

Jan Grimsrud Davidsen, Marc Daverdin, Aslak Darre Sjursen,
Lars Rønning, Jo Vegar Arnekleiv og Jan Ivar Koksvik

Gir redusert fôrmengde bedre vandrings- villighet hos klekkeriproduisert ørretsmolt?

NTNU Vitenskapsmuseet
naturhistorisk rapport 2014-1



Jan Grimsrud Davidsen, Marc Daverdin, Aslak Darre
Sjursen, Lars Rønning, Jo Vegar Arnekleiv og
Jan Ivar Koksvik

Gir redusert fôrmengde bedre vandringssvillighet hos klekkeriproduisert ørretsmolt?

NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2013 som erstatter tidligere Rapport botanisk serie og Rapport zoologisk serie. Serien er ikke periodisk, og antall nummer varierer per år. Rapportserien benyttes ved endelig rapportering fra prosjekter eller utredninger, der det også forutsettes en mer grundig faglig bearbeidelse.

Tidligere utgivelser: <http://www.ntnu.no/vitenskapsmuseet/publikasjoner>

Referanse

Davidson, J.G., Daverdin, M., Sjursen, A.D., Rønning, L., Arnekleiv, J.V., & Koksvik, J.I. 2014. Gir redusert førmengde bedre vandringsvillighet hos klekkeriproduisert ørretsmolt? – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2014-1: 1-23.

Trondheim, mars, 2014

Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet
Seksjon for naturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 22 60/73 59 22 80
e-post: post@vm.ntnu.no

Ansvarlig signatur

Torkild Bakken (seksjonsleder)

Kvalitetssikret av

Gaute Kjærstad

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

Nedlastning av lyttestasjon i Nidelvas utløpsos. Foto Lars Rønning.

www.ntnu.no/vitenskapsmuseet

ISBN 978-82-7126-985-2
ISSN 1894-0056

Sammendrag

Davidsen, J.G., Daverdin, M., Sjursen, A.D., Rønning, L., Arnekleiv, J.V., & Koksvik, J.I. 2014. Gir redusert førmengde bedre vandringsvillighet hos klekkeriproduisert ørretsmolt? – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2014-1: 1-23.

Som en kompensasjon for tapt fiske grunnet regulering av vassdraget har Trondheim Energi (nå Statkraft) siden 2007 frivillig satt ut 3000 ørretsmolt (*Salmo trutta* L.) i nedre del av Nidelva. Samme type tiltak skjer årlig i flere andre vassdrag i Norge, men vi har imidlertid svært lite kunnskap om skjebnen til den utsatte fisken. Det optimale målet med utsettingen er at ørreten vandrer til sjøen som smolt for så seinere å komme tilbake og gyte i elva, men det har vært hevdet at mye av denne settefisken ikke vil gå ut i sjøen eller at den dør i havet. Ørret er en partiell anadrom art, hvilket betyr at noen individer i en populasjon forblir stasjonære i ferskvann (brunørret) mens andre fra samme populasjon kan smoltifisere og vandre til havet (sjørret). Det har blitt foreslått at forholdet mellom antall stasjonære og migrerende individer i en ørretpopulasjon bestemmes av den enkeltes energistatus. Individer med høy metabolisme og stort behov for mattilgang skal i teorien være mer risikovillige og dermed ha større motivasjon for å gjennomføre en risikabel marin næringsvandring. Hensikten med denne undersøkelsen var derfor å undersøke om reduksjon av mengde fôr til klekkeriproduisert ørretsmolt i de siste fem måneder før utsetting resulterte i en høyere andel sjøvandrende individer. Videre var det et mål å sammenligne eventuelle forskjeller i fysiologisk smoltifisering og progresjon i nedstrøms vandring innen de tre fôringsgruppene.

I 176 dager forut for utsetting ble tre grupper av klekkeriproduisert ørret atskilt. Den ene gruppen fortsatte med å få 100 % fôrtilgang, den andre gruppen fikk 50 % rasjon mens den siste gruppen ikke fikk noe fôr. I mai 2013 ble 40 ørretsmolt fra hver av disse tre gruppene merket med individuelt kodede akustiske merker og satt ut i Nidelva. Ved hjelp av akustisk telemetri ble deres vandringsatferd fulgt i inntil 7 måneder.

Kondisjonsfaktoren ved utsettingstidspunktet hos gruppen uten mattilgang var signifikant lavere enn i de to andre grupper. Videre hadde gruppen med 0 % og 50 % fôrtilgang en høyere fysiologisk smoltstatus, men alle gruppene viste tegn på smoltifisering. Det var signifikant flere individer registrert i sjøen fra fôringsgruppen uten mat, men progresjonen i nedvandringen til elveosen var lik mellom de tre gruppene. Gruppen uten fôr hadde 33 % flere individer med siste registrering i sjøen enn gruppen med full mattilgang.

Konklusjonen av undersøkelsen var at redusert fôrtilgang ga økt vandring til sjøen. At alle gruppene hadde påbegynt smoltifiseringen og hadde samme progresjon i nedvandringen til elveosen indikerer at forskjellen mellom gruppene først oppstår i det de møter elveosen og det marine miljøet.

Nøkkelord: Brunørret - Migrasjon - Partiell migrasjon - *Salmo trutta* – Sjørret - Smolt

Davidsen, J.G., Daverdin, M., Sjursen, A.D., Rønning, L., Arnekleiv, J.V., & Koksvik, J.I., NTNU Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie, NO-7491 Trondheim

Summary

Dauidsen, J.G., Daverdin, M., Sjurssen, A.D., Rønning, L., Arnekleiv, J.V., & Koksvik, J.I. 2014. Does reduced feeding prior to release improve the marine migration of hatchery sea trout? – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2014-1: 1-23.

As a compensation measure to the decreases in many brown trout populations in watersheds influenced by hydropower regimes, hatchery smolts are released annually into some of these rivers. The intention is often to support the sea run part of the population, aiming at producing fish that undergo one or several marine feeding migrations and return to the river for spawning after a period in the sea. However, ranching and enhancement of populations of anadromous brown trout may be problematic since the species is only partly migratory. In hatcheries, the juvenile feeding rate is higher than in the wild, and the propensity to residency may therefore increase in hatchery brown trout

The aim of this study was to test the hypothesis that hatchery brown trout smolts with 50 % reduced or no feeding ratio over the last five months before release, were more likely to migrate to the sea than individuals with standard size of feeding ratios. Further, possible differences between the groups in physiological smoltification and rate of downstream progression were tested.

The juvenile fish were divided into three groups 176 days before release. A) with no feeding, B) with 50 % and C) with 100 % feeding ratio. To study their seaward migration, 40 fish from each feeding group were tagged with acoustic transmitters and recorded by automatic listening stations in the River Nidelva, Trondheim, Norway, its estuary and in the nearest marine environment.

At the time of release, mean condition factor was significantly lower in group A and the fish from group A and B had higher levels of Na⁺,K⁺-ATPase. Significantly more fish from group A migrated to the sea, however, the rate of downstream progression from release to the estuary did not differ between the three groups.

In conclusion, the brown trout smolts with no access to food the last 176 day before release were more likely to migrate to the sea. However, fish from all three feeding groups seemed to smoltify and had the same rate of downstream progression to the estuary. This indicates that differences in migratory behaviour between individuals from the three feeding groups begin at the time the fish reach the saline waters.

Key words: Brown trout - Migration - Partial migration - *Salmo trutta* – Sea trout – Smolt

Dauidsen, J.G., Daverdin, M., Sjurssen, A.D., Rønning, L., Arnekleiv, J.V., & Koksvik, J.I., NTNU University Museum, Department of Natural History, NO-7491 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	6
1 Innledning	7
2 Materiale og metode.....	8
2.1 Områdebeskrivelse	8
2.2 Registrering av miljøvariabler	10
2.3 Opprinnelse til ørretsmolten og inndeling i føringsgrupper.....	11
2.4 Merking av ørretsmolten med akustiske merker og utsetting i Nidelva.....	12
2.5 Registrering av vandringsatferd med akustiske lyttestasjoner og manuell peiling fra båt	13
2.6 Registreringsevnen til linjene med automatiske lyttestasjoner.....	14
3 Resultater	15
3.1 Kondisjonsfaktor og finneslitasje.....	15
3.2 Fysiologisk smoltstatus	16
3.3 Habitatbruk	17
3.4 Progresjon i utvandringen	18
3.5 Siste registrering av enkeltfisk	19
4 Diskusjon	20
4.1 Kondisjonsfaktor og fysiologisk smoltstatus	20
4.2 Habitatbruk.....	20
4.3 Progresjon i utvandringen	20
4.4 Siste registrering av enkeltfisk	21
5 Referanser	22

Forord

NTNU Vitenskapsmuseet gjennomførte i 2011 og 2012 en undersøkelse av vandringsatferden til klekkeriproduisert ørretsmolt utsatt i Nidelva, Sør-Trøndelag. Konklusjonen var at en stor andel migrerte til sjøen, men at de brukte størstedelen av tiden de første månedene etter utsetting i estuariet.

Statkraft ble derfor forespurt i september 2012 om muligheten for et økonomisk samarbeid for videre oppfølging av undersøkelsene. Selskapet, som er regulant i Nidelva, var positive og i samarbeid med Sjur Gammelsrud og Tor Næss ble prosjektet som denne rapporten omhandler utarbeidet.

Første del av prosjektet ble gjennomført ved Settefiskanlegget Lundamo i nært samarbeid med daglig leder Thomas Weiseth og hans medarbeidere. Fisken fikk hver 14 dag tilsyn av veterinær Veslemøy Sunniva Oma.

Feltrundene i Nidelva og innerst i fjorden ble jevnlig gjennomført med god hjelp av Sindre Eldøy, Bendik Eithun Halgunset og mannskapet om bord på FF Gunnerus.

Vannføringsdata fra Rathe vannmerke ble tilveiebrakt av John Petter Paulsby v/ Statkraft.

Alle takkes med dette for et godt samarbeid. Prosjektet ble finansiert av Statkraft og NTNU Vitenskapsmuseet.

Trondheim, mars 2014

Jan Grimsrud Davidsen
prosjektleder

1 Innledning

Sjørørret er en anadrom form av ørret (*Salmo trutta* L.) som vandrer mellom ferskvann og sjøvann. Arten er en meget populær sportsfisk, og det foregår et betydelig fiske etter sjørørret i mange innsjøer, elver og kystnære områder langs hele norskekysten. Trolig fiskes det mer sjørørret enn laks i antall i Norge, men mye av sjørørreten fiskes i mindre lokale vassdrag, og den blir trolig underregistrert i fangststatistikken (Fiske & Aas, 2001).

Som en kompensasjon for tapt fiske grunnet regulering av vassdraget har Trondheim Energi (nå Statkraft) siden 2007 frivillig satt ut 3000 ørretsmolt i nedre del av Nidelva. Samme type tiltak skjer årlig i flere andre vassdrag i Norge, men vi har imidlertid svært lite kunnskap om skjebnen til den utsatte fisken. Det optimale målet med utsettingen er at ørreten vandrer til sjøen som smolt for seinere å komme tilbake og gyte i elva, men det har vært hevdet at mye av denne settefisken ikke vil gå ut i sjøen eller at den dør i havet (Jansson & Öst, 1997). Blant annet har studier fra Canada vist at laksefisk oppvokst i klekkeri har større dødelighet under utvandringen enn de som er vokst opp i et naturlig habitat (Chittenden m.fl., 2010).

Ørret er en partiell anadrom art, hvilket betyr at noen individer i en populasjon forblir stasjonære i ferskvann (brunørret) mens andre fra samme populasjon kan smoltifisere og vandre til havet (sjørørret) (Klemetsen m.fl., 2003). Samtidig viser undersøkelser fra Nidelva (in press) og Varsina River (Chernitsky m.fl., 1995) at det også kan være en tredje variant hvor individene veksler mellom elva og elveosen/estuaret. Det har blitt foreslått at forholdet mellom antall stasjonære og migrerende individer i en ørretpopulasjon bestemmes av den enkeltes energistatus (Jonsson & Jonsson, 1993; Forseth m.fl., 1999). Individer med høy metabolisme og stort behov for mattilgang skal i teorien være mer risikovillige og dermed ha større motivasjon for å gjennomføre en risikabel marin næringsvandring. Denne hypotesen er støttet av laboratorieforsøk som har vist at sultefôret klekkeriprodusert ørret (dvs. smolt med lavere fettinnhold og dermed lavere energireserver) kan ha større tendens til å utvikle migrasjonsatferd enn konvensjonelt fôret ørret (Gephard m.fl., 2000). Videre har en nyere undersøkelse fra Sverige (Larsson m.fl., 2012) indikert at sultefôret klekkeriprodusert sjørørretsmolt har høyere sjøoverlevelse enn konvensjonelt klekkeriproduserte individer.

Produksjonsmetoden i klekkerier i dag er gjerne tilrettelagt slikt at fisken har rikelig tilgang til mat gjennom hele oppvekstperioden (Thomas Weiseth, pers. kom.). Dette medfører at fisken i stor grad får dekket sitt behov for næring og det kan derfor spekuleres om motivasjonen for å vandre til sjøen derved reduseres. I så fall vil den rikelige tilgangen til fôr virke mot sin hensikt.

Hensikten med denne undersøkelsen var derfor å undersøke om reduksjon av mengde fôr til klekkeriprodusert ørretsmolt i de siste fem måneder før utsetting resulterte i en høyere andel sjøvandrende individer. Videre var det et mål å sammenligne den fysiologiske smoltifisering og progresjon i nedstrøms vandring blant grupper av ørret med ulike fôringsmengder i klekkeriet.

2 Materiale og metode

2.1 Områdebeskrivelse

Undersøkelsen ble gjennomført fra Nedre Leirfoss i Nidelva (Sør-Trøndelag) til Munkholmen i Trondheimsfjorden like ved Trondheim by (figur 1). Elva har tre utløp til Trondheimsfjorden som alle er i Trondheim by. Fra elveosen og opp til Nedre Leirfoss, som er en naturlig stopp for lakse-ns vandring, er korteste strekning 9 km. Med sitt store nedslagsfelt på 3.178 km² fører vass- draget store vannmengder. På grunn av reguleringsdammer er det høyere vinter- og lavere sommertemperaturer enn hva som er naturlig. Nidelva er derfor meget sjelden islagt.

Fra Nedre Leirfoss og de første 5 km nedstrøms til Tempe veksler elva mellom dype høler og til dels kraftige stryk, mens de nedre deler gjennom Trondheim sentrum er meandrerende og relativt sakteflytende. Elva er påvirket av flo og fjære med inntil 3 meter i forskjell. På springflo kan salt- vannet trenge langs elvebunnen helt opp til Øya (3,5 km fra elveosen), mens det vanligvis ikke går lengre opp enn til Elgeseter bru (2,5 km fra elveosen). Oppstuvning av ferskvann skjer helt opp til Stavne Bru (6,5 km fra elveosen). Undersøkelser har vist at det foregår gyting og fiskepro- duksjon helt ned til gangbrua ved Øya (Arnekleiv m.fl., 2013).

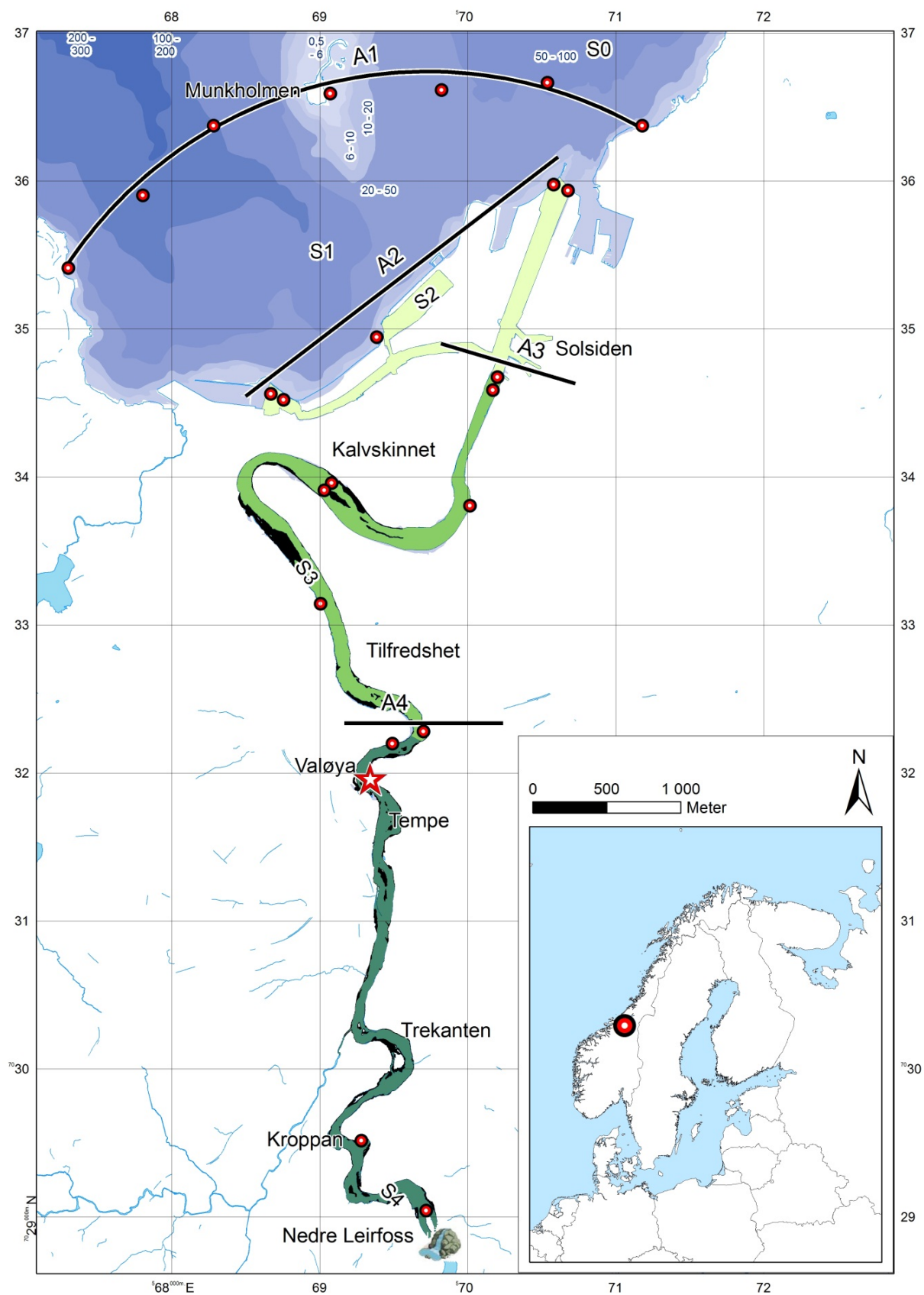
Tre kraftverk har utløp øverst i den lakseførende del av Nidelva. Vannføringen i Nidelva er såle- des gjennomregulert og varierer mellom 30 m³/s og 150 m³/s, med unntak av spesielle vannrike perioder hvor vannføringen kan bli større. Gjennomsnittlig vannføring i 2013 var på 89 m³/s.

Nidelva er først og fremst kjent for sin storvokste laksestamme, men også sjørørreten er gjen- nomgående stor sammenlignet med naboelvene i Trondheimsfjorden. I perioden 1980-1999 ut- gjorde sjørørret 11 – 44 % av totalt årlig fangstkvantum av laks og sjørørret, i gjennomsnitt 21 %, eller 764 kg. I siste femårsperiode (2004-2008) var fangstene av sjørørret mye lavere og utgjorde bare 6 % av totalfangstene og i gjennomsnitt 259 kg. Fra 2009 har sjørørreten vært fredet. Gjen- nomsnittsvekten på sjørørret har imidlertid holdt seg høy og var 1,6 kg for hele perioden 1980- 2008.

De dominerende fiskearter i Nidelva er atlantisk laks (*Salmo salar* L.) og ørret.



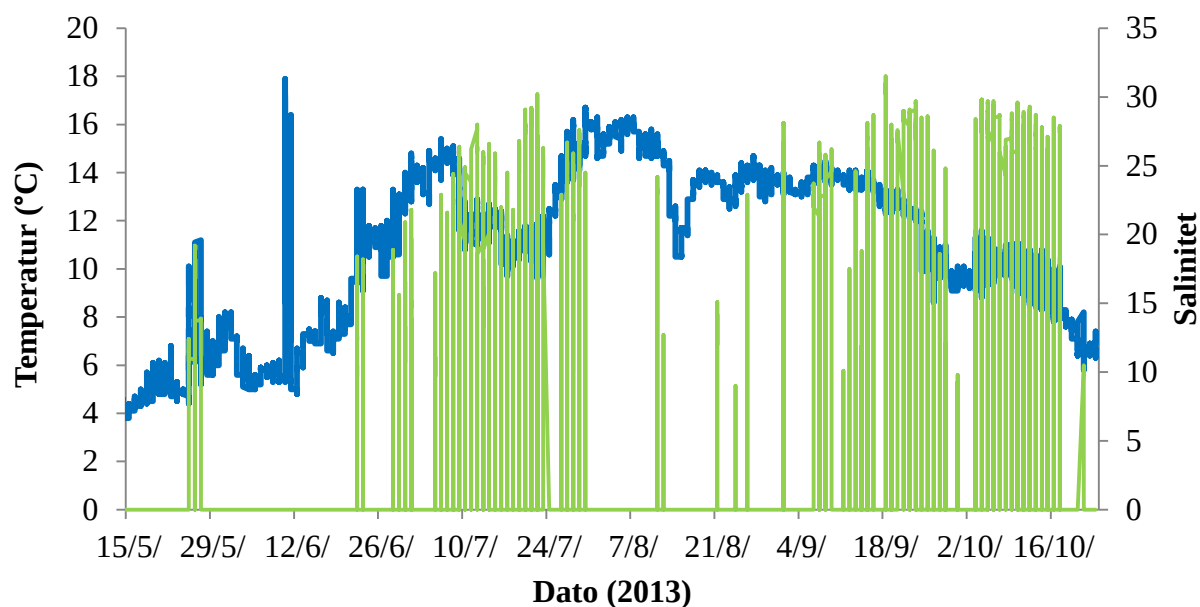
Bilde 1. Hovedutløpet fra Nidelva. Foto L. Rønning



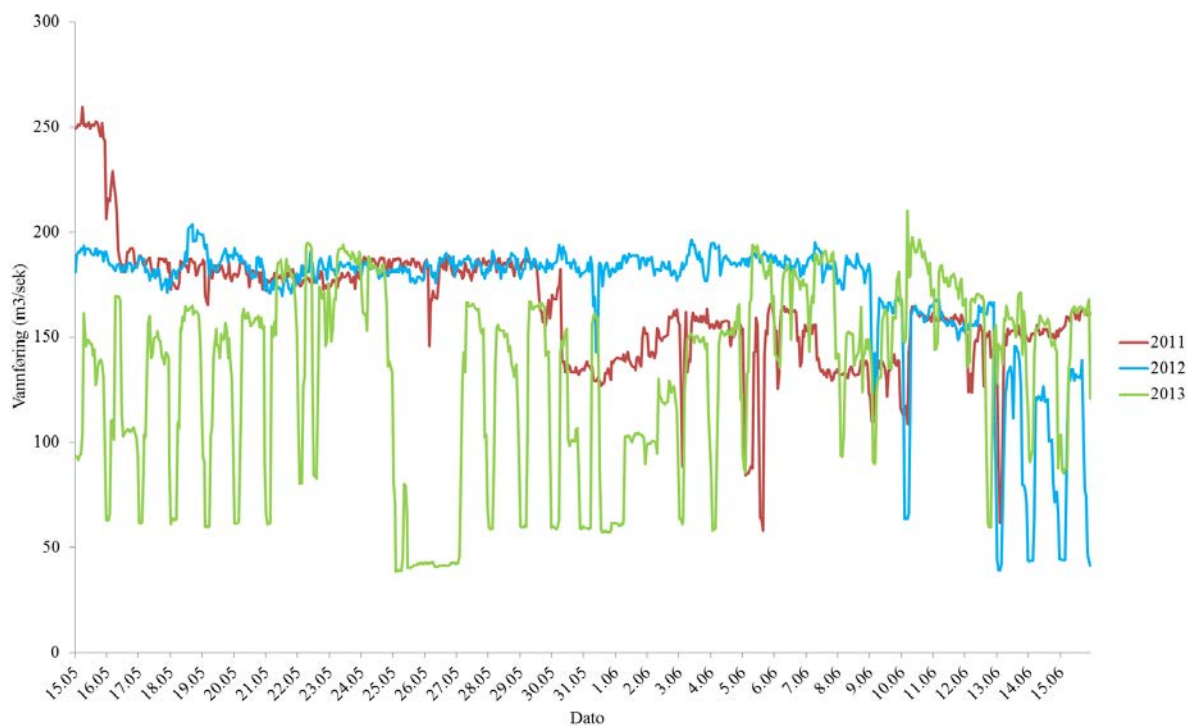
Figur 1. Nedre deler av Nidelva og Trondheimsfjorden ved Trondheim by. A1-A4 angir lokalisering av linjer av automatiske lyttestasjoner, mens S1-S4 viser til sone inndelingen av undersøkelsesområdet. Røde prikker viser posisjonen til lyttestasjonene, mens stjernen angir hvor sjørretsmolten ble satt ut i elva.

2.2 Registrering av miljøvariabler

For å kunne beskrive under hvilke forhold sjørreten oppholdt seg i de ulike habitatene ble salinitet, temperatur og vannføring i Nidelva kontinuerlig målt. Salinitet og temperatur ble målt i estuariet (ved A3, Bakke bru) med temperatur- og salinitetsmåler med datalogger (DST milli-CT, www.star-oddi.com) plassert på en flytebrygge slik at loggeren uavhengig av tidevannet kontinuerlig hang på en 1 meters dybde (figur 2). Vannføring ble målt av Statkraft ved Rathe vannmerke (figur 3).



Figur 2. Temperatur (blått) og salinitet (grønt) på 1 meters dybde i Nidelvas estuarie.



Figur 3. Vannføring den første måned etter utsetting av sjørretsmolt i Nidelva. Vannføringen er målt ved Rathe vannmerke.

2.3 Opprinnelse til ørretsmolten og inndeling i fôringsgrupper

I denne undersøkelsen ble det brukt klekkeriproduisert ørret fra settefiskanlegget Lundamo (Sør-Trøndelag). Yngelen var førstegenerasjons avkom fra 15 familier innfanget som stamfisk i Nidelva. Den 21.11.2012 ble 885 individer av 1+ ørret fordelt på tre ulike kar (2 x 2 x 0,5 m), slik at tettheten var 295 fisker pr kar. Dette tilsvarer den normale tettheten for denne årsklassen av ørret på settefiskanlegget. Fra denne datoen og frem til utsetting (176 dager) fikk den ene gruppen (gruppe A) ikke noe fôr, den andre gruppen fikk 50 % av normal fôrmengde (gruppe B), mens den siste gruppen fikk 100 % fôrmengde (gruppe C). Den juvenile ørreten ble føret på Skretting Nutra Parr (www.skretting.no).

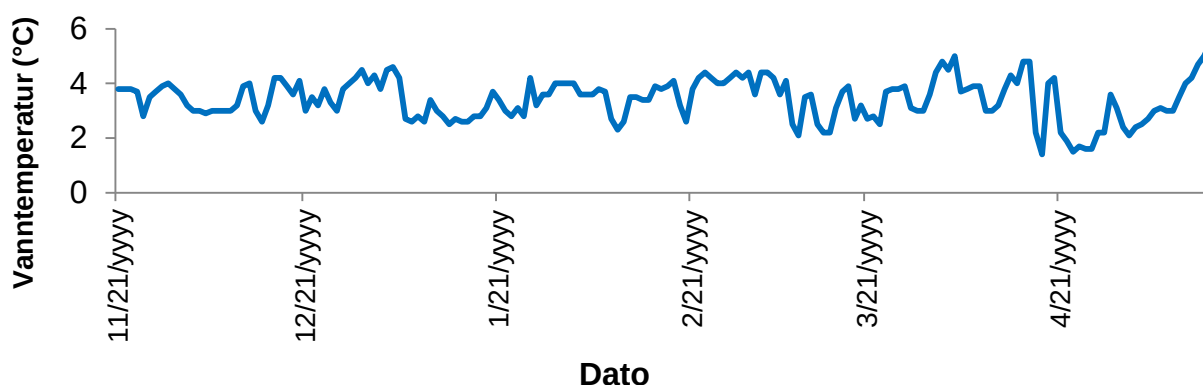
Lys i anlegget fulgte det naturlige lysregimet og vannet kom uoppvarmet (figur 4) fra en bekk ved siden av anlegget.



Bilde 2. Smoltkar på Settefiskanlegget Lundamo. Foto: J.G. Davidsen

For å kunne dokumentere eventuelle forskjeller i vekst og kondisjon halvveis i perioden med ulik fôring ble 20 fisker fra hvert kar avlivet den 27.02.2013 (etter 93 dager). Naturlig kroppslengde og vekt ble målt og fiskene frosset ned for eventuelle seinere analyser av fettinnhold.

Videre ble 10 individer fra hver gruppe tatt ut 03.04.2013 og 30.04.2013. Disse fiskene ble ved bruk av protokollen av McCormick (1993) analysert for fysiologisk smoltstatus (gjelle Na^+ , K^+ -ATPase aktivitet) hos Pharmaq Analytic (www.hi.no).



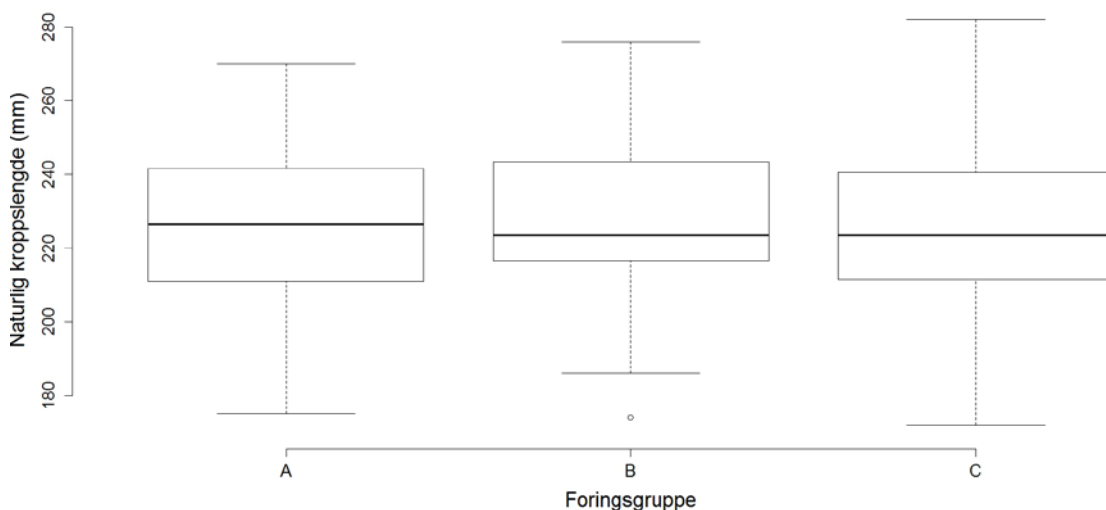
Figur 4. Vanntemperatur i tre kar med juvenil ørret fordelt på ulike fôringsgrupper på settefiskanlegget Lundamo i perioden 21.11.2012–15.05.2013.

2.4 Merking av ørretsmolten med akustiske merker og utsetting i Nidelva

I dagene 06.05-07.05.2013 ble 40 individer fra hver fôringsgruppe merket med et individuelt kodet akustiske merke (Vemco Inc., Canada, www.vemco.com, modell V7-4L, 7.0 X 22.5 mm, vekt i vann:luft 1.0:1.8 g, gjennomsnittlig sendeintervall: 45 s, beregnet batterilevetid 230 dager).

Forut for merkingen ble fisken bedøvet med 2-phenoxy ethanol (SIGMAChemical Co., USA; www.sigmaaldrich.com; EEC No 204 589-7; 0,5 ml per l vann; 4 minutter) og deretter overført til et merkerør med friskt vann. En tynn vannslange tilkopleet en akvariepumpe ble lagt forsiktig inn i munnen slik at det under hele operasjonen ble tilført friskt vann over gjellene. Det ble skåret et 1-1,5 cm snitt i buken og det desinfiserte merket ble forsiktig innsatt i bukhulen. Såret ble lukket igjen med to sting ved hjelp av sutur som utstøtes etter at såret er grodd (RESORBA Wundversorgung GmbH & Co. KG, Germany; www.resorba.com; 5/0 Resolon). Etter operasjonen ble fisken veid og lengdemålt (naturlig lengde). Hele prosedyren varte 3-4 min. Fisken ble etter merkingen overført til sitt gamle kar hvor den ble holdt inntil utsetting 8-9 dager seinere. Gjennomsnittlig kroppslengde (naturlig lengde) var 225 mm (variasjonsbredde 172-282 mm) og det var ikke signifikant lengdeforskjell mellom merkegruppene (ANOVA, $P = 0,933$, $n = 120$; figur 5).

Den 15.05.2013 ble alle 120 merkede ørretsmolt transportert sammen med noen hundre umerkede fisk i en 1000 l oksygenert tankvogn til Valøya i Nidelva (23 km fra settefiskanlegget; 35 minutter transporttid) hvor de ble utsatt. Fôringsforsøket, merkeprosessen og utsettingen var godkjent av Forsøksdyrutvalget.



Figur 5. Lengdefordeling i de tre merkegruppene. I 175 dager forut for utsetting i elva fikk gruppe A 0% fôring, gruppe B fikk 50%, mens gruppe C fikk 100% rasjon. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Stiplinjer med viskers angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Prikker viser enkelverdier utenfor 5-95 % persentilen (outliers).

2.5 Registrering av vandringsatferd med akustiske lyttestasjoner og manuell peiling fra båt

De akustiske merkene som hver ørretsmolt ble merket med sendte ut et særegent lydsignal (69 kHz) som ble registrert når fisken var 0–350 meter fra en lyttestasjon (til sammen 21 stk modell VR2W, Vemco INC, www.vemco.ca, bilde 3). I Nidelva ble lyttestasjonene plassert nær bunnen, mens de i estuariet/elveosen hang under flytebrygger slik at de uavhengig av tidevannet hele tiden var 1-2 meter under vannoverflaten. I fjorden ble fire lyttestasjoner montert med akustisk utløser (Sub Sea Sonics, modell AR-60-E, www.subseasonic) til ankrer på 50 til 80 meters dybde, mens tre lyttestasjoner ble montert på faste kaianlegg. Rekkevidden på lydsignalet fra det akustiske merket varierte med salinitet, strømmer og vind. Alle lyttestasjonene inngikk i det internasjonale forskernettverket Ocean Tracking Network (www.oceantrackingnetwork.org).

For å kunne registrere når sjørreten oppholdt seg i henholdsvis fersk-, brakk- og sjøvann, ble undersøkelsesområdet inndelt i følgende soner: øvre del av elva (sone 4), nedre del av elva (sone 3), elvemunning/estuarie (sone 2) og fjord (sone 1; figur 1). I overgangen mellom de ulike sonene ble det plassert linjer av automatiske lyttestasjoner, slik at når ørretsmolten vandret fra en sone til en annen ble den registrert med individnummer, dato og klokkeslett.

Sone 1 bestod av området mellom Munkholmen (A1) og Nidelvens tre utløp (A2). Med unntak av området innenfor de to østligste lyttestasjoner i linjen A1 er området marint med et saltinnhold på 20 - 30 promille. Området ved de to østligste lyttestasjonene er preget av at hovedelva har sitt utløp her og dermed finnes det ofte et ferskvannslag på toppen av sjøvannslaget. Sone 2 var definert som området mellom linjene A4 og A3. Dette er overgangssonen mellom elva og sjøen (estuariet) og vannmassene er her sterkt påvirket av tidevannssyklusen i kombinasjon med kjøringen av kraftverkene i elva. Sone 3 strakte seg fra A3 til A4, mens sone 4 gikk fra A4 og helt opp til Nedre Leirfoss. Sonene 3 og 4 bestod i all hovedsak av ellevann, men det var i perioder innslag av sjøvann langs bunnen i sone 3 (data ikke presentert).

Med unntak av lyttestasjonen ved Nedre Leirfoss, som ikke var utplassert i perioden 02.06.–01.09.2013, var alle lyttestasjonene operative under hele undersøkelsen. Data fra lyttestasjonene ble overført til en bærbar computer ca. hver 2. måned igjennom hele undersøkelsesperioden.

Manuell peiling på elva ble gjennomført med hydrofon (Vemco INC, modell VR100) fra båt en gang hver andre måned med en ikke-retningsbestemt hydrofon, med henblikk på å registrere eventuelle individer som hadde passert en linje av lyttestasjoner uten å bli registrert.



Bilde 3. Lyttestasjon i Nidelva.
Foto: J.G. Davidsen

2.6 Registreringsevnen til linjene med automatiske lyttestasjoner

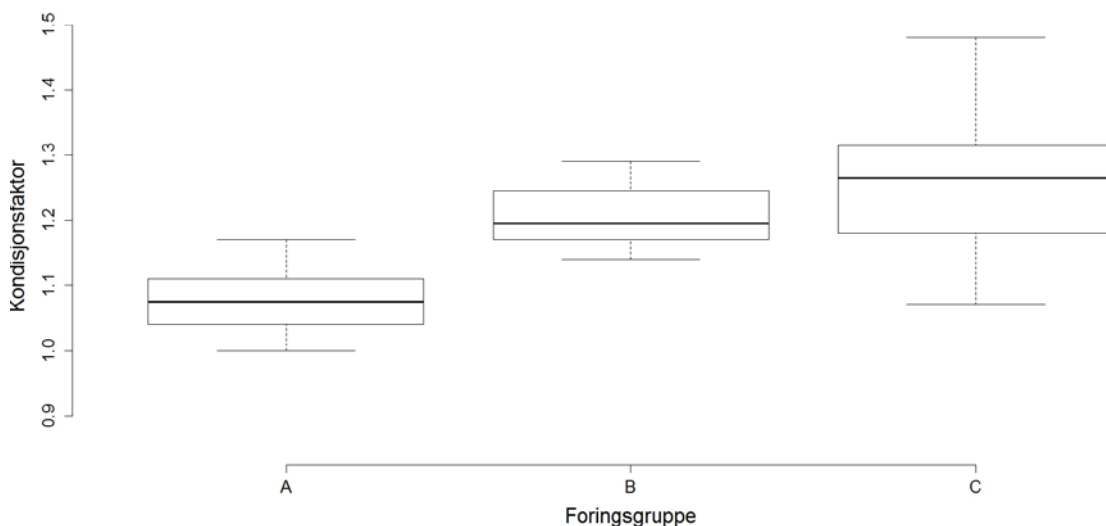
All fisk som ble registrert på en eller flere lyttestasjoner mellom utsettingsområdet ved Valøya og den ytterste linje i fjorden ble registrert på de linjer av lyttestasjoner de hadde passert. Dette viser at linjene A2-A4 registrerte all fisk som passerte nedstrøms. Dette er også støttet av at all fisk registrert under den manuelle peilingen var registrert i linjene oppstrøms der den ble lokalisert.

En rekkeviddetest gjennomført i juni 2013 viste at rekkevidden på lyttestasjonene i fjorden varierte fra 300-350 meter. Lengste avstand mellom lyttestasjonene i den ytterste linjen var 700 meter. I teorien kan en smolt dermed ha passert linjen uten å bli registrert, men dette anses som lite sannsynlig da all fisk registret på linjen ble registrert på minimum to stasjoner.

3 Resultater

3.1 Kondisjonsfaktor og finneslitasje

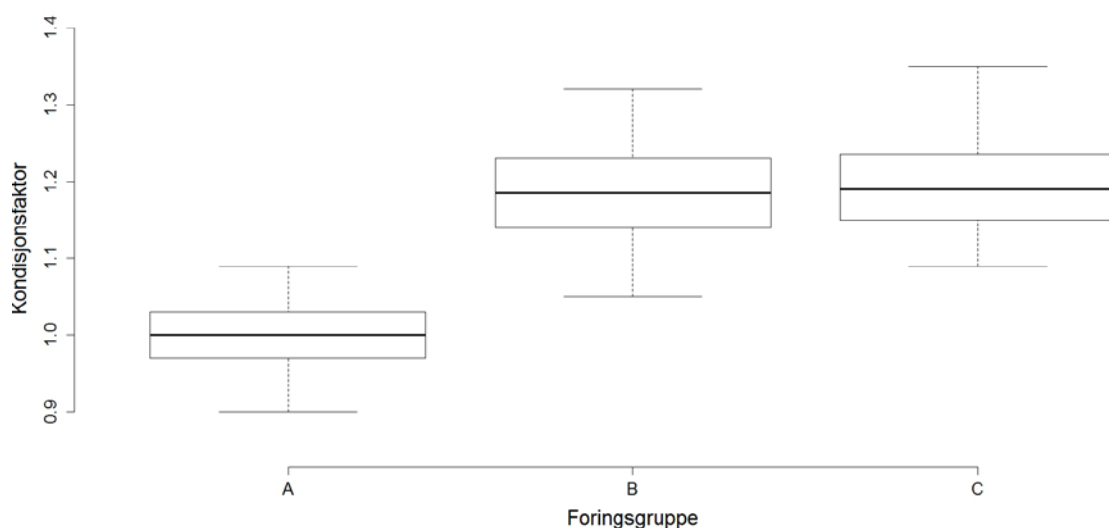
Allerede etter 93 dager med ulik fôring hadde gruppen som ikke fikk noe for (gruppe A) signifikant lavere kondisjonsfaktor enn de to andre forsøksgruppene (figur 6; ANOVA, $P < 0,001$, $n = 120$). Gruppe B (50 % rasjon) hadde likeledes signifikant lavere kondisjonsfaktor enn gruppe C (100 % rasjon) (ANOVA, $P = 0,041$, $n = 80$).



Figur 6. Kondisjonsfaktor hos tre merkegrupper av klekkeriproduisert ørretsmolt etter 93 dager med ulik fôringsmengde. Gruppe A fikk 0 % fôring i perioden fra 21.11.2012 til prøvetakning, gruppe B fikk 50 % mens gruppe C fikk 100 % rasjon. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Stiplalinjer med viskers angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Prikker viser enkelverdier utenfor 5-95 % persentilen (outliers).

Ved merking, etter 168 dager med ulik fôring, hadde gruppen som ikke fikk noe fôr (gruppe A) fortsatt signifikant lavere kondisjonsfaktor enn de to andre forsøksgruppene (figur 7; ANOVA, $P < 0,005$, $n = 120$). Men på dette tidspunktet var det ikke signifikant forskjell i kondisjonsfaktoren mellom fôringsgruppe B (50 % rasjon) og C (100 % rasjon) (ANOVA, $P = 0,591$, $n = 80$).

Det ble i løpet av perioden med redusert fôrtilgang ikke observert forskjell i finneslitasje mellom de tre fôringsgruppene. Klekkeriproduisert smolt har som regel hatt full tilgang til fôr for blant annet å hindre konkurranse og dermed økt aggressivitet (Latremouille, 2003), men i en tidligere undersøkelse av klekkeriproduisert ørret ble det heller ikke påvist økt finneslitasje hos individer med redusert fôrtilgang (Bergman m.fl., 2013).



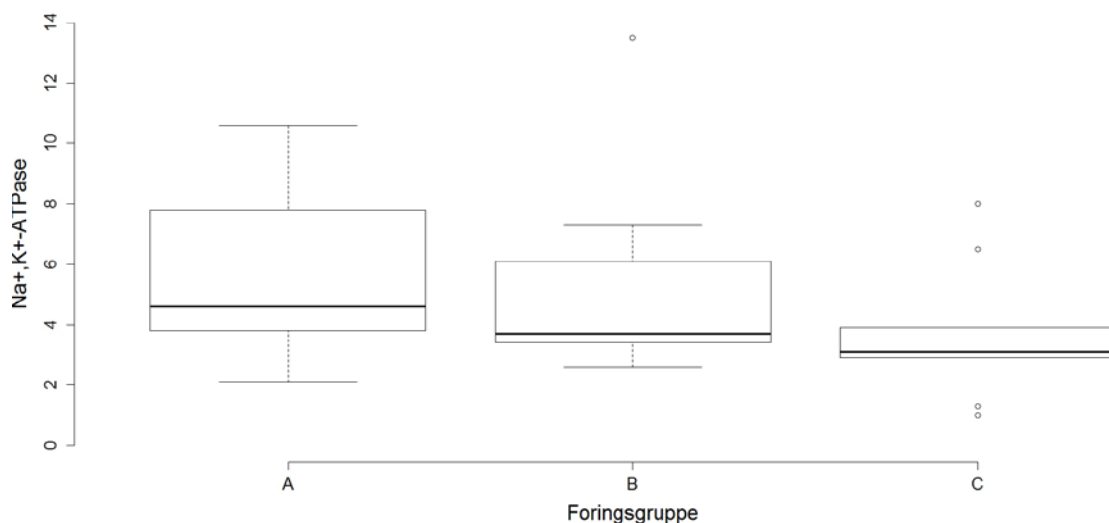
Figur 7. Kondisjonsfaktor hos tre merkegrupper av klekkeriprodusert ørretsmolt ved merking 06-07.05.2013. Gruppe A fikk 0 % fôring i perioden fra 21.11.2012 til merking, gruppe B fikk 50 % mens gruppe C fikk 100 % rasjon. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Stiplinjer med viskers angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Prikker viser enkelverdier utenfor 5-95 % persentilen (outliers).

3.2 Fysiologisk smoltstatus

Alle fôringsgruppene hadde en økning i fysiologisk smoltifisering i perioden fra 42 – 15 dager før smoltutsetningen (tabell 1). Gjennomsnittlig verdi for $\text{Na}^+, \text{K}^+ \text{-ATPase}$ var 15 dager før utsetting høyere hos fôringsgruppene A og B enn gruppe C (figur 8), men forskjellen mellom gruppe A med høyeste gjennomsnitt og gruppe C med laveste gjennomsnitt var ikke signifikant (ANOVA, $P = 0,138$, $n = 19$).

Tabell 1. Gjennomsnittlig verdi og standardavvik for fysiologisk smoltifisering ($\text{Na}^+, \text{K}^+ \text{-ATPase}$) hos tre fôringsgrupper av klekkeriprodusert ørretsmolt 42 og 15 dager før utsetting i Nidelva. Gruppe A fikk 0 % fôring i perioden fra 21.11.2012 til merking, gruppe B fikk 50 % mens gruppe C fikk 100 % rasjon.

	Na ⁺ ,K ⁺ -ATPase (SD)	
	03.04.2013	30.04.2013
Gruppe A	2,5 (0,8)	5,6 (2,9)
Gruppe B	3,6 (1,4)	5,2 (3,1)
Gruppe C	2,6 (0,6)	3,7 (2,1)



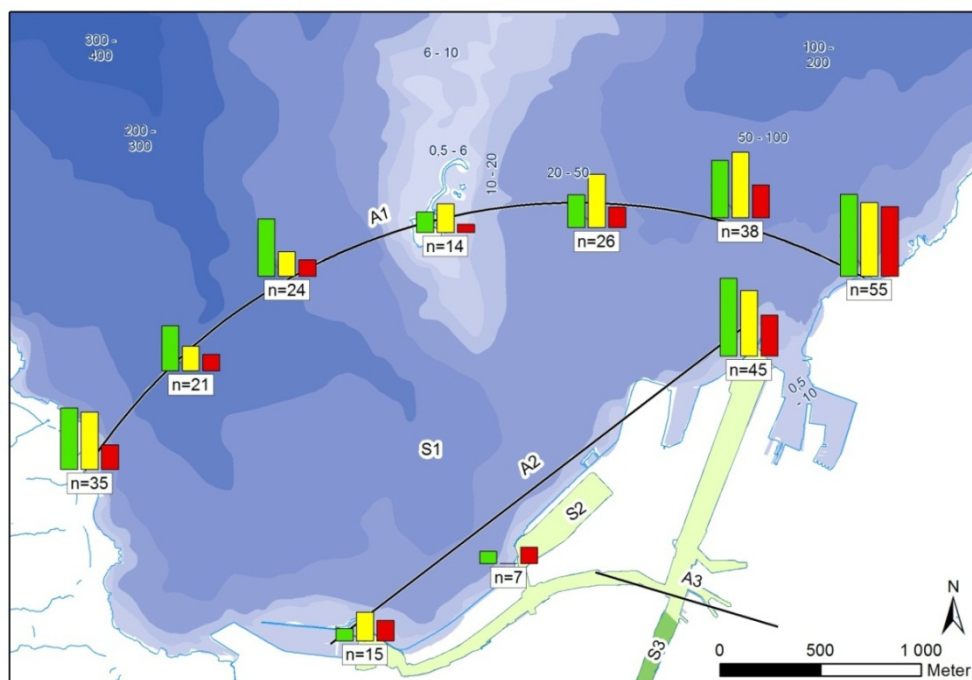
Figur 8. Forskjeller i fysiologisk smoltstatus Na⁺,K⁺-ATPase mellom de tre fôringsgruppene 15 dager før utsetting i elva (30.04.2013). Gruppe A fikk 0 % fôring i perioden fra 21.11.2012 til merking, gruppe B fikk 50 % mens gruppe C fikk 100 % rasjon. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Prikker viser enkelverdier utenfor 5-95 % persentilen (outliers).

3.3 Habitatbruk

Det var flere ørretsmolt fra fôringsgruppe A (0 %) enn fra gruppe C (100 %) registrert på samtlige lyttestasjoner i fjorden (figur 9). Forskjellen mellom de to gruppene var signifikant (Kji kvadrat test; se verdier i tabell 2) på de tre vestligste stasjonene (St.1-St.3), men avtok mot den østlige side av fjorden. Likeledes var det, med unntak av den østligste stasjon, flere registrerte smolt fra gruppe B (50 %) enn fra gruppe C. I elvemunningen (A2, figur 10) var det flere individer fra gruppe C (100 %) enn gruppe A (0 %) på den vestlige og midtre stasjon, mens det motsatte var gjeldende på den østligste stasjon. Ingen av forskjellene var dog signifikante (kji kvadrat test; vest: $p=0,470$, d.f.=7; midt: $p=0,705$, d.f.=6; øst: $0,095$, d.f. =28). Motsatt var det en høyere andel av individer fra gruppe C ($n=12$) enn fra de to andre gruppene (A: $n=9$; B: $n=9$) som aldri svømte ut i estuariet (sone 2), men forskjellen var imidlertid ikke signifikant (kji kvadrat test, $P=0,74$).

Tabell 2. Antall individuelle sjørretsmolt registrert på lyttestasjonene i fjorden. St.1 var den vestligste lyttestasjon, mens St.7 var den østligste. P-verdi angir om det på den enkelte stasjon var signifikant forskjell i antall registrerte individer mellom fôringsgruppene. Signifikante forskjeller er angitt med fet skrift.

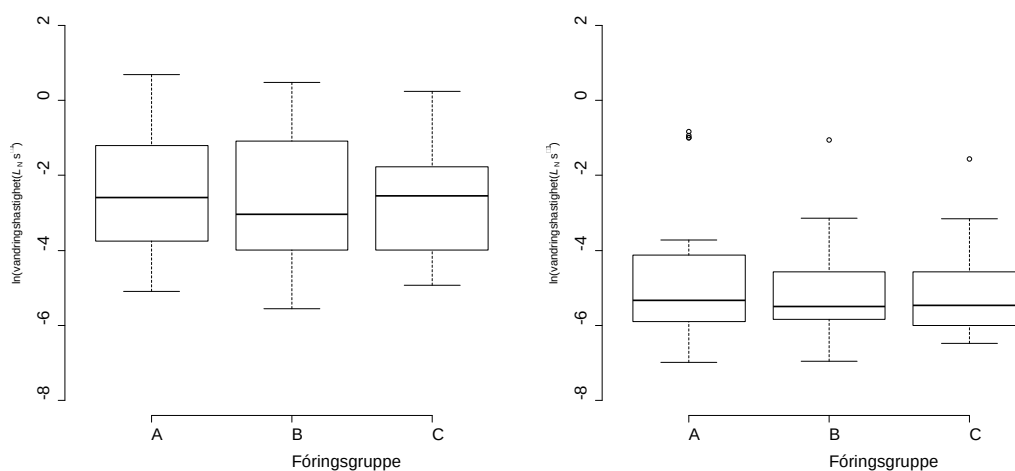
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7
0 %	15	11	14	5	8	14	20
50 %	14	6	6	7	13	16	18
100 %	6	4	4	2	5	8	17
P (0%:100%)	0,050	0,071	0,018	0,257	0,405	0,201	0,746
P (0%:50%)	0,853	0,225	0,074	0,564	0,275	0,715	0,746
P (50%:100%)	0,074	0,527	0,527	0,096	0,059	0,102	0,866



Figur 9. Registrering av individuelle ørretsmolt på lyttestasjonene i elvemunningen (A2) og i fjorden (A1). Grønn farge er gruppe A (0 % føring), gul farge er gruppe B (50 % føring), mens rød farge er gruppe C (100 % føring).

3.4 Progresjon i utvandringen

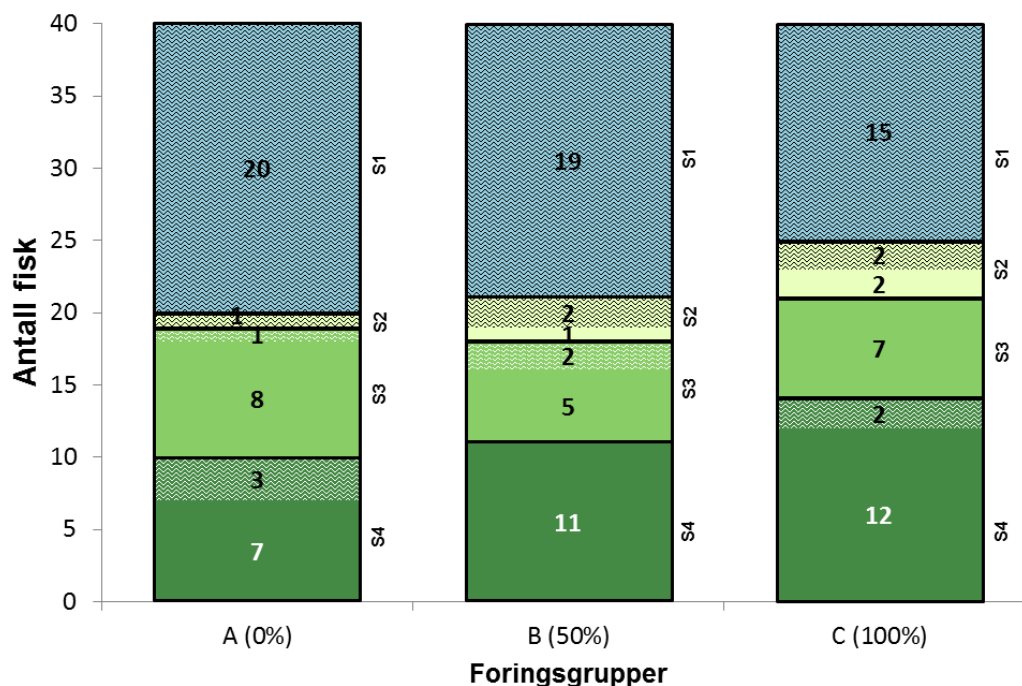
Det var ikke signifikant forskjell i progresjonen på den nedstrøms vandring mellom fødingsgruppene i sone 3 (figur 10; ANOVA; $P = 0,7$; $n = 67$) eller i sone 2 (ANOVA; $P = 0,6$; $n = 67$). Gjennomsnittlig (median) vandringshastighet (alle grupper samlet) i sone 3 var 0,069 kroppslengder per sekund, mens den i sone 2 var 0,004 kroppslengder per sekund. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig (median) hastighet på 0,016 m/sek i sone 3 og 0,001 m/sek i sone 2.



Figur 10. Progresjon i nedstrøms vandring (logaritmisk skala) i de tre fødingsgruppene. Figuren til venstre viser vandringshastighet i sone 3, mens figuren til høyre er hastigheten i sone 2. Gruppe A fikk 0 % føring i perioden fra 21.11.2012 til merking, gruppe B fikk 50 % mens gruppe C fikk 100 % rasjon. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Stiplinjer med viskers angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Prikker viser enkelverdier utenfor 5-95 % persentilen (outliers).

3.5 Siste registrering av enkeltfisk

Føringsgruppene A (0 %) og B (50 %) hadde henholdsvis 27 % og 33 % flere individer med siste registrering i fjorden enn gruppe C (100 %). Det var kun en fisk (2,5 %) i forskjell mellom gruppene i antall individer som ble registrert tilbake i elva etter et opphold i fjorden. I føringsgruppe A ble 24 smolt (60 %) registrert i mer enn 48 dager, mens det tilsvarende tallet for både gruppe B og C var 27 smolt (67,5 %)



Figur 11. Siste registrering av akustiske merket sjørretsmolt i Nidelva. S1-S4 angir den aktuelle sonen (se figur 1). Areal i S2-S4 med bølget symbol viser andel av fisk som hadde siste registrering i den aktuelle sonen, men som hadde returnert etter et opphold i sjøen.



Bilde 4. Utplassering av lyttestasjon ved overgangen til estuariet. Foto: A.D. Sjursen

4 Diskusjon

4.1 Kondisjonsfaktor og fysiologisk smoltstatus

Etter 5,5 måneder uten føring hadde kondisjonsfaktoren sunket fra 1,2 til 1,0. Dette er dog fortsatt en høy kondisjonsfaktor sammenlignet med vill ørretsmolt. I eksempelvis Driva (Arnekleiv m.fl., 2010) og Sävarån (Larsson m.fl., 2012) hadde vill ørretsmolt under nedvandring en kondisjonsfaktor på 0,82–0,85. Under smoltifiseringen endrer kroppsfasongen til ørreten seg ved at lengden øker i forhold til vekt (Jonsson & Jonsson, 2011) og dette medfører i seg selv en lavere kondisjonsfaktor. Likevel hadde ikke kondisjonsfaktoren endret seg nevneverdig hos de andre to forsøksgruppene, så forskjellen mellom gruppen uten føring og de andre to ble betydelig.

At merkegruppene uten føring og med halv føring hadde høyere grad av fysiologisk smoltstatus 14 dager før utsetting kan indikere at den dårligere tilgang til næring i klekkeriet har styrket smoltifiseringsprosessen. Likevel viser målingene av Na^+ , K^+ -ATPase at alle tre merkegruppene ville være klar for smoltutvandring på tidspunktet for utsetting (jevnfør Aarestrup m.fl., 2000).

4.2 Habitatbruk

Det var signifikant flere individer registrert i sjøen fra fôringsgruppen som ikke fikk mat enn fra gruppen som fikk full føring de siste 5,5 måneder før utsett. Dette indikerer at smolt med lavere kondisjonsfaktor ved utsetting er mere villige til å vandre til sjøen. At den største forskjellen mellom de to gruppene ble observert på den vestligste side av linjen med lyttestasjoner i fjorden stemmer overens med at dette område er mer marint. Området på den østlige side av transektet er kraftig påvirket av hovedutløpet av Nidelva med et variabelt ferskvannslag på toppen, og området rundt de to østligste stasjonene er i realiteten å regne som en del av estuariet. Dette resultatet støttes av undersøkelser gjort i Sävarån (Serrano m.fl., 2009) og viser at det er potensiale for å forbedre produksjonen av ørretsmolt.

Tidligere telemetriundersøkelser av smoltutvandring til klekkeriproduisert sjøørretsmolt i Nidelva (Davidsen m.fl., in press) viste at mer enn halvparten av de undersøkte fiskene ble anadrome migranter. Men samtidig var det også tydelig at flertallet av vandrerne brukte mer tid i estuariet enn i selve sjøen. Chernitsky m.fl. (1995) har foreslått at estuarin beiting kan være en alternativ strategi til lengre marine næringsopphold. Hvis dette stemmer, kan man spekulere i om smolt produsert i anlegg med rikelig tilgang til mat heller velger en slik intermediær strategi i stedet for den fullstendige og mer risikable sjøvandring.

Det har vært foreslått at sjøørretsmolt med større kroppslengde er mer villige til å vandre til sjøen (Ugedal m.fl., 1998), men i denne undersøkelsen var det ingen forskjell i kroppslengde eller vekt mellom de tre fôringsgruppene. De eneste observerte fysiologiske forskjeller var kondisjonsfaktor og fysiologisk smoltstatus.

4.3 Progresjon i utvandringen

Det var ingen forskjell i den nedstrøms vandringshastighet mellom de tre fôringsgruppene, men hastigheten gikk ned for alle gruppene når smolten ankom estuariet og dermed området med innslag av sjøvann. En slik atferd ble også observert i en tidligere undersøkelse i Nidelva (Davidsen m.fl., in press), i Sävarån (Serrano m.fl., 2009) og Gudenåen (Aarestrup m.fl., 2014). Nedsatt hastighet under passasjen av estuariet kan eksempelvis skyldes at smolten beiter mer intensivt her eller at den trenger tid til at akklimatisere seg til sjøvannet. Selv om smoltgruppene med 0 % og 50 % føring hadde noe høyere grad av smoltifisering to uker før utsetting tilsa verdiene av Na^+ , K^+ -ATPase at alle tre gruppene skulle være sjøvannstolerante ved utsetting (jevnfør Aarestrup m.fl., 2000). Videre viste den forrige undersøkelsen av vandringsatferd til ørretsmolt i Nidelva (Davidsen m.fl., in press) at estuariet var et viktig oppholdsområde for smolten. Det synes

derfor som mest sannsynlig at det ikke er manglende sjøvannstoleranse men snarere økt beiteaktivitet eller andre ukjente faktorer som er årsaken til den økte oppholdstiden i overgangen mellom elva og fjorden.

Gjennomsnittlig hastighet gjennom elva var 23 % lavere i 2013 enn registrert i undersøkelsen i 2011 og 2012 (Davidsen m.fl., in press). Forskjellen kan muligvis forklares ut fra at gjennomsnittlig vannføring i elva den første måneden etter utsetting i 2013 var 23 % lavere enn i 2012 og 19 % lavere enn i 2011. I tillegg var det en tydeligere døgnregulering i vannføring i 2013 enn de andre årene, men om dette har betydning for utvandringshastigheten er ukjent.

4.4 Siste registrering av enkeltfisk

At det var 33 % flere individer fra fôringsgruppen uten mat enn fra gruppen med full fôring som hadde sin siste registrering på lyttestasjonene i sjøen, støtter opp om konklusjonen med at redusert fôringsmengde til klekkeriproduisert ørretsmolt gir økt vandringsvillighet. Resultatene viser samtidig at det er et høyt tap av fisk i løpet av de første månedene etter utsett. Dette tapet kan skyldes dødelighet, eksempelvis i form av predasjon, men kan også ha årsaker som merkesvikt eller at fisken etter oppholdet i sjøen ikke returnerte tilbake til elva før enn at batteriet i det elektroniske merket hadde sluttet å fungere. Nyere forskning har vist at eldre sjørørret i Midt- og Nord-Norge, i likhet med sjørørreten i mer sydlige områder, kan overvintre i sjøen (Davidsen m. fl., upubliserte resultater; Jensen & Rikardsen, 2008; Jensen & Rikardsen, 2012).

I en sammenligning av tidlig marin overlevelse mellom klekkeriproduisert og vill smolt i Gudenåen var overlevelsen i gruppen av vill ørret dobbelt så stor som i gruppen av klekkeriproduisert (Aarestrup m.fl., 2014) og det har blitt vist at klekkeriproduisert smolt hos sølv laks (*Oncorhynchus kisutch*) som vokser opp under semi-naturlige forhold har bedre vandringsvillighet og overlevelse enn de individer som vokser opp under standard klekkeribetingelser (Chittenden m.fl., 2010). Det må derfor konkluderes med at selv om ørretsmolt med redusert fôringsmengde i høyere grad vandrer ut i sjøen, så må det ytterligere undersøkelser til for å kunne si om dette vil resultere i økt gytesuksess.

5 Referanser

- Aarestrup, K., Nielsen, C. & Madsen, S. S. 2000. Relationship between gill Na⁺,K⁺-ATPase activity and downstream movement in domesticated and first-generation offspring of wild anadromous brown trout (*Salmo trutta*). – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 57: 2086-2095.
- Aarestrup, K., Baktoft, H., Koed, A., del Villar-Guerra, D. & Thorstad, E. B. 2014. Comparison of the riverine and early marine migration behaviour and survival of wild and hatchery-reared sea trout *Salmo trutta* smolt. – Marine Ecology Progress Series 496: 197-206.
- Arnekleiv, J. V., Rønning, L., Forseth, T., Fiske, P., Koksvik, J., Hindar, K. & Kjærstad, G. 2010. Smoltundersøkelser i Driva 2005-2009. - NTNU Vitenskapsmuseet Rapport zoologisk serie 2010-5: 1-55.
- Arnekleiv, J. V., Koksvik, J. I., Davidsen, J. G., Sjursen, A. D. & Rønning, L. 2013. Fiskebiologiske undersøkelser i lakseførende del av Nidelva, Trondheim, 2001-2010. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2013-2: 50.
- Bergman, E., Piccolo, J. & Greenberg, L. 2013. Raising brown trout (*Salmo trutta*) with less food - effects on smolt development and fin damage. – Aquaculture Research 44: 1002-1006.
- Chernitsky, A. G., Zabruskov, G. V., Ermolaev, V. V. & Shkurko, D. S. 1995. Life history of trout, *Salmo trutta* L., in the Varsina River estuary, (The Barents Sea). – Nordic Journal of Freshwater Research 71: 183-189.
- Chittenden, C. M., Biagi, C. A., Davidsen, J. G., Davidsen, A. G., Kondo, H., McKnight, A., Pedersen, O.-P., Raven, P. A., Rikardsen, A. H., Shrimpton, J. M., Zuehlke, B., Mckinley, R. S. & Devlin, R. H. 2010. Genetic versus rearing-environment effects on phenotype: hatchery and natural rearing effects on hatchery- and wild-born Coho salmon. – Plos One 5, e12261.
- Davidsen, J. G., Daverdin, M., Arnekleiv, J. A., Rønning, L., Sjursen, A. D. & koksvik, J. I. 2014. Riverine and near coastal migration performance of hatchery brown trout (*Salmo trutta* L.). – Journal of Fish Biology. – in press.
- Fiske, P. & Aas, Ø. 2001. Laksefiskeboka – om sammenhenger mellom beskatning, fiske og verdiskapning ved elvefiske etter laks, sjøaure og sjørøye. - NINA Temahefte 2001-20: 1-100.
- Forseth, T., Næsje, T., Jonsson, B. & Hårsaker, K. 1999. Juvenile migration in brown trout: a consequence of energetic state. . – Journal of Animal Ecology 68: 783-793.
- Jensen, J. L. A. & Rikardsen, A. H. 2008. Do northern riverine anadromous Arctic charr *Salvelinus alpinus* and sea trout *Salmo trutta* overwinter in estuarine and marine waters? – Journal of Fish Biology 73: 1810–1818.
- Jensen, J. L. A. & Rikardsen, A. H. 2012. Archival tags reveal that Arctic charr *Salvelinus alpinus* and brown trout *Salmo trutta* can use estuarine and marine waters during winter. – Journal of Fish Biology 81: 735-749.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 1993. Partial migration: niche shift versus sexual maturation in fishes. – Reviews in Fish Biology and Fisheries 3: 348-365.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2011. Ecology of Atlantic salmon and Brown trout: habitat as a template for life histories. - Springer Science+Buisness Media B.V., London. 680 s.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L., and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. – Ecology of Freshwater Fish 12: 1-59.
- Larsson, S., Serrano, I. & Eriksson, L.-O. 2012. Effects of muscle lipid concentration on wild and hatchery brown trout (*Salmo trutta*) smolt migration. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 69: 1-12.
- Latremouille, D. N. 2003. Fin erosion in aquaculture and natural environments. – Reviews in Fisheries Science 11: 315-335.
- McCormick, S. D. 1993. Methods for nonlethal gill biopsy and measurement of Na⁺, K⁺ -ATPase activity. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50: 656-658.
- Olsson, I. C., Greenberg, L. A., Bergman, E. & Wysujack, K. 2006. Environmentally induced migration: the importance of food. – Ecology Letters 9: 645-651.

- Ruzzante, D. E., Hansen, M. M., Meldrup, D. & Ebert, K. 2004. Stocking impact and migration pattern in an anadromous brown trout (*Salmo trutta*) complex: where have all the stocked spawning sea trout gone? – *Molecular Ecology* 13: 1433-1445.
- Serrano, I., Larsson, S. & Eriksson, L.-O. 2009. Migration performance of wild and hatchery sea trout (*Salmo trutta* L.) smolts—Implications for compensatory hatchery programs. – *Fisheries Research* 99: 210-215.
- 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.

NTNU Vitenskapsmuseet er en enhet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

NTNU Vitenskapsmuseet skal utvikle og formidle kunnskap om natur og kultur, samt sikre, bevare og gjøre de vitenskapelige samlingene tilgjengelige for forskning, forvaltning og formidling.

Seksjon for naturhistorie driver forskning innenfor biogeografi, biosystematikk og økologi med vekt på bevaringsbiologi. Seksjonen påtar seg forsknings- og utredningsoppgaver innen miljøproblematikk for ulike offentlige myndigheter innen stat, fylker, fylkeskommuner, kommuner og fra private bedrifter. Dette kan være forskningsoppgaver innen våre fagfelt, konsekvensutredninger ved planlagte naturinngrep, for- og etterundersøkelser ved naturinngrep, fauna- og florakartlegging, biologisk overvåking og oppgaver innen biologisk mangfold.

ISBN 978-82-7126-985-2
ISSN 1894-0056

© NTNU Vitenskapsmuseet
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

www.ntnu.no/vitenskapsmuseet