsettingene indikerer imidlertid at produksjon av en større fisk ikke vil gi en vesentlig høyere utvandningsandel hos ørretsmolt. For eksempel var andelen utvandrende fisk blant den minste sorteringen fra 1995 omtrent like stor som fra produksjonen i 1998 selv om gjennomsnittstørrelsen ved utsetting var 3 cm større i 1998. Utvandring synes derfor ikke å være knyttet til fiskens størrelse i seg selv. Utvandningsandelen har vært noenlunde lik gjennom flere års produksjon av toårig ørretsmolt selv om fiskens størrelse har variert mellom år. Unntaket fra dette mønsteret er som tidligere nevnt fisken fra lengde-vekt gruppa som viste en mye lavere utvandningsandel enn annen fisk.

I en tidligere undersøkelse fant vi at utvandring hos oppdrettet ørretsmolt så ut til å være koplet med en velutviklet hypoosmoregulatorisk kapasitet (Ugedal & Finstad 1996), dvs at fisken hadde kloridverdier i blodplasma lavere enn 160 mmol/l etter 3 døgns sjøvannstester. I 1997 hadde flertallet av fisken plasmakloridverdier etter sjøvannseksponering høyere enn 160 mmol/l ved utvandring. Plasmaklorid hos utvandrende fisk var imidlertid signifikant lavere enn hos fisk testet i anlegget ved utsettingstidspunktet for alle tre gruppene. Dette er i overensstemmelse med resultatene fra undersøkelsen i 1995 (Ugedal & Finstad 1996). Fullt utviklet sjøvannstoleranse synes derfor ikke å være nødvendig før oppdrettsfisken vandrer ut, men resultatene indikerer at sjøvannstoleransen hos utvandrende fisk er bedre enn hos fisk som forblir stasjonære.

For å oppsummere så viser våre forsøk i Talvik at en stor del av den oppdrettede ørreten ikke vandrer ut etter utsetting. Innen en utsettingsgruppe er det en sammenheng mellom størrelse og andelen vandrende fisk, mens utsettingsgruppens gjennomsnittstørrelse ved utsettingstidspunktet bare i mindre grad påvirker andelen vandrende fisk.



### 4.3 Prestasjoner i sjø

Både i 1997 og 1998 var andelen fisk infisert med lakselus vesentlig lavere hos utsatt fisk enn hos vill fisk. Dette indikerer at de to gruppene av fisk har forskjeller i vandringsatferd. Den lave andelen utsatt fisk som var infisert med lakselus indikerer at en stor andel av den utsatte fisken ikke går ut i sjøvann etter utsetting, men oppholder seg i ferskvann og/eller brakkvannsområdene i og i nærhet av Halselva. At infeksjon/ikke infeksjon av lakselus er en indikasjon på ulik atferd etter utsetting vises både av lengden på oppholdet nedenfor fella og av fiskens vekst under dette oppholdet. Hos luseinfisert utsatt fisk var det en klar positiv sammenheng mellom lengden på oppholdet nedenfor fiskefella og fiskens vektøkning. Dette indikerer at denne fisken har beitet i sjøvann, og at et lengre sjøvannsopphold gir en større vektøkning. Hos utsatt fisk uten infeksjon med lakselus var det ingen sammenheng mellom lengden på oppholdet nedenfor fiskefella og fiskens vektøkning. I tillegg hadde denne fisken knapt vokst i løpet av oppholdet nedenfor fella. Det synes derfor som om en stor del av denne fisken har oppholdt seg i ferskvann/brakkvannsområder hvor næringstilgangen er for liten til at fisken kan vokse noe særlig.

I de senere årene er det blitt rapportert at sjøørret mange plasser langs norskekysten har et forkortet sjøopphold og mye lavere vekst i sjøen som følge av infeksjon med lakselus (ICES 1997; Grimnes et al. 1998, 1999). I disse tilfellene er lakselusangrepene kraftige. Infeksjonen av lakselus på sjøørret i Altafjorden er ikke så høg at den kan forventes å ha vesentlig negativ effekt på fiskens vekst og hvor lenge den står i sjøen (Grimnes et al. 1998, 1999).

Andelen fisk infisert med lakselus kan betraktes som et estimat av andelen fisk som vender tilbake til fiskefella etter å ha vært ute i sjøvann. Ved utsettingene i 1997 og 1998 varierte andelen luseinfisert utsatt fisk fra 23 til 43 % for de ulike utsettingsgruppene. Denne andelen er noe lavere enn andelen utsatt fisk som vandrer ut etter utsetting ovenfor fiskefella. Dette estimatet er imidlertid av flere grunner et minimums estimat: i) all fisk som har vært i sjøvann blir ikke infisert med lakselus, ii) luseinfeksjon (spesielt yngre stadier av lusa) kan være vanskelig å registrere på ørret idet denne fisken har en svartprikket drakt, iii) fisken kan ha stått såpass lenge i ferskvann før den går opp i fiskefella at lusa har falt av. Det siste punktet har sannsynligvis mindre betydning idet luseangrepene (spesielt etter voksne lus) etterlater seg kraftige merker som registreres også etter at lusa har falt av.

Ved utsettingene i 1997 og 1998 fant vi ingen vesentlige forskjeller i gjenfangst i fiskefella hos vill sjøørretsmolt og oppdrettet ørret. De to gruppene av fisk hadde derfor noenlunde samme overlevelse nedenfor fiskefella. Dette er overraskende idet sammenliknende studier av vill fisk og oppdrettsfisk vanligvis har vist at villfisk har vesentlig høyere overlevelse enn oppdrettsfisk (Jonsson et al. 1991; Berg & Jørgensen 1991). Da villsmolt og oppdrettet smolt har ulik vandringsatferd vil de to gruppene av fisk også påvirkes av ulike miljøforhold med hensyn på dødelighet. Dødelighet hos smolten kan skyldes

predasjon fra fugl eller fisk under utvandring, eller den kan skyldes predasjon eller fangst under sjø/brakkvannsoppholdet. Vi kjenner ikke betydningen av de viktigste dødelighetsfaktorene for anadrom fisk i sjøfasen i Talvik. At villsmolt og oppdrettet smolt hadde noenlunde samme overlevelse i 1997 og 1998 kan skyldes at de var utsatt for forskjellige dødelighetsfaktorer som pga. av tilfeldigheter ble like store.

Resultatene fra utsettingene i 1997 og 1998 viste at gjenfangstene av oppdrettet ørretsmolt kan variere mye mellom år. I 1997 varierte gjenfangstprosenten mellom 14,5 og 17,8 % for de ulike forsøksgruppene. Gjenfangsten i 1998 varierte mellom 4,6 og 8,9 % og var vesentlig lavere enn i 1997. Den samme forskjellen i gjenfangst mellom de to årene ble også funnet hos vill sjøørretsmolt idet gjenfangsten i 1998 (7,3 %) var omtrent halvparten av gjenfangsten i 1997 (13,6 %). Det er derfor rimelig å tolke forskjellene i gjenfangst mellom år som forårsaket av forhold i elva/brakkvannsområdet/sjøen og ikke oppdrettstekniske forhold rundt smoltproduksjonen. Hvilke forhold som gjør slike store forskjeller mellom år i gjenfangst av både oppdrettet og vill fisk er uklart. Mulige forklaringer kan ligge i fysiske forhold som temperatur eller i biologiske forhold som forekomst av næringsdyr eller predatorer. Foreløpige analyser av gjenfangst i fiskefella av vill sjøørretsmolt over en elleveårsperiode (1988-1998) viser at det er en signifikant positiv korrelasjon mellom gjenfangstprosent av sjøørretsmolt og fiskens spesifikke daglige vekstrate under sjøoppholdet ( $r = 0.71$ ,  $p < 0.05$ ). Dette indikerer at vekstforholdene under sjøoppholdet påvirker overlevelsen til villfisk enten direkte eller indirekte.

Verken bruk av saltfôr eller akklimering i brakkvann førte til større gjenfangst av fisk satt ut nedenfor fella i Halselva i 1997. Andelen fisk infisert med lakselus var heller ikke større hos brakkvannsakklimert og saltfôret fisk enn hos fisk som hadde gått på vanlige oppdretts-betingelser før utsetting. Dette tyder på at fiskens vandringsatferd ikke påvirkes av disse tiltakene. Veksten hos luseinfisert brakkvannsakklimert fisk var imidlertid noe bedre enn veksten hos luseinfisert uakklimert fisk, slik at akklimering til en viss grad påvirker prestasjonen for den fisken som går ut i sjøvann. I 1998 var gjenfangsten av brakkvannsakklimert fisk vesentlig lavere enn av fisk som hadde gått på standardbetingelser.

Hos luseinfisert utsatt ørret var det en klar positiv sammenheng mellom lengden på oppholdet nedenfor fiskefella og fiskens vektøkning. Dette indikerer som tidligere nevnt at denne fisken har beitet i sjøvann i mellomtiden og at et lengre sjøvannsopphold gir en større vektøkning. Vektøkningen hos denne fisken var imidlertid vesentlig lavere enn hos vill ørretsmolt. Dårlig vekst under første sjøopphold etter utsetting hos oppdrettet ørret samsvarer med hva en finner ved utsetting av oppdrettet sjørøye (Finstad & Heggberget 1993, 1995). Oppdrettet sjørøye utsatt i Halsvassdraget viser god vekst i sjø først ved andre sjøopphold. Det samme ser ut til å være tilfelle hos oppdrettet sjøørret. Det synes derfor som om at oppdrettet fisk må gå gjennom en læringsperiode før den nærmer seg villfisk i funksjonsdyktighet.



For å oppsummere så viser våre forsøk at den oppdrettede smolten skiller seg markert fra villsmolt på flere områder. En stor del av disse forskjellene synes å skyldes at majoriteten av den utsatte smolten ikke har tilstrekkelig vandringsvillighet eller tilstrekkelig osmoreguleringsevne til å oppsøke sjøvann.

#### 4.4 Konklusjon

De forsøkene som er omtalt i denne rapporten sammen med resultatene fra tidligere forsøk med saltfôring (Ugedal & Finstad 1996) indikerer at produksjonsforbedrende tiltak den siste tiden før utsetting av sjøørretsmolt bare kan gi begrensede forbedringer i smoltens kvalitet. Selv om både saltfôring og brakkevannsakklimering kan synes å gi små forbedringer i osmoreguleringsevne bedrer dette ikke prestasjonene til fisken ved en utsetting i overgangen mellom ferskvann og sjøvann. Hovedproblemet med oppdrett av sjøørretsmolt synes å være knyttet til fiskens vandringsvillighet. Ved utsetninger i elv er vandringsvilligheten selvsagt vesentlig for at fisken skal gå nedstrøms og ut i sjøen. Ved utsetninger i overgangen mellom ferskvann og sjøvann synes også vandringsvilligheten å være sentral mhp. fiskens prestasjoner under sjø- (brakkevann) oppholdet.

Det største problemet med å utvikle en mer vandringsvillig ørretsmolt er at vi ikke kjenner mekanismene bak fiskens valg av livsstrategi (vandrende vs. stasjonær). Vi vet ikke i hvilken grad variasjoner i vandringsvillighet innen og mellom bestand er knyttet til genetiske eller miljømessige forhold (Jonsson & Finstad 1995). Vi vet heller ikke hvilke miljøfaktorer som er kritiske med tanke på utvikling av anadrom atferd hos ørret. Slik kunnskap er vesentlig for å bedre produksjonsmetodene for sjøørretsmolt.

## 5 Litteratur

- Belaud, A., Yany, G., Kugler, J. & Labat, R. 1984. Comparison de l'adaptation à la salinité de *Salmo trutta* entre variétés migratic et sédentaire. - *Ictophysiologie. Acta.* 10: 26-40.
- Berg, S. & Jørgensen, J. 1991. Stocking experiments with 0+ and 1+ trout parr, *Salmo trutta* L., of wild and hatchery origin: 1. Post-stocking mortality and smolt yield. - *J. Fish Biol.* 39: 151-169.
- Berger, V.J.A. 1970. The effect of marine water of different salinity on *Lepeophtheirus salmonis*, ectoparasite of salmon. - *Parasitologiya (Leningrad)* 4: 136-138.
- Boeuf, G. 1993. Salmonid smolting: a pre-adaption to the oceanic environment. - s. 105-136 i Rankin, J.C. & Jensen, F.B., eds. *Fish Ecophysiology*. Chapman & Hall, London.
- Bjørn, P.A. 1996. The effects of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestation on sea trout (*Salmo trutta* L.) post smolts. - Cand. Scient. avhandling. Fiskerihøgskolen, Universitetet i Tromsø.
- Dellefors, C. 1996. Smoltification and sea migration in wild and hatchery-reared brown trout, *Salmo trutta*. - Dr. avhandling. Department of Zoology. University of Göteborg.
- Finstad, B. & Heggberget, T.G. 1993. Migration, growth and survival of wild and hatchery-reared anadromous Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in Finnmark, northern Norway. - *J. Fish Biol.* 43: 303-312.
- Finstad, B. & Heggberget, T.G. 1995. Seawater tolerance, migration, growth and recapture rates of wild and hatchery-reared Arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)). - *Nordic J. Freshw. Res.* 71: 229-236.
- Finstad, B. & Nilsen, S.T. 1998. Smoltproduksjonsforsøk med laks - 1997. - NINA Oppdragsmelding 558: 1-14.
- Finstad, B. & Nilsen, S.T. 1999. Smoltproduksjonsforsøk med laks - 1998. - NINA Oppdragsmelding xxx: x-xx.
- Finstad, B., Nilssen, K.J. & Arnesen, A.M. 1989. Seasonal changes in sea-water tolerance of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). - *J. Comp. Physiol.* 159: 371-378.
- Finstad, B. & Ugedal, O. 1998. Smolting of sea trout (*Salmo trutta* L.) in northern Norway. - *Aquaculture* 168: 341-349.
- Grimnes, A., Finstad, B., Bjørn, P.A., Tovslid, B.M. & Lund, R. 1998. Registrering av lakselus på laks, sjøørret og sjørøye i 1997. - NINA Oppdragsmelding 525: 1-33.
- Grimnes, A., Finstad, B. & Bjørn, P.A. 1999. Registrering av lakselus på laks, sjøørret og sjørøye i 1998. - NINA Oppdragsmelding 579: 1-33.
- Hoar, W.S. 1988. The physiology of smolting salmonids. - s. 275-343 i Hoar, W.S. & Randall, D.J., eds. *Fish Physiology: The Physiology of Developing Fish. Viviparity and Posthatching Juveniles*, volume XIB. Academic Press, New York, NY.
- Högstrand, C. & Haux, C. 1985. Evaluation of the sea-water challenge test on sea trout, *Salmo trutta*. - *Comp. Biochem. Physiol.* 82A: 261-266.

- ICES. 1997. Report of the workshop on the interactions between salmon lice and salmonids. - ICES CM 1997/M:4, Ref.: F.
- Jonsson, B. 1985. Life history patterns of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. - Trans. Am. Fish. Soc. 114: 182-194.
- Jonsson, B. 1989. Life history and habitat use of Norwegian brown trout (*Salmo trutta*). - Freshw. Biol. 21: 71-86.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P. 1991. Differences in life history and migratory behaviour between wild and hatchery-reared Atlantic salmon in nature. - Aquaculture 98: 69-78.
- Jonsson, N. & Finstad, B. 1995. Sjøørret: økologi, fysiologi og atferd. - NINA Fagrapport 06: 1-32.
- Long, C.W., McComas, J.R. & Monk, B.H. 1977. Use of salt (NaCl) water to reduce mortality of chinook salmon smolts, *Oncorhynchus tshawytscha*, during handling and hauling. - Mar. Fish. Rev. 39 (7): 6-9.
- Margolis, L., Esch, G.W., Holmes, J.C., Kuris, A.M. & Schad, G.A. 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists). - J. Parasit. 69: 131-133.
- Pirhonen, J., Forsman, L., Soivio, A. & Thorpe, J.E. 1998. Movements of hatchery reared *Salmo trutta* during the smolting period, under experimental conditions. - Aquaculture 168: 27-40.
- Saksgård, L., Jensen, A.J., Finstad, B., Johnsen, B.O. & Møkkelgjerd, P.I. 1999. Smoltutsettinger i Auravassdraget 1992-1998. - NINA Oppdragsmelding 581: 1-19.
- Sigholt, T. & Finstad, B. 1990. Effect of low temperature on seawater tolerance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - Aquaculture 84: 167-172.
- Soivio, A., Muona, M. & Virtanen, E. 1989. Smolting of two populations of *Salmo trutta*. - Aquaculture 82: 147-153.
- Tanguy, J.M., Ombredane, D., Baglinière & Prunet, P. 1994. Aspects of parr-smolt transformation in anadromous and resident forms of brown trout (*Salmo trutta*) in comparison with Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Aquaculture 121: 51-63.
- Thorpe, J.E., Mangel, M., Metcalfe, N.B. & Huntingford, F. 1998. Modelling the proximate basis of salmonid life-history variation, with application to Atlantic salmon, *Salmo salar* L. - Evol. Ecol. 12: 581-599.
- Ugedal, O. & Finstad, B. 1996. Smoltproduksjonsforsøk med sjøørret. - NINA Oppdragsmelding 448: 1-18.
- Ugedal, O., Finstad, B., Damsgård, B. & Mortensen, A. 1998. Seawater tolerance and downstream migration in hatchery-reared and wild brown trout. - Aquaculture 168: 395-405.
- Wedemeyer, G. 1972. Some physiological consequences of handling stress in the juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and steelhead trout (*Salmo gairdneri*). - J. Fish. Res. Board Can. 29: 1780-1783.
- Wedemeyer, G. & Wood, J. 1974. Stress as a predisposing factor in fish diseases. - U.S. Fish Wildl. Serv., Fish Dis. Leaflet 38.

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-1064-9

607

**NINA  
OPPDRAGS-  
MELDING**

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

**NINA  
Norsk institutt  
for naturforskning**