

631

OPPDRAKSMELDING

Smoltproduksjonsforsøk
og utsettinger av laks
i Halselva og Altaelva
- 1999

Rita Strand
Bengt Finstad



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Smoltproduksjonsforsøk
og utsetninger av laks
i Halselva og Altaelva
- 1999

Rita Strand
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.

Strand, R & Finstad, B. 2000. Smoltproduksjonsforsøk og utsettinger av laks i Halselva og Altaelva - 1999. -NINA Oppdragsmelding 631: 1-23.

Trondheim, august 2000

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1103-3

Forvaltningsområde:

Bærekraftig høsting, fisk

Sustainable harvesting, 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.: 13306 Smoltproduksjonsforsøk

Ansvarlig signatur:

Tor F. Næsje

Oppdragsgiver:

Statkraft SF

Referat

Strand, R & Finstad, B. 2000. Smoltproduksjonsforsøk og utsetninger av laks i Halselva og Altaelva - 1999. - NINA Oppdragsmelding 631: 1-23.

Forholdene for produksjon av laksesmolt til kultiveringsformål og kompensasjonsutsetninger i forbindelse med vassdragsreguleringer varierer med breddegrad. Det er derfor en utfordring å få til en regional tilpasning av produksjon av laksefisk i Norge.

Ett- og toårig laksesmolt produsert ved settefiskanlegget i Talvik (70°N) ble gitt ulike lys- og temperaturregimer fram mot utsetting i 1999. Standardiserte sjøvannstester ble benyttet fra tidlig om våren for å kvantifisere smoltifiseringsprosessen. Fisk fra de ulike produksjonsgruppene ble carlinmerket og satt ut ovenfor NINAs fiskefelle i Halselva for testing av vandringslyst, smoltfysiologi og betydning av transportstress og utsettingssted. I Altaelva ble det satt ut laksesmolt som ble transportert på ulike måter og satt ut enten direkte eller satt i hvilemær en uke før utvandring. Gjenfangster av voksen tilbakevendt laks fra tidligere utsetninger i Altaelva ble registrert.

I våre temperaturforsøk i 1999 testet vi vandringsatferd og sjøvannstoleranse hos grupper av smolt holdt på naturlig vann fra elva og naturlig vann oppvarmet med 1,5 og 3,0 °C. Hos toårig smolt var det tendenser til at grupper holdt på naturlig vanntemperatur vandret ut i større grad enn grupper holdt på oppvarmet vann. Ettårig smolt holdt på naturlig vanntemperatur og som ble satt ut tidlig på sesongen, vandret ut i større grad og vandret raskere ut etter utsetting, enn ettårig smolt holdt på vann oppvarmet med 3,0 °C. Dette sammenfaller med bedre sjøvannstoleranse hos ettårig smolt holdt på naturlig vanntemperatur i forhold til gruppene holdt på oppvarmet vann som ble satt ut på samme tid. Ettårig smolt hadde gjennomgående lavere plasmakloridverdier enn toårig smolt i sjøvannstestene, det vil si bedre evne til å regulere osmo- og ionebalansen i sjøvann. Ettårig smolt viste også tendenser til bedre vekst på økt vanntemperatur i anlegget før utsetting enn det som ble registrert hos toårig smolt.

Forsøkene med simulering av isdekke viste i 1999 at det ikke var forskjell i andel som vandret ut hos grupper som fikk simulert isdekke og de som fikk naturlig lys før utsetting. I 1997 var det indikasjoner på at sen isløsning (simulert isdekke) kunne forsinke utvandringen. I 1998 var det ingen forskjeller i utvandringsandel med hensyn på isløsning, men gruppene uten simulert isdekke vandret raskere ned etter utsetting.

Smolt satt ut i munningen av Storvatnet i 1999 vandret ut i større grad enn de som ble satt ut lenger oppe. I 1998 vandret smolten som ble satt ut i munningen av Halselva ut i større grad enn smoltgrupper satt ut lenger

oppe i elva. I begge forsøkene var andelen utvandrende smolt høyest på utsettingsstedene lengst nede.

I transportstressforsøkene i Halselva viste det seg at alle gruppene som ble gitt hvileopphold i hvilemær i elv hadde bedre utvandring enn gruppene satt direkte ut i elva.

Gjenfangstene fra smoltutsettingene i Altaelva i 1998 viste at det var best gjenfangster hos smolt transportert med helikopter og satt i hvilemær før utsetting i Altaelva.

Emneord: Smoltproduksjonsforsøk, laks, sjøvannstoleranse, overlevelse, vandring, transportstress.

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

Abstract

Strand, R & Finstad, B. 2000 Smolt production experiments and releases of salmon in the Rivers Hals and Alta – 1999 – NINA Oppdragsmelding 631: 1-23.

Conditions for production of Atlantic salmon smolts for cultivation and compensation releases in connection with water regulation varies with latitude. It is therefore a challenge to develop regional production methods for salmonid fishes in Norway.

One- and two-year-old Atlantic salmon smolts produced by the hatchery at Talvik (70°N) were given different light and temperature regimes prior to release in 1999. Standardised seawater tests beginning in early spring were carried out to quantify the smolting process. Fish from the different production groups were Carlin marked and released above NINAs fish trap in the River Hals to test for migratory tendency, smolt physiology, transport stress and importance of release location. In the River Alta, Atlantic salmon smolts were exposed to different transport stresses and released either directly or after a one week recovery period. Recaptures of returning adult salmon from the releases in the River Alta were subsequently registered.

In the spring temperature experiments of 1999, we tested migration behaviour and seawater tolerance in groups of smolts held on water from the river at ambient temperature, as well that warmed by 1.5 and 3.0°C. Among the two-year-old smolts, there was a tendency for groups held at ambient water temperatures to migrate more than those held at warmer temperatures. Among the one-year-old smolts released early, there was a tendency for a great proportion of those held on water warmed 3 °C to migrate and to do so sooner after release. This reflects the better seawater tolerance of this group in comparison to the other groups released at the same time. One-year-old smolts had generally lower plasma chloride levels than two-year-old smolts in the seawater tests, suggesting that they had better capabilities for seawater regulation.

Experiments in 1999 simulating ice cover indicated that there was no difference in the proportion of fish migrating in groups given simulated ice cover compared to those given natural light before release. In 1997, there were indications that late ice break-up (simulated ice cover) can delay out migration. In 1998, there were no differences in the proportions of fish out migrating, but groups not exposed to simulated ice cover migrated faster out after release than groups exposed to simulated ice cover.

Smolts released in the estuary of Storvatnet in 1999 out-migrated to a larger degree than those released further up. In 1998, the smolts released in the estuary of the River Hals out migrated to a larger degree than smolt

groups released further up the river. In both experiments, the proportion of smolts out-migrating was higher for releases lower in the watercourses.

The transport stress experiments at the River Hals indicated that all groups given a recovery period in enclosures in the river prior to release had better migration than groups released directly into the river.

Recaptures from the smolt releases in the River Alta in 1998 indicated that the best recapture rates were for smolts transported by helicopter and released a recovery period in the river.

Keywords: smolt production experiments - Atlantic salmon - seawater tolerance - survival, migration - transport stress.

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

Forord

I forbindelse med Altautbyggingen ble spørsmålet om bygging av et settefiskanlegg tatt opp av Alta Laksefiskeri Interessentskap, Alta kommune og Finnmark fylkeskommune. Direktoratet for Naturforvaltning (DN) anmodet Statkraft å bygge et forsøksanlegg i tilknytning til de undersøkelser som pågikk i Altaelva, og i 1985 inngikk Statkraft en avtale med DN om drift av Talvikanlegget for perioden 1985-89. Statkraft, DN, NINA og Alta kommune ble enige om at det skulle bygges ei kontrollfelle i Halsvassdraget i samband med prosjektet "kulturbetinget fiske" (senere «havbeiteprosjektet»). Talvikanlegget var ferdig bygd ved slutten av 1985, med en kapasitet på 50 000 laksesmolt årlig, og fisk produsert i anlegget ble første gang satt ut i 1986.

Målet for smoltproduksjonsforsøkene ved settefiskanlegget i Talvik har vært å produsere laksesmolt og å utvikle utsettingsmetoder/merkemethoder for å øke overlevelse og gjenfangst hos fisk utsatt i Altaelva i forbindelse med kompensasjonsutsettinger. Prosjektet ble igangsatt i 1993 og tidligere resultater er tilgjengelig i Finstad (1995); Strand & Finstad (1995); Finstad & Nilsen (1997), Finstad & Nilsen (1998) og Finstad et al. (1999).

De ansatte ved settefiskanlegget i Talvik og ved NINAs fiskefelle i Talvik takkes for et godt samarbeid. Produksjonsbetingelsene for laksen er som for tidligere år rapportert av stasjonsleder Frode Løvik ved settefiskanlegget. Svein Tore Nilsen ved settefiskanlegget takkes for tilrettelegging av datafiler og bearbeiding av deler av materialet. Per Ivar Møkkelgjerd og Gunnel M. Østborg foretok skjellanalysene fra fisk fanget i Altaelva for å skille mellom villfisk og utsatt/rømt fisk. Prosjektet er finansiert av Statkraft SF.

Trondheim, august 2000

Bengt Finstad
prosjektleder

Innhold

Referat	3
Abstract	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Metode og materiale	7
2.1 Fisk og produksjonsforhold	7
2.2 Utsettingslokaliteter og utsettingsmetoder	7
2.2.1 Effekten av temperatur og utsettingstidspunkt	7
2.2.2 Effekter av isdekke	8
2.2.3 Effekten av utsettingssted innen elva ..	8
2.2.4 Effekten av transport	9
2.2.5 Smoltutsettinger i Altaelva	10
2.3 Sjøvannstester	10
2.4 Definisjon av begreper	11
3 Resultater	11
3.1 Effekten av temperatur og utsettingstidspunkt	11
3.3 Effekten av isdekke	13
3.4 Effekten av utsettingssted innen vassdraget ..	16
3.5 Transportstressforsøk	17
3.6 Gjenfangster fra smoltutsettingene i Altaelva	19
3.7 Vekst i sjøen	19
4 Diskusjon	20
6 Litteratur	22

1 Innledning

Utsetting av kunstig produsert smolt har gitt svært varierende gjenfangster og det er vist at gjennomsnittlig overlevelse av anleggsprodusert smolt bare er halvparten av vill smolt (Jonsson et al. 1991). Smoltifisering hos laksefisk er en komplisert prosess som innebærer store endringer i atferd, morfologi og fysiologi hos fisken (Wedemeyer et al. 1980; Langdon 1985; Hoar 1988; Boeuf 1993; Høgåsen 1998). Tilpasningen til et opphold i sjøen består av flere mer eller mindre uavhengige prosesser som styres av indre biologiske rytmer, som synkroniseres av ytre miljøforhold slik at utvandringen kan skje på et optimalt tidspunkt. Hos ville bestander skjer dette i løpet av noen uker om våren, og tidspunktet for utvandring varierer både mellom år innen samme elv, mellom elver og med breddegrad (Metcalf et al. 1988).

Hos laksefisk er det årlig variasjon i daglengde (fotoperiode) som i størst grad påvirker tidspunkt for smoltifisering (Poston 1978; Wedemeyer et al. 1980; Lundquist 1983; Parker 1984), og dette tidspunktet endrer seg med breddegrad (Farmer et al. 1978; Boeuf 1993). Ved manipulering av fotoperioden i anlegg kan tidspunktet for de smoltifiserings-relaterte endringene forskyves (Saunders & Henderson 1970; Wagner 1974; Clarke et al. 1978; Clarke 1989). I forbindelse med vassdragsreguleringer kan temperaturen endre seg i forhold til før regulering, slik at isforholdene utover våren endrer seg. Endret isdekke fører til endret lys for fisken utover våren og kan endre tidspunkt for smoltifisering og utvandring.

Vanntemperaturen påvirker hvor raskt fisken smoltifiserer (Wedemeyer et al. 1980; Hoar 1988; Boeuf 1993). En økning i temperatur akselererer smoltifiseringen, men fører også til en raskere desmoltifisering, slik at perioden hvor fisken er smolt kortes kraftig ned ved høye temperaturer (Clarke et al. 1978, 1981; Soivio et al. 1988, 1989). Også lave temperaturer fram mot utsetting er vist å hindre smoltifisering hos laksefisk (Sigholt & Finstad 1990). Ulike temperatur- og lysregimer i anlegg ble forsøkt for å tilpasse laksesmolt i anlegg til sjøvannsoppholdet.

Smoltens alder og størrelse er vist å ha betydning for overlevelse og vekst i sjøen. Det er funnet størrelsesrelatert sjøvannstoleranse og overlevelse både hos laks, ørret og sjørøye (Parry 1958, 1966; Houston 1961; McCormick & Naiman 1984; Heifetz et al. 1989; Finstad & Ugedal 1998, Ugedal et al. 1998) og dette kan skyldes et større volum/overflate-forhold hos større fisk (McCormick & Saunders 1987; McCormick 1994). I våre forsøk ble både ett- og toårig smolt benyttet for å teste om ettårig smolt kan være aktuelt å benytte til utsettinger i stedet for toårig smolt som må oppholde seg lenger tid i anlegg og som er mer kostnadskrevenne å produsere.

Utsettingsstedet innen vassdraget har vist seg å ha betydning for smoltens overlevelse og vekst i sjøen (Peterson 1973; Hansen & Lea 1982; Einarsson et al. 1987), og vi har derfor lagt vekt på å prøve ulike utsettingslokaliteter innen vassdraget for å kunne øke overlevelse hos utsatt smolt.

Det er dokumentert negative stresseffekter på laksesmolt etter transport med bil før utsetting (Long et al. 1977). Det er nå generelt akseptert at det er sammenheng mellom forandringer i fiskens miljø og forstyrrelser i fiskens fysiologi i form av endret osmoregulering, metabolisme, respirasjon og sykdomsmotstand (Barton & Iwama 1991; Iwama et al. 1997). Slike forandringer i omgivelsene (stressorer) kan være raske temperaturforandringer og forstyrrelser som fysisk håndtering, transport (Iversen et al. 1997, 1998). Avstanden mellom Talvik Settefiskanlegg og Altaelva er tre mil, og det tar opp til to timer fra fisken høves fra karene på Settefiskanlegget, transport med bil fram til utsetting i Altaelva. Vi har derfor testet hvordan dette stresser fisken i forbindelse med kompensasjonsutsettingene i Altaelva.

I tillegg har vi gjort forsøk med saltføring og saltvannsakklimering (5-15 ‰) av fisken før utsetting, noe som andre steder har vist seg å være gunstig for overlevelse og vekst hos fisken ved utsetting i sjøen (Wedemeyer 1972; Wedemeyer & Wood 1974; Long et al. 1977).

Hensikten med smoltforsøkene ved settefiskanlegget i Talvik har vært a) å produsere en laksesmolt med godt utviklet sjøvannstoleranse ved utsetting i elv, og b) utvikle utsettingsmetoder som øker overlevelse og gjenfangst hos utsatt laksesmolt i Altaelva i forbindelse med kompensasjonsutsettingene.

2 Metode og materiale

2.1 Fisk og produksjonsforhold

Forsøkene ble utført ved settefiskanlegget i Talvik, som ligger ved Halselva i Finnmark. Produksjon av settefisk til utsettingene i Altaelva har foregått ved dette anlegget siden 1986. I tilknytning til anlegget er det bygd en fiskefelle i Halselva hvor all opp- og nedvandrende fisk i vassdraget merkes og registreres med lengde og vekt samt annen totalstatus. Det er naturlige bestander av laks, ørret og røye i vassdraget.

I 1993 ble prosjektet startet med at forsøksgrupper av laksesmolt ble gitt ulike produksjonsbetingelser (lys/temperatur), testet i standardiserte sjøvannstester og satt ut ovenfor fiskefella for å teste andel av utsatt smolt som vandret og utvandringsrespons (se årsrapport for 1993). Disse eksperimentene ble utvidet og videreutviklet i 1994 (Strand & Finstad 1995), 1995 (Finstad 1995), 1996 (Finstad & Nilsen 1997), 1997 (Finstad & Nilsen 1998), og 1998 (Finstad et al. 1999).

Stamfisk

I oktober og november 1997 ble åtte par laks av Altastamme (Bollo, 22 km oppe i elva) krysset og 96 000 rogn ble innlagt. Stamfisken besto av syv tre-sjøvinter og en fem-sjøvinter hunn. Hannfisken besto av tre en-sjøvinter og resten flersjøvinter hanner.

Høsten 1996 ble ni par av laks fra Bollo i Altaelva krysset og til sammen 75 000 rogn ble innlagt. Tre av ni hunnfisk var to-sjøvinter fisk. Tre av ni hannfisk var en-sjøvinter (grilse). Skjellavlesningene viste at stamfiskmaterialet bare besto av villfisk hos begge årgangene.

Følgende generelle retningslinjer ble fulgt for begge årgangene:

- Rogna ble lagt inn på naturlig vanntemperatur (råvann fra elva) og 24 timers mørke. Rogna fikk oppvarmet vann etter en måned i klekkesylindere. De ble overført fra klekkesylindere til åpne klekkerenner på øyerognstadiet. I midten av januar var 50 % av rogn klekket.
- I februar ble yngelen overført til startfóringssavdeling med 24 timers lys. Første fóropptak var i midten av februar. Fisk fra de ulike sorteringene ble satt over fra oppvarmet vann til naturlig vanntemperatur fra oktober/november.
- Det ble gjennomført appetittfóring med fórn fra Skretting. Svak fóring ved nattemørke ved høsttemperatur fra 5 til 1 °C, ellers fulgte fóringsskjemaet lysdagen. Redusert utfóring ved mørke 12 timer om høsten (22.09.-03.11.97 og 24.09.-28.11.98), og redusert fórdøgn fra 24 til 12 timer fra 03.11.97 og 28.11.98. I slutten av april (30.04.-15.05.98 og 26.04.-30.4.99) ble fórdøgn øket igjen.

- Finneråte og skjelltap ble registrert på 100 fisk i mars. Fisken ble kontrollert jevnlig for parasitter av ansatte og tilsynsveterinær.
- I midten av april ble fisken fordelt i forsøksgrupper og gitt ulike betingelser med hensyn til lys og temperatur fram mot utsetting (**tabell 1**).

2.2 Utsetningslokaliteter og utsetningsmetoder

Forsøksgruppene produsert ved settefiskanlegget ble satt ut på ulike lokaliteter både i Halselva og Altaelva (**figur 1**). Halselva ligger i Alta kommune i Finnmark, på 70°N, 23°Ø. Vassdraget har et nedslagsfelt på 143 km². Innsjøen i vassdraget, Storvatnet har et areal på 1,2 km², og ligger 30 moh. Halselva er 2,5 km lang, fra Storvatnet til den munner ut i Altafjorden. Fella i Halselva er lokalisert ca 30 meter ovenfor utløpet, ved settefiskanlegget. Forsøksgruppene ble satt ut ovenfor fella ved utløpet av Storvatnet, 50 og 100 meter ovenfor utløpet til Storvatnet.

Altaelva er lokalisert innerst i Altafjorden. Smolt ble transportert fra settefiskanlegget i Talvik og satt ut i Øvre Stengelsen (helikopter), Bollo og i munningen av Altaelva (**figur 1**). Det er omlag 35 km fra Halselva til Altaelva. Fra opplasting av fisken i settefiskanlegget til utsetting i Altaelva tar det omlag to timer.

I 1999 ble det utført forsøk med grenseverdier for temperatur, simulering av isdekke, effekten av utsetningssted innen vassdraget og transportstressforsøk (**tabell 1**).

2.2.1 Effekten av temperatur og utsettingstidspunkt

For å teste betydningen av temperatur på laksesmoltens vandringsvillighet gjorde vi forsøk med ett- og to-års-smolt som hadde gått i anlegg på tre ulike temperaturer fra 24.04.99 og fram til utsetting (**tabell 1**). Grupper på omtrent 100 smolt ble holdt på henholdsvis naturlig vanntemperatur (nt = direkte vanninntak fra elva) og oppvarmet 1,5 °C og 3,0 °C (**figur 2**). Bakgrunn og produksjonsforhold ellers var like for alle gruppene.

De ulike gruppene i temperaturforsøket ble satt ut i tre ulike perioder (15/06, 22/06 og 29/06) for å teste betydningen av utsettingstidspunkt på smoltfiserings- evne og vandringsmotivasjon. Det ble tatt sjøvannstoleransetester av alle gruppene utover våren samt før og etter utsetting. Spesifikk vekstrate (G) ble beregnet ut fra vektmålingene fra sjøvannstestene ut fra følgende formel uttrykt som % per tidsenhet:

$$G = (\ln V_2 - \ln V_1) / (t_2 - t_1) \cdot 100,$$

Hvor V_1 er fiskens vekt ved forsøkets start (t_1), V_2 er vekt ved forsøkets slutt (t_2).

Tabell 1: Forsøk gjennomført ved settefiskanlegget i Talvik i 1999.

Forsøk (behandling)	Alder	Utsatt tidspunkt	Antall utsatt	Sjøvannstestet
Temperaturforsøk				
Naturlig vanntemperatur	1+2	15.06.99	174	x
Naturlig vanntemperatur +1,5 °C	1+2	15.06.99	182	x
Naturlig vanntemperatur +3,0 °C	1+2	15.06.99	170	x
Naturlig vanntemperatur	1+2	22.06.99	194	x
Naturlig vanntemperatur +1,5 °C	1+2	22.06.99	199	x
Naturlig vanntemperatur +3,0 °C	1+2	22.06.99	197	x
Naturlig vanntemperatur	1+2	29.07.99	194	x
Naturlig vanntemperatur +1,5 °C	1+2	29.07.99	197	x
Naturlig vanntemperatur +3,0 °C	1+2	29.07.99	196	x
Isdekkeforsøk				
Simulert isgang uke 19	1+2	22.06.99	133	x
Simulert isgang uke 19	1+2	15.06.99	153	x
Simulert isgang uke 17	1+2	22.06.99	126	x
Simulert isgang uke 17	1+2	15.06.99	167	x
Utsettingssted				
Utløp av Storvatnet (0 meter)	1+2	05.07.99	202	
50 meter ovenfor utløpet	1+2	05.07.99	202	
100 meter ovenfor utløpet	1+2	05.07.99	202	
Transportstressforsøk (1)				
Hviledam	1+2	05.07.99	200	
Direkte utsetting	1+2	05.07.99	194	
Transportstressforsøk (2)				
Hvilemær i elv, to dager	1	25.06.99	163	
Kontroll *	1	25.06.99	115	
Bedøvelse + hvilemær to dager	1	25.06.99	149	
Kontroll *	1	25.06.99	129	
Brakkvann + hvilemær to dager	1	25.06.99	155	
Kontroll *	1	25.06.99	122	
Bedøvelse i brakkvann + hvilemær i to dager	1	25.06.99	152	
Kontroll *	1	25.06.99	125	

* Transportert og satt direkte ut i elva

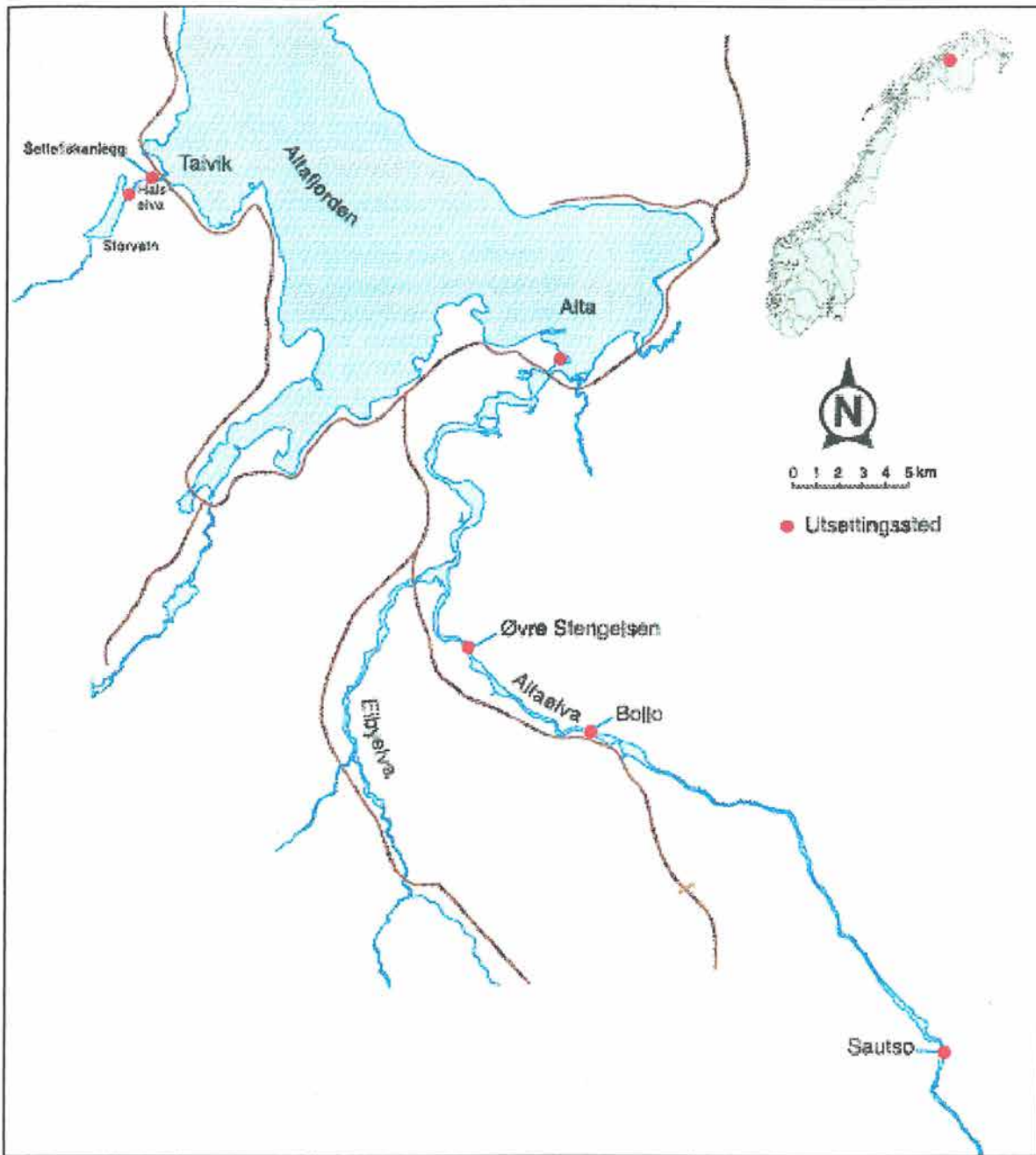
2.2.2 Effekten av isdekke

I Sautso i Altaelva har vintertemperaturen økt som følge av reguleringen og det blir tidligere isfritt nå enn før reguleringen. I Talvik utførte vi derfor forsøk med å simulere isdekke for å teste om denne faktoren har betydning for smoltens utvandringssatferd (**tabell 1**). Alle gruppene (åtte grupper á 62-84 fisk i hver) hadde samme bakgrunn og ble behandlet likt i anlegget fram til forsøkene med simulering av isdekke startet. Fire grupper av ett- og to-årig smolt fikk simulert isdekke ved å dekke over karene med presenning fram til uke 17 og naturlig lys fram til utsetting i uke 23 og 24, mens de andre gruppene fikk simulert isdekke fram til uke 19 og naturlig lys fram til utsetting i uke 23 og 25. Smolten ble satt ut ovenfor fella, og utvandring ble registrert i fella.

Det ble tatt sjøvannstester utover våren samt før og etter utsetting.

2.2.3 Effekten av utsettingssted innen elva

Vi satte ut smolt på ulike lokaliteter i Halsvassdraget. Seks grupper smolt (á 101 fisk) ble satt ut på tre lokaliteter i Storvatnet, henholdsvis 0, 50 og 100 meter fra utløpet (**tabell 1**). Smolten ble transportert 2 km med bil opp til Storvatnet, hvor gruppene ble håvet fra transportkaret over i lensbåt og sluppet henholdsvis ved utløpet og 50 og 100 meter innover i vatnet. Utvandrende smolt ble registrert i fella under nedvandringen.

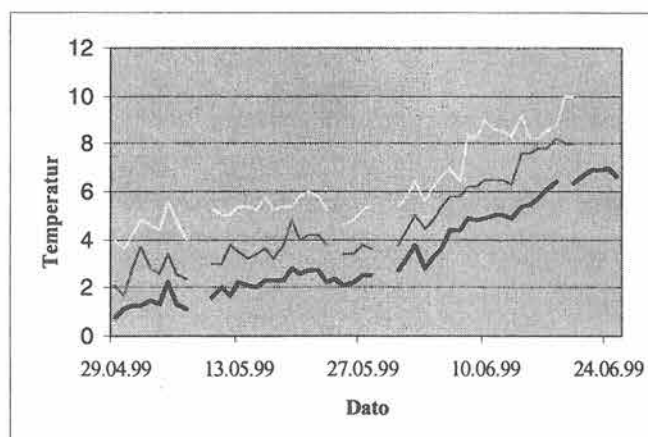
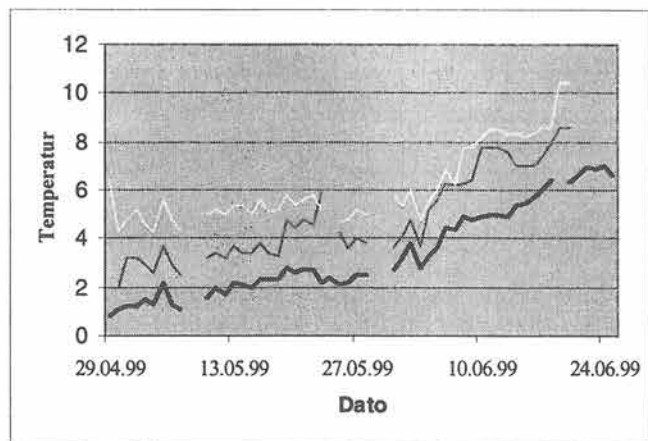


Figur 1. Geografisk oversikt over settefiskanlegget, Altaelva og utsettingslokaliteter.

2.2.4 Effekten av transport

Våre forsøk bestod av **a)** transport med bil to timer fra Talvik Settefiskanlegg i tanker med 400 L vann. Lakse-smolten ble kjørt tilbake til Halselva og satt i hvilemær i ei uke for å akklimeres seg. Deres utvandrigsandel og utvandrigsrespons ble testet mot smolt med samme bakgrunn og produksjonsforhold i anlegget som ble transportert samme distanse en uke senere og satt direkte ut i Halselva samtidig med at fisken i hvilemærene ble sluppet, og **b)** transportforsøk med bare ett-årig smolt hvor alle gruppene ble transportert med bil i 400 liters tanker fra Talvik settefiskanlegg og tilbake til Halselva etter en transport tilsvarende Talvik- Altaelva (figur 2), hvor:

- en gruppe ble satt i hvilemær i elva to dager før utsetting,
- en gruppe ble transportert i saltvann (11 ppt vann, dvs. 4,4 kg Instant Ocean i 400 l vann) under transport og gitt to dager i hvilemær i elva før utsetting,
- en gruppe fikk bedøvelse (1,0 mg metomidate dvs. 400 mg i 400 l vann) under transport og gitt to dager i hvilemær i elva før utsetting,
- en gruppe ble transportert i saltvann (11 ppt vann, dvs. 4,4 kg Instant Ocean i 400 l vann) med bedøvelse (1,0 mg metomidate) og gitt to dager i hvilemær i elva før utsetting.



Figur 2. Temperatur (°C) ved smoltforsøkene i Talvik i 1999.

For hver av forsøksgruppene under pkt. b) ble det satt ut kontrollgrupper med lik bakgrunn og behandling i anlegget fram til forsøkene startet (**tabell 1**). Utvandrigsandel ble registrert og testet mot kontrollgruppene.

2.2.5 Smoltutsettinger i Altaelva

I 1999 ble det satt ut 12 113 carlinmerket og 6 837 fettfinneklippet laksesmolt i Altaelva, både ett- og toårig smolt. Disse ble transportert med bil eller helikopter fra settefiskanlegget i Halselva og satt ut ved Øvre Stengelsen, i Bollo og i munningen av Altaelva (**figur 1**, **tabell 2**).

Gjenfangstene fra utsettingene i Altaelva er basert på innrapporterte carlinmerker til NINAs merkesentral, samt skjellavlesninger fra fiskefangster i Altaelva av fettfinneklippet utsatt smolt.

2.3 Sjøvannstester

Sjøvannstesting ble utført som beskrevet i Iversen et al. (1998). Grupper av fisk ble overført fra ferskvann til sjøvann (34 ‰) og etter 24 timer i sjøvann ble det tatt blodprøver av fisken (Blackburn & Clarke, 1987). Denne metoden er innarbeidet i de fleste laboratorier som arbeider med fiskefysiologiske problemstillinger og er internasjonalt akseptert. Analyser av natrium eller klorid i blodplasmaet ble deretter foretatt. Er natriumkonsentrasjonen under 170 mM og kloridkonsentrasjonen under 160 mM er dette en fullverdig smolt.

Tabell 2: Grupper av laksesmolt satt ut i Altaelva (Bollo, Sautso, Øvre Stengelsen og i munningen) i perioden 1995 til 1999.

År	Dato	Uts.metode	Smoltalder	Antall utsatt	Uts.sted
1995	28.06	Bil- direkte	2	5 893	Bollo
1996	27.06	Bil- direkte	1	3 002	Bollo
1996	27.06	Bil- direkte	1	7 000*	Bollo
1996	03.07	Bil- hvile	2	1 639	Sautso
1997	19.06	Bil- direkte	1	3 098	Bollo
1997	20.06	Bil- direkte	1	5 100*	Bollo
1998	02.07	Bil- direkte	1	3 008	Bollo
1998	03.07	Bil- direkte	1	3 014	Bollo
1998	03.07	Helikopter- direkte	1	3 009	Øvre Stengelsen
1998	03.07	Helikopter- hvile	1	3 000	Øvre Stengelsen
1999	08.07	Helikopter- direkte	1	3 015	Øvre Stengelsen
1999	08.07	Helikopter- hvile	1	3 008	Øvre Stengelsen
1999	30.06	Bil- direkte	1	3 008	Bollo
1999	01.07	Bil- direkte	2	3 082	Bollo
1999	01.07	Bil- direkte	1	2 941*	Bollo
1999	02.07	Bil- direkte	2	3 896*	Munning

*Fettfinneklippet

Fisken fikk stå uforstyrret i tre dager før testene ble igangsatt og ble sultet de siste 48 timene før overføring til sjøvann. Det ble tatt blodprøver av 10 tilfeldig valgte individer (kontrollgruppe) i ferskvann før overføring til sjøvann. Overføringen fra ferskvann til sjøvann skjedde direkte og med svært kort transporttid. Det ble overført 40 fisk og blodprøver av 10 fisk ble tatt etter 24 timers eksponering i sjøvann. Fiskene ble fanget inn på en forsiktig måte for å unngå stress som kan influere på nivåene av natrium og klorid i plasma. Blodprøver ble tatt ved at en sprøytespiss ble stukket inn i området nedenfor sidelinjen og ovenfor gattet. Spissen ble stukket forsiktig inn på skrå slik at den traff undersiden av virvelsøyla. Det ble benyttet en heparinisert 1 ml sprøyte (1 dråpe heparin per sprøyte), og ble tatt ca. 0,5 til 0,6 ml blod av hver fisk. Blodet fra sprøyta ble overført til et plasmarør, sentrifugert ved høyeste hastighet i 5 minutter, og plasma ble pipettert over til et nytt plasmarør som raskt ble satt i fryseren (-20 °C). Blodplasmaklorid-nivå ble bestemt med en Radiometer CMT-10 kloridtitrator.

2.4 Definisjon av begreper

I denne undersøkelsen er det viktig å skille mellom utvandingsandel og utvandingsrespons. Begge begrepene henspeler på smoltens vandringsvillighet- og motivasjon:

- Utvandingsandel beskriver andel av utsatt fisk som ble registrert nedvandrende i fella i løpet av hele registreringsperioden.
- Utvandingsrespons beskriver hvor raskt fisken vandrer etter utsetting. For å beskrive dette brukes man betegnelsen tid til 50% utvandring, dvs. hvor lang tid (dager) det tar før 50 % av fiskene som vandrer ut har passert fella.

3 Resultater

3.1 Effekten av temperatur og utsettingstidspunkt

Grupper av både ettårig og toårig smolt ble benyttet i forsøkene siden det er vist at også fiskestørrelse har betydning for utviklingen av sjøvannstoleranse. Det var ingen forskjeller i andelen som vandret ut mellom ett- og toårig smolt (Chi-square test, $p > 0,05$), bortsett fra ved ett tilfelle, hvor toårig smolt holdt på naturlig vanntemperatur og satt ut første utsettingsperiode (15.06.) vandret ut i større grad enn ettårig, henholdsvis 98,8 % og 62,2 % $\chi^2 = 4,0608$, $df = 1$, $p < 0,05$ (**tabell 3, figur 3**). Alle grupper toårig smolt var signifikant større enn ettårig smolt (paired t-test, $t = 67,184$, $df = 8$, $p < 0,05$) (**figur 4**).

Ettårig smolt som ble holdt på oppvarmet vann (+3,0 °C) i anlegget før utsetting var signifikant større enn grupper fra samme årsklasse som ble holdt på naturlig vanntemperatur fram mot utsetting ved første (15/6) (t-test, $t = 3,5621$, $df = 179$, $p < 0,05$) og siste utsetting (29/6) ($t = 4,1099$, $df = 196$, $p < 0,05$).

Hos toårig smolt var det forskjeller i kroppsstørrelse ved utsetting mellom de som ble holdt på naturlig vanntemperatur og oppvarmet vann (+3,0 °C) ved første ($t = 2,5059$, $df = 161$, $p < 0,05$) og andre utsetting ($t = 4,039$, $df = 196$, $p < 0,05$) (**tabell 1, figur 4**). Utvandingsandelen var imidlertid ikke forskjellig hos disse gruppene verken for ettårig eller for toårig smolt Chi-kvadrat test, $p > 0,05$) (**tabell 1, figur 3**).

Vekst

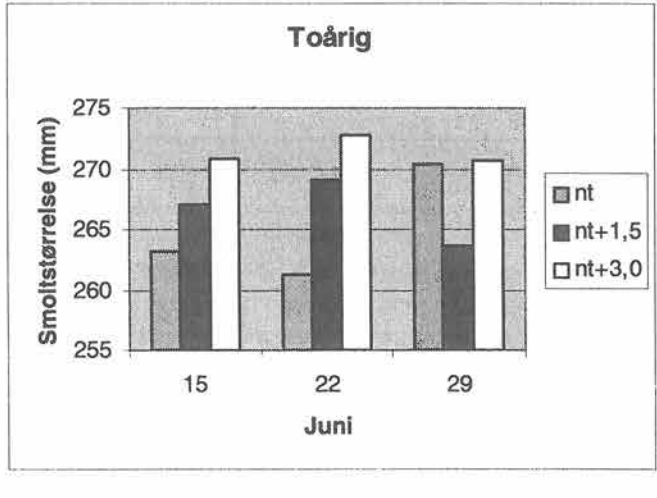
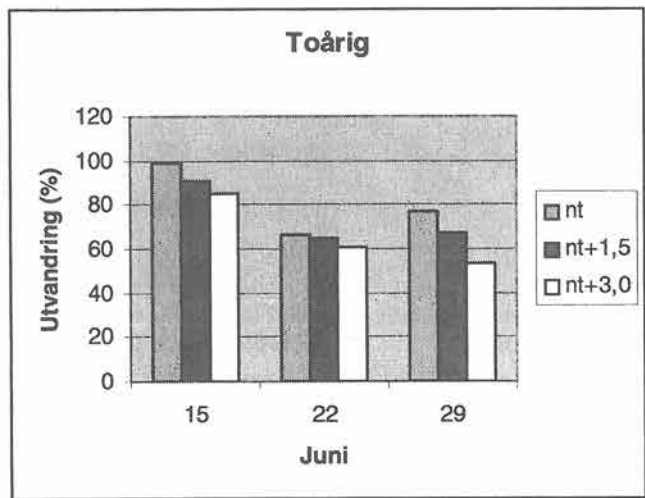
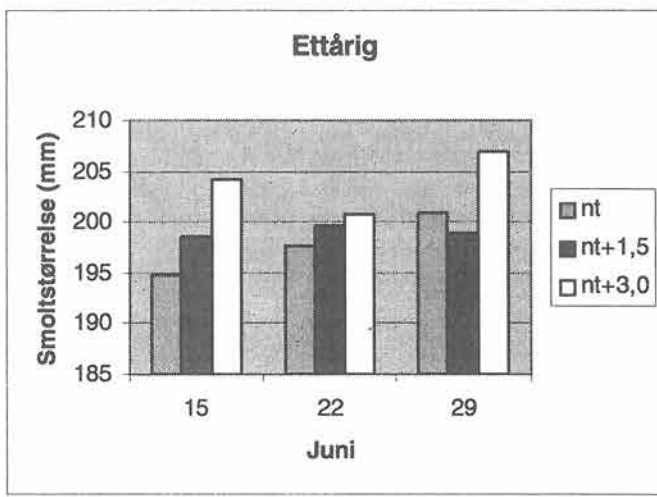
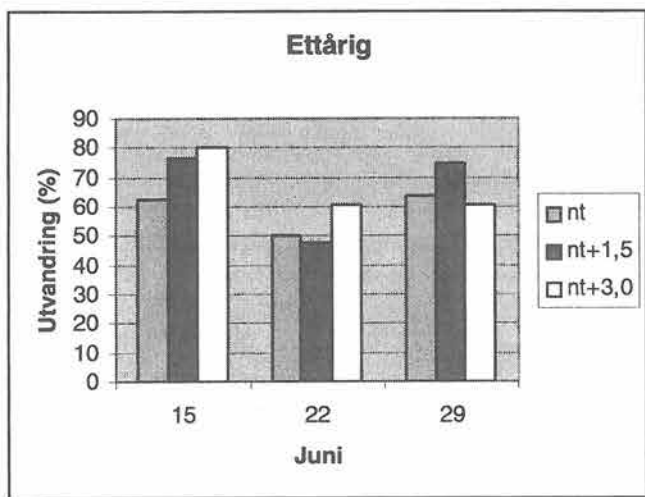
Fiskens vekst ble beregnet fra forsøket start i slutten av april og fram til utsetting. Det er imidlertid ikke de samme fiskene som er målt ved hver observasjon, siden det er fisken fra sjøvannstestene som ble benyttet. Beregningen av vekst må derfor bare tillegges begrenset betydning. Vekstdataene kan imidlertid tyde på at økt vanntemperatur fram mot utsetting gir positivt utslag med hensyn til vekst hos ettårig fisk. Hos toårig smolt er det fisken som har gått på naturlig vanntemperatur som har best vekst fram til utsetting (**tabell 3, figur 5 og 6**).

Utvandingsresponsen hos fisk i temperaturforsøkene var god hos begge årgangene satt ut i 1999, hvor 10-50 % av ettårig smolt vandret ut allerede første dagen etter utsetting og 30-95 % blant toårig smolt. Det var en tendens til raskere utvandring blant gruppene holdt på oppvarmet vann hos begge årsklasser (**figur 7 og 8**). Dette var mest fremtredende hos ettårssmolten.

Utsettingstidspunktet har også vist seg å ha betydning for smoltens evne og vilje til å vandre ut. Testene viste at det var ingen forskjeller i andelen av utsatt fisk som vandret ned hos de ulike grupper i forhold til når de ble

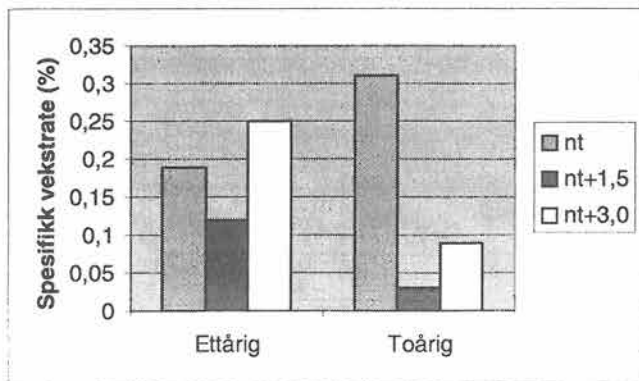
Tabell 3: Utvandringsandel (%) hos ett- og toårig smolt holdt på ulike temperaturer i anlegget i Talvik før utsetting i 1999.

Temperatur i anlegg	Utsetnings- tidspunkt	Ettårig smolt			Toårig smolt		
		Smoltlengde, mm (SD)	N	Utvandrings- andel (%)	Smoltlengde, mm (SD)	N	Utvandrings- andel (%)
Naturlig vanntemp.	15.06.99	194,7 (23,7)	90	62,2	263,2 (19,4)	84	98,8
Naturlig vanntemp.+1.5 °C	15.06.99	198,5 (11,6)	98	76,5	267,1 (20,8)	84	90,5
Naturlig vanntemp.+3.0 °C	15.06.99	204,2 (9,2)	91	80,2	270,8 (19,3)	79	84,8
Naturlig vanntemp.	22.06.99	197,7 (11,2)	96	50,0	261,3 (21,3)	98	66,3
Naturlig vanntemp.+1.5 °C	22.06.99	199,7 (11,8)	100	48,0	269,0 (18,3)	99	64,6
Naturlig vanntemp.+3.0 °C	22.06.99	200,7 (33,2)	97	60,8	272,8 (18,7)	100	61,0
Naturlig vanntemp.	29.07.99	201,0 (10,6)	99	63,6	270,4 (20,9)	95	76,8
Naturlig vanntemp. +1.5 °C	29.07.99	199,0 (10,4)	100	75,0	263,7 (44,5)	97	67,0
Naturlig vanntemp.+3.0 °C	29.07.99	207,4 (11,3)	99	60,6	270,6 (20,2)	97	53,6

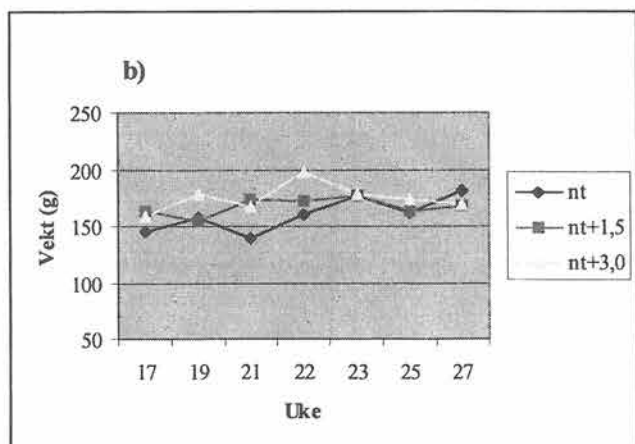
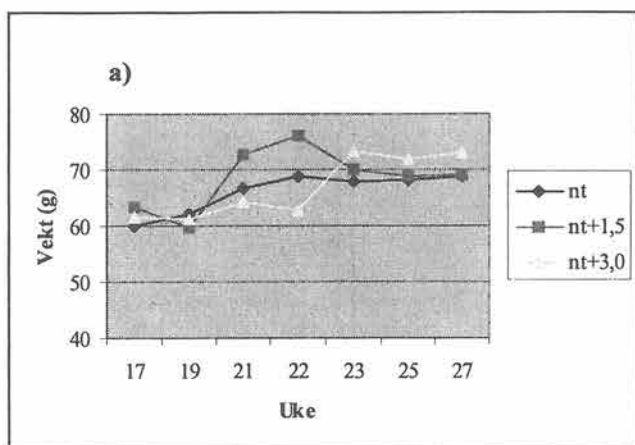


Figur 3. Utvandringsandel (%) hos ett- og toårig smolt holdt på ulike temperaturer i anlegg og satt ut til ulike tidspunkt i 1999. nt = naturlig vanntemperatur; nt + 1,5 = naturlig vanntemperatur + 1,5 °C; nt+3,0 = naturlig vanntemperatur + 3,0 °C.

Figur 4. Smoltstørrelse (mm) hos ett- og toårig smolt holdt på ulike temperaturer i anlegg og satt ut til ulike tidspunkt i 1999. nt = naturlig vanntemperatur; nt + 1,5 = naturlig vanntemperatur + 1,5 °C; nt+3,0 = naturlig vanntemperatur + 3,0 °C.



Figur 5. Spesifikk vekstrate (% per dag) hos fisk i temperaturforsøkene. Veksten ble beregnet ut fra vektmålinger i forbindelse med sjøvannstester fra 27.04-06.07.99 (70 dager). nt = naturlig vanntemperatur; nt + 1,5 = naturlig vanntemperatur + 1,5 °C; nt+3,0 = naturlig vanntemperatur + 3,0 °C.



Figur 6. Vekst hos a) ett- og b) toårig smolt holdt på ulike vanntemperaturer i anlegg før utsetting i 1999. nt = naturlig vanntemperatur; nt + 1,5 = naturlig vanntemperatur + 1,5 °C; nt+3,0 = naturlig vanntemperatur + 3,0 °C.

satt ut (Chi-kvadrat test, $p > 0,05$) (**figur 3**). Hos toårig smolt er det en tendens til redusert andel utvandret fisk utover sesongen, men dette er ikke signifikant (Chi-kvadrat test, $p > 0,05$).

Sjøvannstoleransetester gir en god indikasjon på om smolten fysiologisk er i stand til å tåle overgangen fra ferskvann til sjøvann. Det ble tatt sjøvannstoleransetester av de ulike gruppene i temperaturforsøkene utover våren fram til utsetting. Disse testene viste signifikante forskjeller i plasmakloridverdier mellom ferskvanns- og saltvannsgruppene i alle temperaturforsøkene (oneway ANOVA, $p < 0,05$). Ettårig smolt hadde lavere plasmakloridverdier enn toårig smolt i sjøvannstestene (oneway ANOVA, $F = 0,044$, $df = 1$, $p < 0,05$) (**figur 9**). Kloridverdiene for fisk i ferskvann var imidlertid like for begge aldersgrupper ($F = 0,283$, $df = 1$, $p > 0,05$). Det var heller ingen forskjeller i sjøvannstoleranse mellom grupper holdt på ulike temperaturer i anlegg, verken hos ettårig ($F = 0,271$, $df = 2$, $p > 0,05$) eller toårig smolt ($F = 0,283$, $df = 2$, $p > 0,05$).

Smolten i disse forsøkene ble satt ut i uke 24, 25 og 26 (15/6, 22/6 og 29/6), samtidig som fisken hadde god sjøvannstoleranse. Dette gjaldt både for ett- og toåring-er (**figur 9**). Villsmolten i Halselva vandrer vanligvis ut i uke 22-27, altså innen samme tidsperiode som forsøksfisken ble satt ut.

3.3 Effekten av isdekke

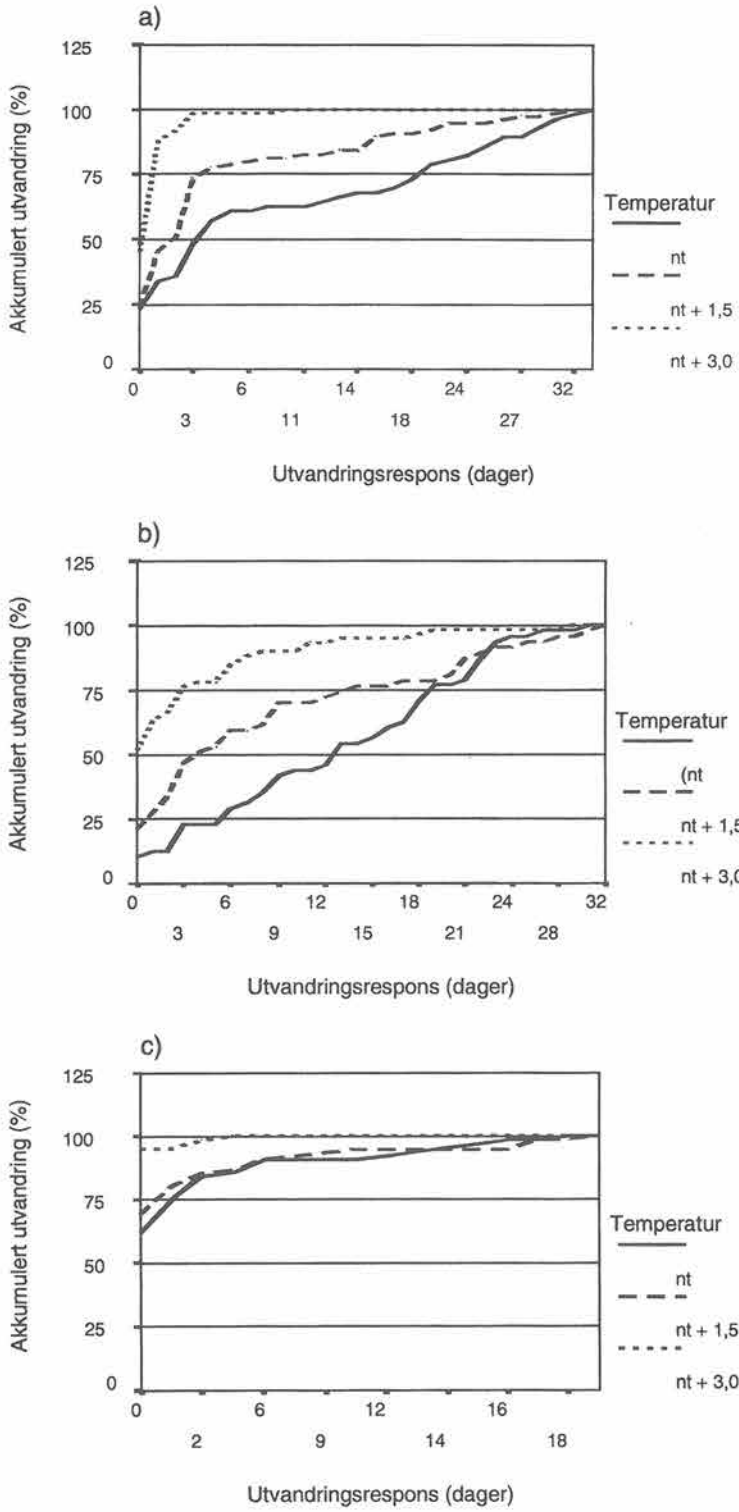
For å teste betydningen av isdekke ble fire grupper satt på lys uke 19 (simulert sen isgang), og fire grupper på lys to uker tidligere, uke 17 (simulert naturlig isgang) (**tabell 4**).

Gruppene satt ut den 15.06 hadde O_2 -brist like før utsetting. Resultatene fra dette forsøket bør derfor sees i forhold til dette.

Sammenlikning av grupper av samme alder og utsettingstidspunkt viste ingen signifikante forskjeller i utvandningsandel mellom de som fikk simulert sen isgang og normal isgang (Chi-kvadrat-test, $p > 0,05$).

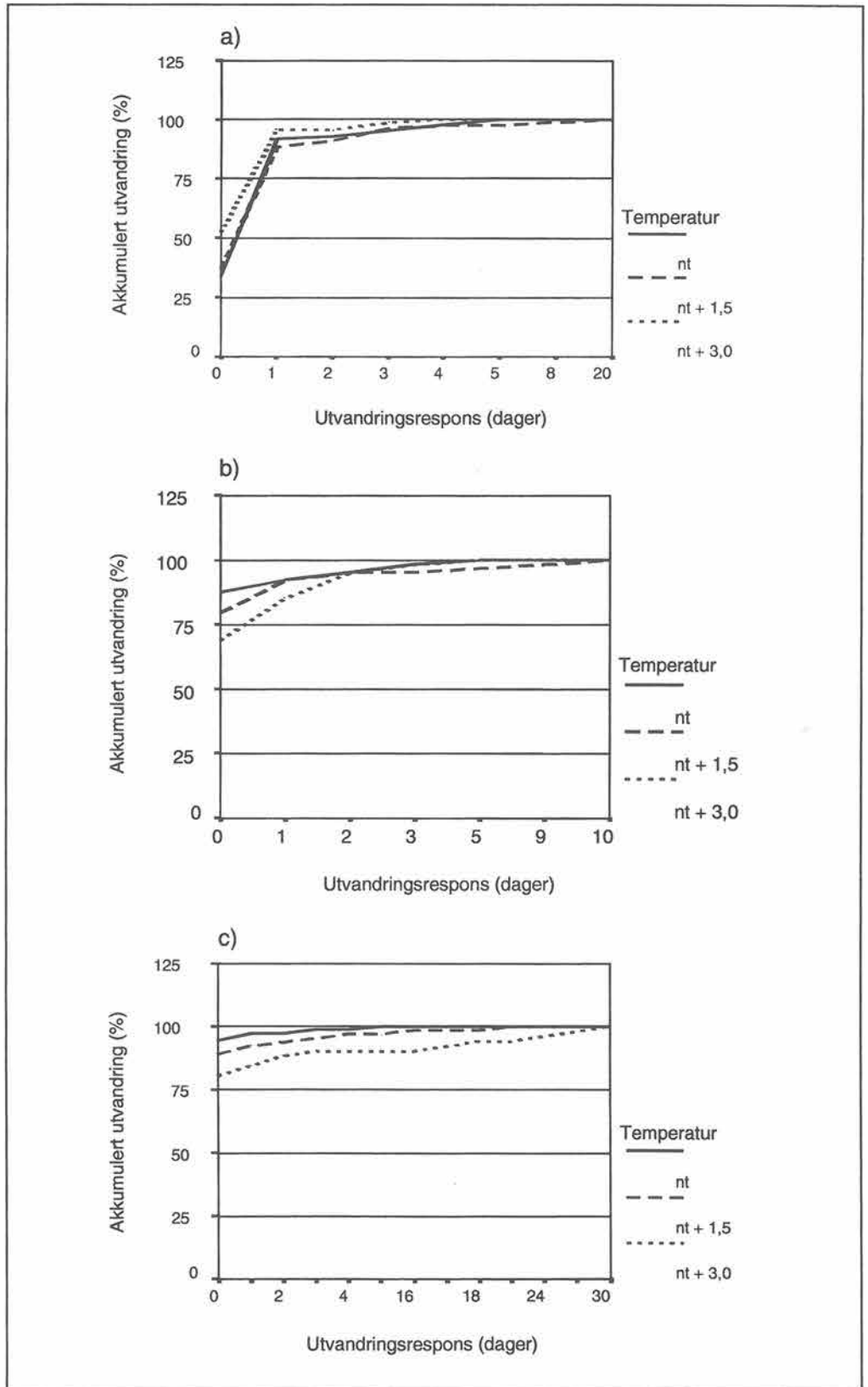
Ettårig smolt holdt på simulert naturlig isgang vandret ut i større grad ved første utsetting (15/6) enn siste utsetting (22/6) ($\chi^2 = 3,8001$, $df = 1$, $p < 0,05$), henholdsvis 68,7 % og 38,7 %. Det var ingen forskjeller mellom grupper av toårig smolt med hensyn til andel som vandret.

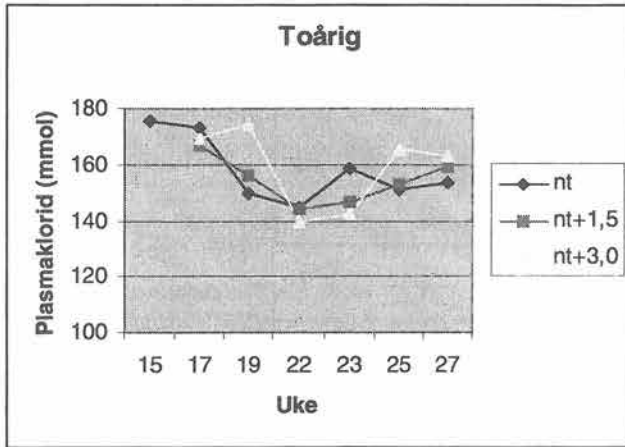
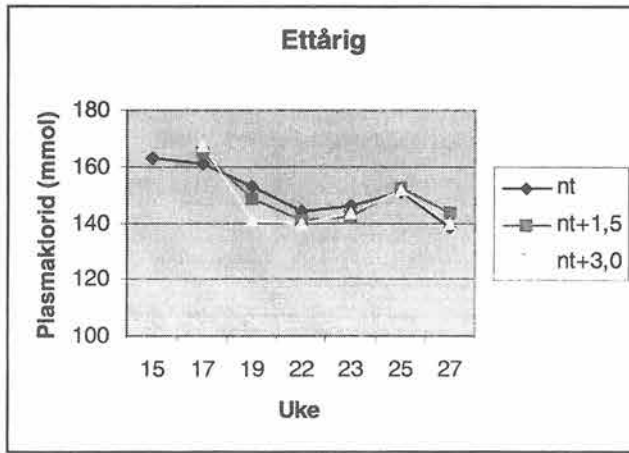
I dette forsøket hadde toårig smolt signifikant bedre utvandningsandel enn ettårig, henholdsvis 74,1 % og 50,0 % gjennomsnittlig (Paired t-test, $t = 5,036$, $df = 3$, $p < 0,05$).



Figur 7. Utvandringsrespons (dager) hos ettårig smolt holdt på forskjellige temperaturer i anlegg før utsetting den a) 15/6, b) 22/6 og c) 29/6 i Halselva 1999. nt = naturlig vanntemperatur; nt + 1,5 = naturlig vanntemperatur + 1,5 °C; nt+3,0 = naturlig vanntemperatur + 3,0 °C.

Figur 8. Utvandringsrespons (dager) hos toårig smolt holdt på forskjellige temperaturer i anlegget før utsetting den a) 15/6, b) 22/6 og c) 29/6 i Halselva 1999. nt = naturlig vanntemperatur; nt + 1,5 = naturlig vanntemperatur + 1,5 °C; nt + 3,0 = naturlig vanntemperatur + 3,0 °C.





Figur 9. Plasmakloridnivå hos ett- og toårig smolt holdt på ulike temperaturer i anlegget fram mot utsetting i Halselva i 1999. *n t* = naturlig vanntemperatur; *nt + 1,5* = naturlig vanntemperatur + 1,5 °C; *nt+3,0* = naturlig vanntemperatur + 3,0 °C.

Sjøvannstester ble tatt av alle gruppene i dette forsøket (**tabell 5**), men til forskjellig tid utover våren. Derfor er det ikke mulig å følge sjøvannsreguleringen til de enkelte gruppene regelmessig fram til utsetting og etterpå slik som forutsatt.

Testene viser en generell bedring av sjøvannstoleransen fram mot utsetting (**figur 10**). Gruppene ble ikke fulgt regelmessig, men både gruppene med simulert sen isgang og normal isgang viste gode sjøvannstoleranseverdier omkring utsettingstidspunktene i uke 24 og 25.

3.4 Effekten av utsettingssted innen vassdraget

I Talvik satte vi ut grupper av smolt med samme størrelse og bakgrunn fra anlegget på forskjellige steder i Halsvassdraget; ved utløpet av Storvannet, 50 og 100 meter ovenfor utløpet av Storvannet (**figur 1**).

Utvandringsandelen hos grupper satt ut ved utløpet av Storvannet var signifikant bedre enn hos gruppene satt ut 50 og 100 meter ovenfor. Dette gjelder både for ettårig (hhv 52,5 %, 31,7 % og 21,8 % (Spearman rank, $r = 1,000$, $p < 0,05$) og for toårig smolt (hhv 69,3 %, 43,6 % og 37,6 % ($r = 1,000$, $p < 0,05$). En større andel av utsatt toårig smolt vandret ut enn ettårig smolt (paired t-test, $t = 9,923$, $df = 2$, $p < 0,05$) (**figur 11**).

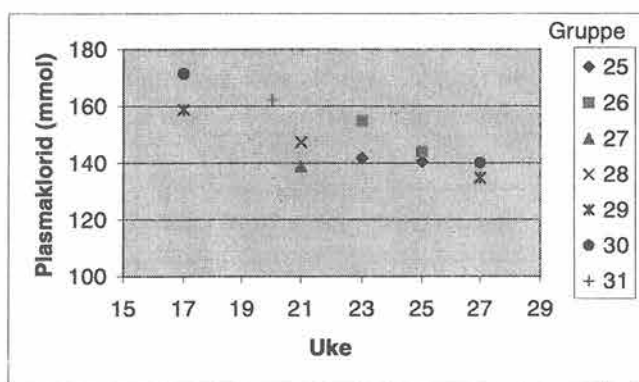
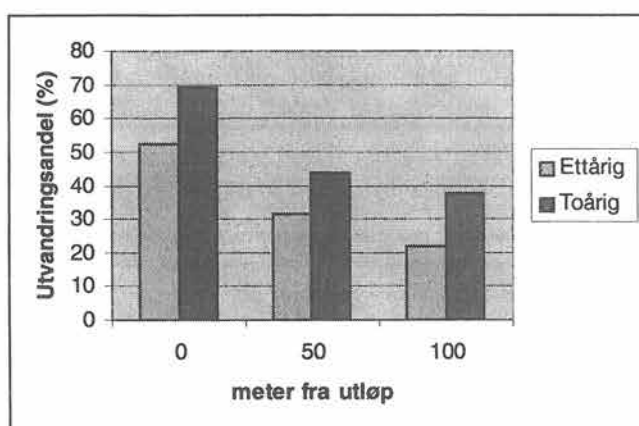
Tabell 4: Utvandringsandel hos ett- og toårig smolt i forsøk med simulert sen isgang (uke 19) og normal isgang (uke 17) i Halselva i 1999.

Simulert isgang (uke)	Gruppe nr	Uts.dato	Smolt alder	Antall utsatt	N ned	Andel (%) nedvandret
19	25	22.06	1	66	24	36,4
19	26	22.06	2	67	45	67,2
19	27	15.06*	1	84	47	56,0
19	28	15.06*	2	69	62	89,9
17	29	22.06	1	62	24	38,7
17	30	22.06	2	64	35	54,7
17	31	15.06*	1	83	57	68,7
17	32	15.06*	2	84	71	84,5

*O₂-brist

Tabell 5: Tidspunkt for sjøvannstesting av de ulike for forsøkene med simulert isdekke i Halselva i 1999.

Simulert isgang (uke)	Gruppenr.	Uker												
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
19	25									x		x		
19	26									x		x		
19	27							x						
19	28							x						
17	29			x										x
17	30			x										x
17	31					x								
17	32					x								

**Figur 10.** Sjøvannstester av gruppene i forsøkene med simulering av isdekke i 1999. Se **tabell 4** for beskrivelse av gruppenummer.**Figur 11.** Utvandningsandel (%) hos grupper av smolt satt ut ved utløpet av Storvatnet (0 meter), 50 og 100 meter ovenfor utløpet til Storvatnet. Gruppene ble satt ut 05.07.99.

3.5 Transportstressforsøk

Det er dokumentert negative stresseffekter på lakse-smolt etter transport før utsetting. Transporten mellom settefiskanlegget i Talvik og Altaelva gjør det derfor nødvendig å teste denne faktoren i forbindelse med kompensasjonsutsettingene.

To grupper laksesmolt (ett- og toårig) ble hentet ved settefiskanlegget i Talvik og transportert med bil to timer, for så å settes ut i Halselva i hvilemær i ei uke før utsetting. To grupper ble hentet ei uke senere og transportert to timer og satt ut direkte i Halselva samtidig som gruppene fra hvilemærene ble sluppet. Det ble ikke registrert signifikante forskjeller i andel utvandrende smolt mellom gruppene satt i hviledam og gruppene satt direkte ut (**tabell 6**). Dette gjaldt både for ettårig ($\chi^2 = 1,8994$, $df = 1$, $p > 0,05$) og for toårig smolt ($\chi^2 = 0,0334$, $df = 1$, $p > 0,05$). Ingen forskjeller i andel utvandret smolt ble registrert mellom ett- og toårig smolt ($\chi^2 = p > 0,05$).

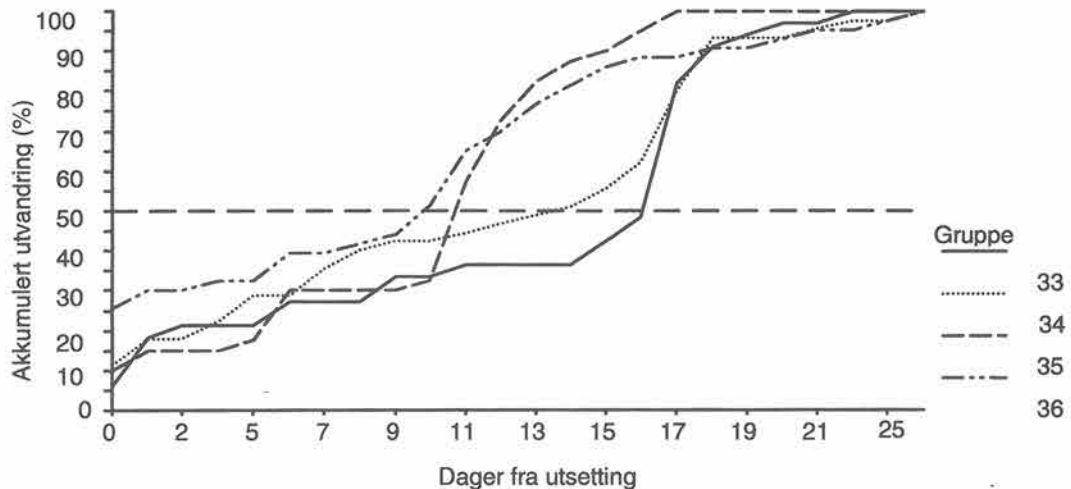
Utvandringsresponsen varierte mellom 10 og 16 dager hos de fire gruppene, henholdsvis 16 og 13 dager hos ettårig og 10 og 11 hos toårig (**figur 12**).

I det andre transportforsøket testet vi betydningen av faktorer som bedøvelse under transport, transport i saltoppløsning, en kombinasjon av disse, samt å holde smolten i hvilemær i elva før utsetting (**tabell 7**). For hver gruppe med en eller flere av disse behandlingene ble det satt ut en gruppe direkte i elva etter transport (kontrollgruppe).

Forsøkene viste at kun gruppa som bare hadde fått hvile etter transport hadde signifikant bedre utvandningsandel enn sin kontrollgruppe (Chi-kvadrat test, $\chi^2 = 5,3467$, $df = 1$, $p < 0,05$). Det var ingen signifikante forskjeller i andel utvandret smolt mellom de ulike kontrollgruppene ($p > 0,05$).

Tabell 6: Grupper av smolt transportert to timer med bil og satt i hviledam i Halselva ei uke før utsetting eller satt direkte ut etter transport.

Behandling	Utsetnings tidspunkt	Gruppe	Alder	N utsatt	N ned	Tid (dager) til 50 % utvandring	Total utvandring (%)
Hvilemær	05.07.99	33	1	101	33	16	32,7
Direkte utsetting	05.07.99	34	1	95	45	13	47,4
Hvilemær	05.07.99	35	2	99	41	11	41,4
Direkte utsetting	05.07.99	36	2	99	43	10	43,4

**Figur 12.** Utvandringsrespons hos smolt transportert to timer med etterfølgende hvile i ei uke (gruppe 33,35), samt for kontrollgruppene (34,36). Se **tabell 6** for beskrivelse av gruppenummer.**Tabell 7:** Grupper av ettårig smolt transportert med bil, behandlet med ulike metoder under og etter transport og satt ut på samme tid (25.06.99) og sted i Halselva i 1999.

	N utsatt	N ned	% utvandring
Hvilemær i elv, to dager	200	163	81,5
Kontroll*	203	115	56,7
Bedøvelse under transport, + hvilemær i to dager	197	149	75,6
Kontroll*	200	129	64,5
Transport i saltvann + hvilemær i to dager	200	155	77,5
Kontroll*	200	122	61,0
Transport med bedøvelse + saltvann + hvilemær i to dgr.	200	152	76,0
Kontroll*	200	125	61,9

*Transportert og satt direkte ut i elva.

3.6 Gjenfangster fra smoltutsettingene i Altaelva

I denne rapporten er all carlinmerket laks fra utsettingene i Altaelva som ble gjenfanget som voksen laks også i sjøfisket og i andre elver definert som overlevd, og dermed betraktet som gjenfangster. Gjenfangst fra utsettingene i 1995 til 1997 har gitt lave gjenfangster, fra 0,10-0,18 % (tabell 8). Gruppene ble transportert med bil og enten satt ut direkte, eller ble satt i hvilemær en uke før utsetting. Både ett og toårig smolt ble satt ut i disse årene, men det er ingen markerte forskjeller i gjenfangst mellom gruppene.

Fra utsettingene i 1998 har gjenfangstene økt betraktelig og varierer fra 0,13-1,07 %, og dette er kun ensjøvinter gjenfangster (tabell 8). Lavest gjenfangst ble registrert hos grupper transportert med bil og satt ut direkte (0,13 %). Det ble benyttet helikopter til transport for to grupper, hvor den ene ble satt ut direkte og den andre gruppen ble satt i hvilemær en uke før ut

setting. Gruppen satt i hvilemær hadde signifikant bedre gjenfangstprosent (1,07 %) enn den satt ut direkte (0,37 %) (Chi-kvadrat test, $\chi^2 = 10,2455$, $df = 1$, $p < 0,05$). Begge gruppene transportert med helikopter hadde bedre gjenfangstprosent enn gruppene transportert med bil utsatt i 1998 og alle årene tidligere (Chi-kvadrat test, $p > 0,05$) (tabell 8).

3.7 Vekst i sjøen

Viktig for om det er en godt tilpasset smolt man setter ut er ikke bare at den overlever, men at den i tillegg vokser godt i sjøen. Gjenfanget voksen laks fra utsettingene i 1998 (ensjøvinter laks) hadde ikke signifikant forskjellig størrelse (vekt) ved fangsttidspunktet (Oneway ANOVA, $F = 0,495$, $p > 0,05$) (tabell 9). Gjenfanget voksen laks hadde heller ingen forskjeller i vekt ved utsetting (Oneway ANOVA, $F = 0,337$, $p > 0,05$).

Tabell 8: Gjenfangst (antall og %) i Altaelva og i sjøen fordelt på sjøalder av smolt satt ut i Altaelva i 1995-98.

Uts.år	Uts.dato	Uts.sted	Uts. metode	Smolt alder	Antall smolt	Gjenfangst elv			Gjenfangst sjø			Total gjenfangst	
						ensjø	tosjø	tresjø	ensjø	tosjø	tresjø	N	%
1995	29.06	Bollo	Bil- direkte	2	5893	2	1		3	2	2	10	0,17
1996	19.06	Bollo	Bil- direkte	1	3002	0	0	0	0	2	2	4	0,13
1996	27.06	Bollo	Bil- direkte	1	7000*							11	0,16
1996	19.06	Sautso	Bil- hvile	2	1639	0	0	0	0	1	2	3	0,18
1997	15.06	Bollo	Bil- direkte	1	3098	2	0	0	1	0	0	3	0,10
1997	20.06	Bollo	Bil- direkte	1	5100*							7	0,14
1998	02.07	Bollo	Bil direkte	1	3008	0	0	0	4	0	0	4	0,13
1998	03.07	Bollo	Bil direkte	1	3014	2	0	0	2	0	0	4	0,13
1998	03.07	Bollo	Helikopter-direkte	1	3009	5	0	0	6	0	0	11	0,37
1998	03.07	Bollo	Helikopter-hvile	1	3000	14	0	0	18	0	0	32	1,07

* På grunn av manglende tilbakemelding av fettfinneklippet fisk er gjenfangstvurderingene basert på skjellavlesninger. For å kunne bli vurdert å være en gjenfangst fra våre utsettinger måtte fisken være vurdert som oppdrettsfisk i skjellavlesningene men ha en ryddig sjøvekst fra smolt til fangst. Majoriteten av denne fisken vil være utsatt fisk som enten er fettfinneklippet eller som har mistet carlinmerket, men det kan ikke utelukkes at det er et visst innslag av laks rømt som smolt.

Tabell 9: Vekt (g) hos carlinmerket smolt satt ut i 1995-98 i Altaelva og hos ensjøvinter laks gjenfanget fra de samme utsettingene.

År	Dato	Uts.metode	Smolt alder	Smoltvekt (g, sd, n)			Vekt gjenfanget laks (g, sd, n)		
1995	29.06	Bil- direkte	2	80,91	30,5	11	2 350	206,2	5
1996	19.06	Bil- direkte	1	88,00	4,2	2	3 500	-	1
1996	19.06	Bil- hvile	2	150,7	22,5	3	-	-	0
1997	15.06	Bil- direkte	1	92,33	41,1	3	2 375	247,5	2
1998	02.07	Bil- direkte	1	45,50	3,1	4	2 363	402,8	4
1998	03.07	Helikopter-direkte	1	46,00	6,1	11	2 649	416,0	9
1998	03.07	Helikopter-hvile	1	48,25	9,1	32	2 526	421,4	30
1998	03.07	Bil- direkte	1	46,00	2,7	3	2 467	208,2	3

4 Diskusjon

Smoltproduksjonsforsøkene ved settefiskanlegget i Talvik har pågått i syv år, med utsettinger fra og med 1993 til 1999. Vi vil her diskutere resultatene fra utsettingene i 1998 og se disse i sammenheng med resultatene fra de tidligere utsettingene. Ut fra dette vil vi trekke konklusjoner og vurdere på hvilke områder det er behov for videre undersøkelser. I våre forsøk har vi konsentrert oss om å utvikle produksjons- og utsetningsmetoder, samt registrere vandringsatferd (vandringsmotivasjon- og evne) hos eksperimentgruppene.

Laksesmoltens utvandringstidspunkt varierer med temperatur og fotoperiode, som begge varierer med breddegrad (Farmer et al. 1978). Utvandringen av laksesmolt synes å skje når temperaturen i havet er mellom 7-9 °C (Heggberget et al. 1993; Hvidsten et al. 1998), og det er vist at laksesmolt kan få osmoreguleringsproblemer ved lavere sjøtemperaturer (Sigholt & Finstad 1990). Ved produksjon av laksesmolt på nordlige breddegrader er det viktig at ikke smolten smoltifiserer for tidlig i forhold til villsmoltens utvandring (Loyenko & Chernitskiy 1984). Temperaturen i anlegg påvirker fiskens vekst, og det er vist en positiv sammenheng mellom smoltstørrelse og osmoreguleringsevne (Parry 1958, 1966; Houston 1961). Økt temperatur fører til økt vekst hos fisken, men det er en grense for hvor høy temperaturen i anlegget kan bli før det påvirker fisken negativt, med de følger at de enten kjønnsmodner for tidlig og/eller at de desmoltifiserer (Saunders et al. 1982; Thorpe et al. 1983; Loyenko & Chernitskiy 1984).

I våre temperaturforsøk i 1999 testet vi vandringsatferd og sjøvannstoleranse hos grupper av smolt holdt i naturlig vann fra elva, og i naturlig vann oppvarmet med 1,5 og 3,0 °C. Hos toårig smolt var det tendenser til at grupper holdt på naturlig vanntemperatur vandret ut i større grad enn grupper holdt på oppvarmet vann. Hos ettårig smolt holdt på vann oppvarmet med 3 °C og satt ut tidlig, var det en tendens til at en større andel vandret ut, og den vandret raskere ut etter utsetting enn gruppene holdt på naturlig vanntemperatur. Dette sammenfaller med bedre sjøvannstoleranse hos ettårig smolt holdt på oppvarmet vann og som ble satt ut på samme tid. Ettårig smolt hadde gjennomgående lavere plasmakloridverdier enn toårig smolt i sjøvannstestene, det vil si bedre evne til sjøvannsregulering. Ettårig smolt viste også tendenser til bedre vekst på økt vanntemperatur i anlegget før utsetting enn det som ble registrert hos toårig smolt.

Utvandringsandelen hos ett- og toårig smolt i temperaturforsøkene har i gjennomsnitt ligget på 65 % hos ettårig smolt og noe høyere, 72 %, hos toårig smolt. Ved å optimalisere vekst og utsetningsbetingelser er det mulig å oppnå en utvandringsfrekvens på 80-90 % hos begge årganger.

Sjøvannstestene for gruppene i temperaturforsøket viste en tendens til ettårig smolt holdt på naturlig vanntemperatur utviklet sjøvannstoleransen langsommere enn grupper holdt på naturlig vanntemperatur +1,5 og +3,0 °C. Ettårig smolt hadde lavere plasmakloridverdier enn toårig smolt i sjøvannstestene, noe som indikerer en bedre evne til sjøvannsregulering for ettårig smolt. Ettårig smolt viste også tendenser til bedre vekst på økt vanntemperatur i anlegget før utsetting enn det som ble registrert hos toårig smolt. I følge Wedemeyer et al. (1980) er det fordelaktig å la smolten få oppvarmet vann på høsten, men dog ikke høyere enn 10 °C, og øke temperaturen ytterligere fram mot utsetting men temperaturen må ikke overstige 13 °C for å forhindre for tidlig smoltifisering og desmoltifisering. I våre forsøk var ikke temperaturen over 13 °C i løpet av forsøksperioden, men det er mulig at fisken på 70°N, som i Altaelva, har et annet temperatortoleranse-område enn fisk som lever på sørligere breddegrader (Boeuf 1993).

I 1994, 1995, 1996 og 1998 smoltifiserte gruppene holdt på oppvarmet vann for tidlig i forhold til utsettingstidspunktet og smolten var i ferd med å desmoltifisere ved utsetting (Finstad 1995; Strand & Finstad 1995; Finstad & Nilsen 1997, Finstad et al. 1998). I 1996 smoltifiserte fisken som gikk på naturlig vanntemperatur til rett tid, mens gruppene som gikk på oppvarmet vann smoltifiserte for tidlig i forhold til villsmoltens utvandring.

Lysets (daglengdens) effekt på smoltifiseringsprosessen er godt dokumentert både fra smoltproduksjon i anlegg og fra ville bestander (Saunders & Henderson 1970; Wagner 1974; Clarke et al. 1978; Clarke 1989). Forsøkene med simulering av isdekke viste i 1999 at det ikke var forskjell i andel som vandret ut hos grupper som fikk simulert isdekke og de som fikk naturlig lys før utsetting. I 1997 var det indikasjoner på at sen isløsning (simulert isdekke) kunne forsinke utvandringen (Finstad & Nilsen 1998), i 1998 fant vi ingen forskjeller i utvandringsandel med hensyn til isløsning, men utvandringsresponsen var noe raskere for gruppene uten simulert isdekke (Finstad et al. 1999). Resultatene fra disse årene tyder på at en forskyvning av isløsningen med to uker ikke har noen betydning for tidspunkt for smoltifisering og vandringsatferd under utvandringen. Gruppene satt ut 15.06.99 var utsatt for O₂-brist før utsetting, noe som kan ha påvirket resultatene. Sjøvannstoleransetestene viste imidlertid at også fiskene fra gruppene med O₂-brist hadde god osmoregulerings-evne.

Utsettingsstedet har betydning for smoltutvandring. Våre forsøk viser at smolt satt ut i munningen av Storatnet i 1999 vandret ut i større grad enn de satt ut lenger oppe. I 1998 vandret smolten satt ut i munningen av Halselva ut i større grad enn smoltgrupper satt ut lenger oppe i elva. I begge forsøkene var andelen utvandrende smolt høyere på utsettingsstedene lengst nede. Dette er sammenfallende med resultater fra for-

søk andre steder hvor smolt satt ut nær elvemunningen overlever bedre enn smolt satt ut lenger oppe i elva (Hansen 1980; Hansen & Lea 1982; Pethon & Hansen 1990). Dette kan skyldes høyere predasjon på fisk satt ut langt oppe i elva, eller at fisken satt ut i stillestående vann i innsjøen ikke blir motivert til å vandre ut.

Laksesmolt har vist seg å bli stresset ved håndtering og transport før utsetting (Hansen & Jonsson 1988). Dette kan måles ved hjelp av blodprøver som avdekker økt nivå av kortisol i blodet (Langhorne & Simpson 1981; Virtanen & Soivio 1985). I 1998 økte plasmakortisol-nivået etter transport til Altaelva, men verdiene gikk tilbake til det normale etter ei uke i hviledam på utsettingsstedet (Finstad et al. 1999). Dette ble også funnet i 1996 ved transport av smolt til Sautso (Finstad & Nilsen 1997).

I 1999 lot vi gruppene enten få hvile etter transport, transport med bedøvelse og hvile, transport med saltløsning eller transport med bedøvelse og/eller saltløsning i vannet for å redusere stress under og etter transport. Gruppene som ble transportert med bil på vanlig måte og satt direkte ut hadde dårligere utvandring og fikk akklimatisere seg i hvilemær før utsetting i Halselva vandret ut i større grad enn gruppene som i tillegg til hvile fikk saltløsning, bedøvelse og/eller saltløsning i transportvannet. Positiv effekt av akklimatisering/hvile etter transport er også funnet hos ørret (Jonsson et al. 1999).

Ved smoltutsettinger er det avgjørende at smolten er i stand til å overleve og vokse i sjøen (Bouef 1993). Gjenfangstene fra smoltutsettingene i Altaelva i 1998 viste at det var best gjenfangster hos smolt transportert med helikopter og satt i hviledam før utsetting i Altaelva. Gjenfangstregistreringene har generelt vært meget lave fra utsettingene i 1995 til og med 1997 (0,02-0,2 %), men bedret seg betydelig med helikoptertransportene i 1998 (0,3-1,07 %). Høsten 2000 blir disse tallene trolig enda høyere når to-sjøvinterlaksen kommer tilbake. I 1999 ble forsøkene med helikoptertransport gjentatt og i tillegg ble fire grupper transportert med bil og satt ut i munningen av Altaelva.

Gjenfanget ensjøvinterlaks fra de ulike utsettingene i Altaelva i 1998 hadde ikke forskjellig vekt ved fangsttidspunktet. Vekt ved utsetting var lik for gjenfanget ensjøvinterlaks.

Fettfinneklippet fisk hadde lave gjenfangster (0,14-0,16 %), noe som sannsynligvis skyldes at fiskene i større grad overser finneklipping enn carlinmerker, og dermed blir finneklippet fisk i større grad underrapportert. I teorien skulle fettfinneklippet fisk ha høyere gjenfangstrate enn carlinmerket fisk på grunn av at de opplever mindre håndtering og dermed mindre stress før utsetting (Hansen 1988).

Produksjonsregimet i anlegget for ettårig smolt så ut til å være tilnærmet optimalt i 1999. Ved å gjøre små endringer med hensyn til temperatur fram mot utsetting er det mulig å produsere ettårig smolt med godt utviklet sjøvannstoleranse og evne til å overleve og vokse i sjøen. Toårig smolt bør holdes på naturlig vann fra elva fram mot utsetting, siden den ser ut til å være sensitiv i forhold til oppvarmet vann. Toårig smolt er i utgangspunktet stor nok til å unngå osmotiske problemer i sjøen.

Utsetting av smolt som sto i hvilemær en uke etter helikoptertransport for så å slippes ut eller vandre frivillig ut fra mæren viste seg å være positivt både med hensyn til utvandring og gjenfangst. Dette er metoder vi vil videreutvikle og gjennomføre i fremtidige utsettinger i Altaelva.

Sjøvannstoleransetester ser ut til å være den beste målet på om smolten er fysiologisk klar til å vandre. Om andelen av utsatt smolt som vandrer ut etter utsetting er et godt mål for smoltens kvalitet indikerer disse resultatene at ettårig smolt kan være et godt alternativ å benytte ved smoltutsettinger i Altaelva.

6 Litteratur

- 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. Aquat. Sci., 1515: 1-39.
- Boeuf, G. 1993. Salmonid smolting: a pre-adaptation to the oceanic environment, - S. 105-135 in Rankin, J.C. & Jensen, F.B., eds. Fish Ecophysiology. Chapman & Hall, London.
- Clarke, W.C. 1989. Photoperiod control of smolting: A review. - Physiol. Ecol. Japan, Spec., 1: 497-502.
- Clarke, W.C., J.E. Shelbourne, & J.R. Brett. 1978. Growth and adaption to sea water in "under-yearling" sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and coho (*O. kisutch*) salmon subjected to regimes of constant or changing temperature and day length. - Can. J. Zool. 56: 2413-2421.
- Clarke, W.C., J.E. Shelbourn, & J.R. Brett. 1981. Effect of artificial photoperiod cycles, temperature, and salinity on growth and smolting in underyearling coho (*Oncorhynchus kisutch*), chinook (*O. tshawytscha*) and sockeye (*O. nerka*) salmon. - Aquaculture 22: 105-116.
- Einarsson, S.M., A. Isaksson, & S. Oskarsson. 1987. The effect of smolt release location on the recapture rates of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the river Langa, Iceland. - Int. Counc. Explor. Sea. C.M./M:27.
- Farmer, G.J., J.A. Ritter & D. Ashfield. 1978. Seawater adaptation and parr smolt transformation of juvenile Atlantic salmon, *Salmo Salar*. J. Fish. Res. Bd. Can. 35: 93-100.
- Finstad, B. 1995. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 386: 1-15.
- Finstad, B. & Nilsen, S.T. 1997. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 486: 1-21.
- Finstad, B. & Nilsen, S.T. 1998. Smoltproduksjonsforsøk med laks - 1997. - NINA Oppdragsmelding 558: 1-24.
- Finstad, B. and O. Ugedal. 1998. Smolting of sea trout (*Salmo trutta* L.) in northern Norway. - Aquaculture 168: 341-349.
- Finstad, B., Nilsen, S.T. & Strand, R. 1999. Smoltproduksjonsforsøk med laks - 1998. - NINA Oppdragsmelding 628: 1-18.
- Hansen, L.P. 1980. Merking og utsetting av laksesmolt *Salmo salar* L. i Glomma. - Fauna 33: 89-97.
- Hansen, L.P. 1988. Effects of carlin tagging and fin clipping on survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - Aquaculture 70: 391-394.
- Hansen, L.P. & B. Jonsson. 1988. Salmon ranching experiments in the River Imsa: effect of dip-netting, transport and chlorobutanol anesthesia on survival. - Aquaculture 74: 301-305.
- Hansen, L.P. and Lea, T.B. 1982. «Tagging and release of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the river Rana, northern Norway». - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 60: 31-38.
- Heggberget, T.G., Johnsen, B.O., Hindar, K., Jonsson, B., Hansen, L.P., Hvidsten, N.A. and Jensen, A.J. 1993. «Interactions between wild and cultured Atlantic salmon; a review of the Norwegian experience». - Fish. Res. 18 123-146.
- Heifetz, J., S.W. Johnson, K.V. Koski & M.L. Murphy. 1989. Migration timing, size, and salinity tolerance of sea-type sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in an Alaska Estuary. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 633-637.
- Hoar, W.S. 1988. The physiology of smolting salmonids, - S. 75-343. in 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.
- Houston, A.H. 1961. Influence on size upon the adaptation of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) to sea water. - J. Fish. Res. Bd. Can. 18: 401-415.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. & Jensen, A.J. 1998. Sea water temperatures at Atlantic salmon smolt entrance. - Nordic. J. Freshw. Res. 74: 79-86.
- Høgåsen, H.R. 1998. Physiological changes associated with the diadromous migration in salmonids. - Can. Spec. Publ. Fish Aquat. Sci. 127. 128 p.
- Iversen, M., Finstad, B. & Bendiksen, E.Å. 1997. Transport og utsetting av laksesmolt og ørretpar. Minimalisering av transportstresset. - NINA Oppdragsmelding 498: 1-32.
- Iversen, M., Finstad, B. & Nilssen, K.J. 1998. Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - Aquaculture 168: 387-394.
- Iwama, G.K., Pickering, A.D., Sumpter, J.P. & Schreck, C.B. 1997. Fish Stress and Health in Aquaculture. - Society for Experimental Biology Seminar Series 62. University Press, Cambridge.
- 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, S., E. Brennäs and H. Lundquist. 1999. Stocking of brown trout, *Salmo trutta* L.: effects of acclimatization. - Fisheries Management and ecology 6: 459-473.
- Langdon, J.S. 1985. Smoltification physiology in the culture of salmonids, - S. 79-118 in Muir, J.F. & Roberts, R.J., eds. Recent Advances in Aquaculture, Volume 2. Croom Helm, London.
- Langhorne, P. & T.H. Simpson. 1981. Natural changes in serum cortisol in Atlantic salmon (*Salmo Salar* L.) during parr-smolt transformation. - Pp. 349-350 in Pickering, A.D., ed. Stress and Fish. Academic Press, Inc., London.
- 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.

- Loyenko, A.A. & A.G. Chernitskiy. 1984. Factors influencing downstream migration of young Atlantic salmon, *Salmo salar* (Salmonidae), released from hatcheries. – Vopr. Ikhtiol. 24 (a): 307-315.
- Lundquist, H. 1983. Precocious sexual maturation and smolting in Baltic salmon (*Salmo salar* L.): Photoperiodic synchronization and adaptive significance of annual biological cycles. – Ph.D. Thesis, University of Umeå, Umeå, Sweden.
- McCormick, S.D. & Naiman, R.J. 1984. Osmoregulation in brook trout (*Salvelinus fontinalis*). – II. Effect of size, age and photoperiod on seawater survival and ionic regulation. – Comp. Biochem. Physiol. 79: 17-28.
- McCormick, S.D. & R.L. Saunders. 1987. Preparatory physiological adaptations for marine life of salmonids: osmoregulation, growth and metabolism. – Am. Fish. Soc. Symp. 1: 211-229.
- McCormick, S.D., 1994. Ontogeny and evolution of salinity tolerance in anadromous salmonids: hormones and heterochrony. – Estuaries, 17: 26-33.
- Metcalfe, N.B., J.E. Thorpe, & F.A. Huntingford. 1988. Determinants of variation in life-history strategies in Atlantic salmon. – Abstract, 2nd. Internat. Conf. Behav. Ecol. Vancouver, Canada.
- Parker, N.C. 1984. Chronobiologic approach to aquaculture. – Trans. Am. Fish. Soc. 115: 545-552.
- Parry, G. 1958. Size and osmoregulation in salmonid fishes. – Nature 181: 1218-1219.
- Parry, G. 1966. Osmotic adaptation in fishes. – Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 41: 392-444.
- Peterson, H.H. 1973. Adult returns to date from hatchery-reared one-year-old smolts. – P. 219-226 in Smith, M.V. & Carter, W.M., eds. Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. 4.
- Pethon, P. & L.P. Hansen. 1990. Migration pattern of Atlantic salmon smolts *Salmo salar* L. released at different sites in the River Drammenselv, SE Norway. – Fauna norv. Ser. A 11: 17-22.
- Poston, H.A. 1978. Neuroendocrine mediation of photoperiod and other environmental influences on physiological responses in salmonids: A review. – Tech. Pap. U.S. Fish. Wild. Serv. 96: 1-14.
- Saunders, R.L., Henderson, E.B. & Glebe, B. 1982. Precocious sexual maturation and smoltification in male Atlantic salmon (*Salmo Salar*). – Aquaculture 28: 211-229.
- Saunders, R.L., & E.B. Henderson. 1970. Influence of photoperiod on smolt development and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*). – J. Fish. Res. Board Can. 27: 1295-1311.
- Sigholt, T. & Finstad, B., 1990. Effect of low temperature on sea-water tolerance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. – Aquaculture 84: 167-172.
- Soivio, A., Virtanen, E. & Mouna, M. 1988. Desmoltification of heat-accelerated Baltic salmon (*Salmo salar*) in brackish water. – Aquaculture 71: 89-97.
- Soivio, A., Muona, M. & Virtanen, E. 1989. Temperature and daylengths as regulators of smolting in cultured Baltic salmon, *Salmo salar*. – Aquaculture 82: 137-145.
- Strand, R. & Finstad, B. 1995. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 330: 1-16.
- Thorpe, J.E., Morgan, R.I.G., Talbot, C. & Miles, M.S. 1983. Inheritance of developmental rates in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. – Aquaculture 33:119-128.
- 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.
- Virtanen, E. & Soivio, A. 1985. The patterns of T3, T4, cortisol and NaK-ATPase during smoltification of hatchery-reared *Salmo salar* and comparison with wild smolts. – Aquaculture 45: 97-109.
- Wagner, H.H. 1974. Photoperiod and temperature regulation of smolting in steelhead trout (*Salmo gairdneri*). – Can. J. Zool. 52: 219-234.
- 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: 8s.
- Wedemeyer, G.A., Saunders, R.L. & Craig Clarke, W. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. – Mar. Fish. Rev. 42: 1-14.

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-1103-3

631

**NINA
OPPDRAGS-
MELDING**

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

**NINA
Norsk institutt
for naturforskning**