Direktoratet for **naturforvaltning**

Utredning 2007-3

Reetablering av laks på Sørlandet

Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2006



Miljøsamarbeid



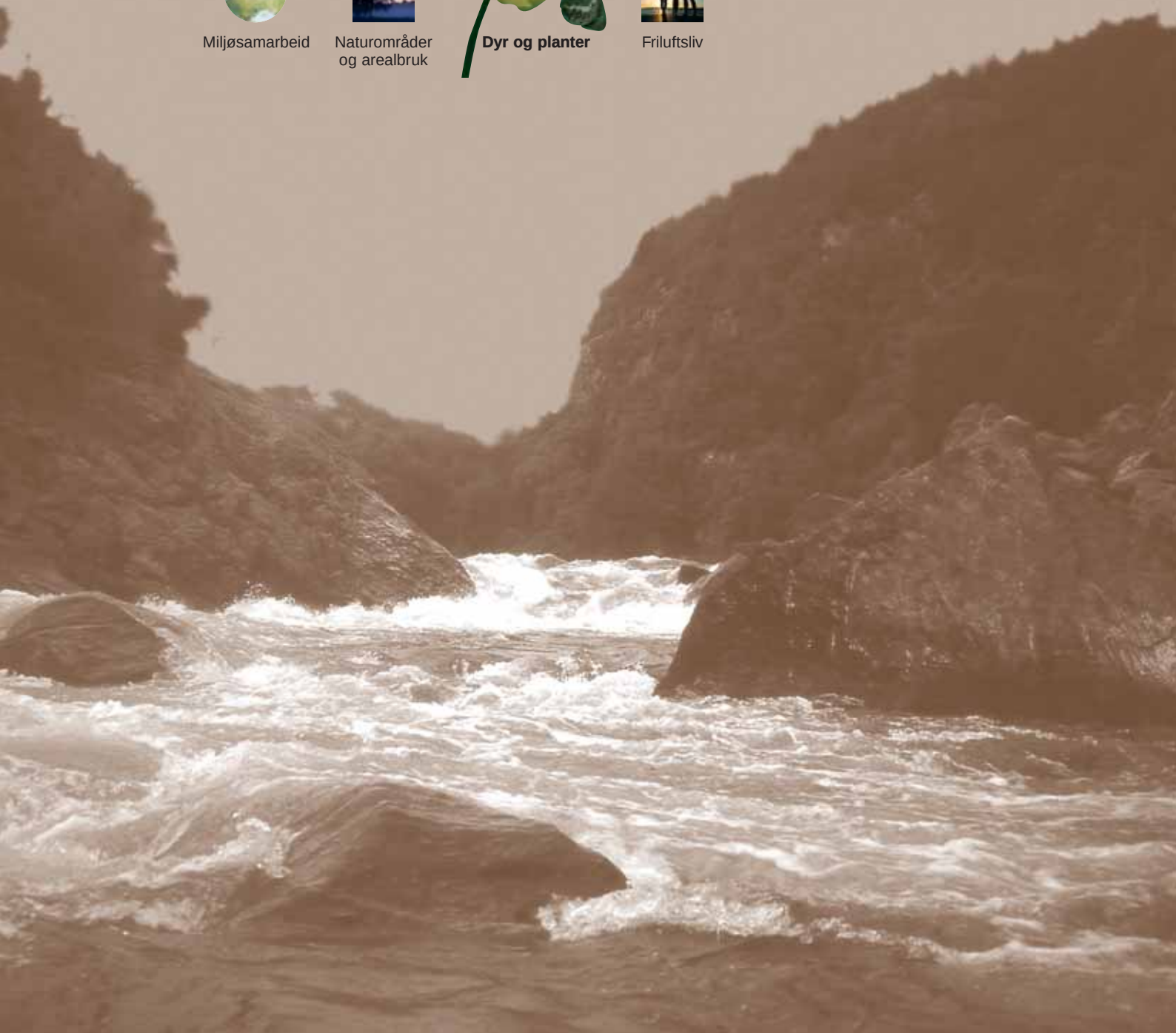
Naturområder og arealbruk



Dyr og planter



Friluftsliv



Reetablering
av laks på Sørlandet
Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2006

Utredning 2007-3

Utgiver:
Direktoratet for naturforvaltning

Dato:
August 2007

Antall sider:
96

Emneord:
Laks
Genetikk
Forsuring
Kalking
Aluminium
Ferskvann
Regulering

Keywords:
Atlantic salmon
Genetics
Acidification
Liming
Aluminium
Freshwater
Flows

Bestilling:
Direktoratet for naturforvaltning,
7485 Trondheim
Telefon: 73 58 05 00
Telefaks: 73 58 05 01
www.dirnat.no/publikasjoner

TE 1231

Refereres som:
Hesthagen, Trygve, redaktør 2007. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2006. DN-utredning 2007-3.

Foto forside: Ørnulf Haraldstad
Bilde av Haugefossen i Mandalselva

Ekstrakt:
Mandalselva hadde et rekordhøyt fangstutbytte av laks etter kalking i 2006, med 11.964 kg. I Tovdalselva ble det tatt 1.651 kg laks i 2006, mot et utbytte på 1.097 kg i 2005. Hovedtyngden av laksen i begge elvene er nå naturlig rekruttert, med en andel villfisk på henholdsvis 94 og 93 %. I Tovdalselva ble rognplantingen videreført i 2006, med utlegging av 475.000 rogn av Storelvastammen på strekningen Teinefossen-Herefossfjorden. Totalt er det nå lagt ut over 2 millioner lakserogn i Tovdalselva. Rogna er fargemerket, og gjenfangster av smolt i 2004, 2005 og 2006 viste at henholdsvis 81, 80 og 71 % stammet fra utlagt rogn to år tidligere. I Mandalsvassdraget ble det lagt ut øyerogn av Bjerkreimstamme i Lågåna og Kosåna (ovenfor anadrom strekning), med henholdsvis 52.500 og 202.000 individ i 2006. Gjennomsnittlig overlevelse fra rogna ble lagt ut til yngelen forlot grusen var 84 % i Tovdalselva, 92 % i Kosåna og 81 % i Lågåna. I Mandalselva foregår det sammenlignede studier av overlevelse og vekst hos utsatt énsomrige laksunger av Bjerkreims- og Mandalstammen (2004 og 2005). Det er hittil ikke påvist systematiske forskjeller i vekst og overlevelse mellom de to stammene blant ungfisk fanget ved elfiske i elva. Gjenfangst av smolt med felle våren 2006 viste derimot en signifikant høyere andel laks av Bjerkreimstamme enn Mandalstamme. Hovedtyngden av smolten både i Mandalselva og Tovdalselva vandret ut mellom 10. og 30. mai. Våren 2006 var konsentrasjonene av aluminium på gjellene hos smolt blant de laveste som er målt etter kalking. Dette antyder en bedret vannkvalitet, og tilsier små effekter på sjøoverlevelsen etter utvandring.

Abstract:
This report gives a summary of the effects and strategies for re-establishing Atlantic salmon in two limed rivers in southernmost Norway, the rivers Tovdalselva and Mandalselva. The liming in these two rivers started in 1996 and 1997, respectively. The salmon stocks in both rivers were virtually extinct by the end of the 1960s. In Mandalselva, salmon catches amounts to 11.964 kg in 2006, which is the highest catch after liming. In Tovdalselva, the annual catches of salmon have been much lower so far, reaching 1.651 kg in 2006. The proportion of natural produced salmon in Tovdalselva and Mandalselva have increased highly in recent years, reaching 93 and 94 % among adults in 2006, respectively. The upper part of Tovdalselva have been stocked with more than 2 million eyed eggs in the river bed during the years between 2000 and 2006, based on a brood stock from the neighbouring River Storelva. The eyed eggs were colored-marked, and recaptures of smolts in 2004, 2005 and 2006 showed that between 71-81 % were stocked as eyed eggs. During the period between 2003 and 2006, two tributary streams to River Mandalselva, Lågåna and Kosåna, were also stocked with eyed eggs (n=944.000), based on a brook stock from the nearby River Bjerkreimselva. The survival of eyed eggs was high in all three rivers, ranging between 81 and 92%. Mandalselva have also been stocked with about 700.000 one-summer-old salmon (age 0+) after liming (1997-2005), based on brood stock from Bjerkreimselva (1997-2003), while a comparative study using brood stocks from both Mandalselva and Bjerkreimselva was carried out in 2004 and 2005. So far no systematic differences in growth and survival between these two strains have been found based of recaptures of juveniles in the river. However, among smolts caught in the spring of 2006, a significant higher fraction of Bjerkreim salmon was caught. In the spring of 2006 smolts were sampled with traps in both rivers, which occurred mainly between May 10. to 30. Smolt health based on gill aluminum concentrations indicated good water quality in 2006, and an improvement compared with previous years.

Forord

Agderfylkene hadde opprinnelig sju større lakseførende vassdrag; Nidelva, Otra, Tovdalselva, Mandalselva, Audna, Lygna og Kvina. I løpet av første halvdel av 1900-tallet ble alle disse laksebestandene sterkt redusert og senere utryddet pga sur nedbør. De siste individene regner en med forsvant i løpet av 1960-tallet. Sur nedbør har totalt utryddet laksestammene i minst 18 vassdrag i Sør-Norge, mens 12 stammer regnes som utryddingstruet. I 1996 og 1997 ble det satt igang kalking på lakseførende strekning av henholdsvis Tovdals- og Mandalsvassdraget. Dette var to av de viktigste laksevassdragene på Sørlandet før forsuringen startet. I 1997 opprettet Direktoratet for naturforvaltning (DN) "Reetableringsprosjektet", med et styre som ledes i samarbeid med fylkesmennene i Vest-Agder og Aust-Agder. Flerbruksplan for Mandalsvassdraget/Agder Energi Produksjon, Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er også representert i styret. Prosjektet er finansiert av DN, med betydelige bidrag fra Agder Energi Produksjon.

Målsettingen med kalkingsprosjektene i de to elvene er å (i) skape en god nok vannkvalitet til at sjølreproduserende laksebestander kan etableres, (ii) gjennomføre en genetisk og veterinærmessig forsvarlig fiskekultivering og (iii) sikre en vitenskapelig basert kunnskapsoppfølging gjennom ulike FoU-aktiviteter. Denne rapporten gir en oppsummering av resultatene fra Reetableringsprosjektet for 2006.

Trondheim, august 2007

Yngve Svarte
Direktør Artsforvaltningsavdelingen

Innhold

Side

1 Innledning 7

1.1 Litteratur 8

2 Beskrivelse av vassdragene 9

3 Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for reetablering av laks 10

3.1 Rognplanting i Tovdalselva og i Mandalsvassdraget i 2006 10

3.1.1 Bakgrunn og hensikt 10
3.1.2 Metoder 10
3.1.3 Resultater og diskusjon 11
3.1.4 Samlet vurdering 15
3.1.5 Litteratur 15

4 Utsetting av laks som kultiveringsstrategi for reetablering 16

4.1 Utsetting av ensomrige laksunger av Bjerkreim- og Mandalstamme i Mandalselva. Årsrapport 2006. 16

4.1.1 Innledning 17
4.1.2 Materiale og metoder 17
4.1.3 Resultater 19
4.1.4 Diskusjon 22
4.1.5 Foreløpige konklusjoner 24
4.1.6 Litteratur 25

5 Smoltundersøkelser 37

5.1 Undersøkelse av smoltutgangen i Tovdalselva i 2006 37

5.1.1 Bakgrunn og hensikt 37
5.1.2 Metoder 37
5.1.3 Resultater og diskusjon 38
5.1.4 Litteratur 41

5.2 Smoltutvandring i Mandalselva, 2001-2006 41

5.2.1 Innledning 42
5.2.2 Metode og materiale 42
5.2.3 Resultater 43
5.2.4 Litteratur 54

5.3 Smoltkvalitet i Mandalselva, Tovdalselva, Nidelva og Storelva våren 2006. 54

5.3.1 Innledning 55
5.3.2 Metode og evalueringskriterier 55
5.3.3 Vassdragsvise resultat og diskusjon 56
5.3.4 Konklusjon 63
5.3.5 Litteratur 63

5.4 Mandalselva – effekter av Laudal kraftverk på overlevelse av utsatt smolt. Framdriftsrapport 2006 65
5.4.1 Innledning 65
5.4.2 Metoder 65
5.4.3 Resultater og diskusjon 65
5.4.4 Litteratur 66
6 Bestandene av voksen laks og sjøaure 69
6.1 Overvåking av bestandene av voksen laks i Mandalselva og Tovdalselva i 2006. 69
6.1.1 Innledning 69
6.1.2 Materiale og metoder 69
6.1.3 Resultater 70
6.1.4 Diskusjon 79
6.1.5 Konklusjon 84
6.1.6 Litteratur 85
7 Analyser av grunnstoffer i otolitter 87
7.1 Foreløpige analyser av feilvandring hos laks på basis av grunnstoffer i otolitter 87
7.1.1 Innledning 87
7.1.2 Metode og materiale 87
7.1.3 Resultater 89
7.1.4 Samlet vurdering 93
7.1.5 Litteratur 94

1 Innledning

Forsuringen har påført laksebestandene i Sør-Norge store skader, med minst 18 tapte bestander. Laksen i elvene på Sørlandet ble først skadet, og ut fra utviklingen i fangststatistikken skjedde trolig dette allerede på slutten av 1800-tallet. Det var nemlig en klar nedgang i laksefangstene i denne landsdelen før århundreskiftet. Reduksjonene i disse laksebestandene fortsatte også etter 1900, og på 1920-tallet var utbyttet sterkt redusert sammenliknet med med nivået noen tiår tidligere. Tidlig på 1900-tallet ble det også observert omfattende fiskedød i flere elver på Sørlandet og sørvestlandet. Allerede på slutten av 1920-tallet ble nedgangen i laksebestandene i Sør-Norge koblet til surt vatn. Det samme gjaldt den omfattende dødeligheten på rogn og yngel i mange klekkerier. Dette ble etter hvert i stor grad forhindret ved innstallering av kalkingsfiltre. På 1930-tallet ble det også foreslått å kalke Mandalselva, der laksestammen nå var sterkt redusert. Men kalking av sure lakselver på Sørlandet ble ikke satt igang før over 50 år seinere, med oppstart i Audna i 1985. Ytterligere to lakselver ble kalket på 1980-taltet; Vikedalselva og Soknedalselva i Rogaland. I dag blir 22 norske lakseførende vassdrag fullkalket. Tovdals- og Mandalsvassdraget ble fullkalket i henholdsvis 1996 og 1997. Samtidig opprettet Direktoratet for naturforvaltning (DN) et forskningsprosjekt med fokus på kalking og reetablering av laks i de to elvene, som blir kalt "Reetableringsprosjektet". Målsettingen med prosjektet var å skape en god nok vannkvalitet til å etablere sjølreproduserende laksebestander, gjennomføre en faglig forsvarlig fiskekultivering, samt sikre en vitenskapelig basert kunnskapsoppfølging og forvaltning.

I 2003 ble det gitt en oppsummering av resultatene fra prosjektet så langt (Haraldstad & Hesthagen, red. 2003). Rapporten beskriver kalkings- og kultiveringstiltakene i prosjektperioden, og viser tilstand for reetableringen av laks i de to vassdragene. Kultiveringstiltakene omfatter både utlegging av øyerogn og utsetting av ungfisk (0+) og smolt. Rapporten gir også en dokumentasjon av vannkvaliteten før og etter kalking, fiskens helsetilstad, genetisk karakterisering, utviklingen i tettheten av ungfisk, andelen villfisk i fansgtene og fangstutbyttet av voksen fisk ved sportsfiske før og etter kalking. I både Mandalselva og Tovdalselva ble det registrert gyting av laks allerede året etter kalkingsstart, men utviklingen i laksebestandene i de to elvene har vært forskjellig. I Mandalselva økte laksebestanden raskt etter kalking, både mht tetthet av ungfisk og gytebestand. I 2001 ble det rapportert inn et oppfisket kvantum på over 10 tonn. I samme periode var tettheten av laksunger i Tovdalselva fortsatt relativt lav, og fangstene av voksen fisk var knapt et halvt tonn.

Den omfattende reguleringen av Mandalsvassdraget er en annen utfordring ved reetablering av laks i elva. Laudal kraftverk, som er det nederste og nyeste kraftverket, fikk konsesjon i 1975. Reguleringen medførte blant annet at vatnet på lakseførende strekning blir tatt inn i en tunnel ved utløpet av Mannflåvann, som gir ei vintervannføring på ei 5 km lang strekning nedstrøms innsjøen på bare 1,5 m^3/sek. Tilstanden i vassdraget på 1970-tallet, med sterk forsuring og en utryddet laksestamme var viktige årsaker til fastsettelsen av den lave minstevassføringen. NVE har nå satt i gang en prosess med tanke på en revisjon av manøvringsreglementet, mens DN og Agder Energi Produksjon er i dialog for å vurdere forsknings- og FoU-aktiviteter opp mot konsesjonsforpliktelsene. Tovdalsvassdraget er i mindre grad påvirket av vassdragsreguleringer på lakseførende strekning. Imidlertid har Uldalsgreina flere magasiner og er betydelig regulert, slik at vannføringen i hovudelva blir påvirket. I tillegg er Boenfossen ved utløpet regulert til kraftproduksjon. Her er det etablert fisketrapp for å sikre oppgang i fossen.

Denne rapporten gir en oppsummering av resultatene fra Reetableringsprosjektet for 2006. En del data fra tidligere år er også presentert. Dette omfatter studier av genetisk opphav, forsterkningstiltak (rognplanting og utsetting av laksunger inkludert smolt), smoltfangst (utvandring og helsetilstand) og analyse av voksen fisk (opphav og mengde oppfisket). Det er tidligere publisert sju rapporter som presenterer resultatene fra Reetableringsprosjektet (se Litteraturliste). Resultatene fra den vannkjemiske overvåkingen i Tovdal- og Mandalsvass-draget er publisert i DN´s rapportserie om "Kalking i vann og vassdrag- Effektkontroll av større prosjekter".

1.1 Litteratur

Johnsen, B.O. red., 1999. Reetableringsprosjektet. Årsrapport 1998. – DN-utredning 1999-7.

Hesthagen, T. red., 2001a. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 1999. – DN-utredning 2001-5.

Hesthagen, T. red., 2001b. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2000. – DN-utredning 2001-6.

Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. red., 2003. Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver. – Reetableringsprosjektet 1997-2002. – DN-utredning 2003-5.

Hesthagen, T. red., 2005a. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2001-2003. – DN-utredning 2005-9.

Hesthagen, T. red., 2005b. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004. – DN-utredning 2005-10.

Hesthagen, T. red., 2006. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2005. – DN-utredning 2006-4.

2 Beskrivelse av vassdragene

Mandalsvassdraget ligger i Vest-Agder og Aust-Agder fylker. Nedbørfeltet er på 1.800 km^2, med ei gjennomsnittlig vassføring ved utløpet på 89 m^3/sek. Anadrom fisk kan vandre ei strekning på 48 km, til Kavfossen i Bjelland. Kalkingen startet i Logåna i 1982, og på 1980/1990-tallet ble flere innsjøer i vassdraget kalket. På midten av 1990-tallet ble det satt opp fire kalkdoseringsanlegg i sidelvene Høyeåna, Hesså og Kosåna. Våren 1997 ble det satt igang kalking av hovedvassdraget, med anlegg på Smeland, Håverstad og Bjelland. Det vannkjemiske målet for kalkingsvirksomheten i Mandalsvassdraget er fra 2006 satt til pH=6,0 fra 1. juni til 14. februar, pH=6,2 fra 15. februar til 14. april og pH=6,4 fra 15. april til 31. mai.

Mandalsvassdraget er sterkt berørt av vassdragsreguleringer. Det først kraftverket, Skjerka kraftverk i Åseral, stod ferdig allerede i 1932. Seinere er det bygt ytterligere tre kraftverk ovenfor lakseførende strekning: Håverstad i 1955, Logna i 1961 og Smeland i 1985. På lakseførende strekning er det bygt to kraftverk: Bjelland i 1975 og Laudal i 1981. Total reguleringsgrad for vassdraget er 14%. To elvestrekninger har redusert vassføring som følge av reguleringene; elva mellom Kavfossen og utløpet av Bjelland kraftverk og elva mellom dam Mannflå og Laudal. Minstevassføringen om vinteren på de to strekningene er henholdsvis 1,0 og 1,5 m^3/sek. Strekningen Laudal-Mannflå på 5 km har tre fisketrapper og flere løsmasseterskler. Dette vanskeliggjør oppgangen for laks.

Tovdalsvassdraget ligger hovedsakelig i Aust-Agder, med noe areal i Vest-Agder og en liten del i Telemark. I øvre deler består Tovdalsvassdraget av to hovedgreiner; Tovdalsgreina i øst og Uldalsgreina i vest. Nedbørfeltet er på 1.885 km^2, med ei gjennomsnittlig vassføring ved utløpet på 65 m^3/sek. Uldalsgreina er regulert med Hanefoss kraftverk, mens Boenfossen ved utløpet er regulert til kraftproduksjon for Boen Bruk. Tovdalselva har ei lakseførende strekning på 45,5 km, til Herefossfjordens øvre del. Kalkingen av vassdraget kom igang i stor skala i oktober 1996. I tillegg til fem hoveddoserere (Bås, Skjeggedalsåna, Vatnedalsåna, Hovlandsåna [flyttet fra Klepslandsåna i 2003] og Herefossfjorden-utløp) samt dosereren i Kateåsåna, kalkes innsjøene Ogge og Høvringsvatn og flere mindre innsjøer. Det vannkjemiske målet for kalkingsvirksomheten i Tovdalsvassdraget ble fra 2006 satt til pH=6,0 fra ca 24. juni til 14. februar, pH=6,2 fra 15. februar til 20. april og pH=6,4 fra 21. april til ca 23. juni.

3 Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for reetablering av laks

3.1 Rognplanting i Tovdalselva og i Mandalsvassdraget i 2006

Bjørn T. Barlaup[1], Helge Skoglund[1], Sven-Erik Gabrielsen[1], Tore Wiers[1] og Vidar Moen[2]
Medarbeidere: Jim Güttrup[3] , Kai Severinsen[4] og Kristian Hestvåg[5]

[1]Laboratorium for Ferskvannsøkologi og Innlandsfiske, LFI-UNIFOB, Universitetsforskning Bergen, Thormøhlensgt 49, 5006 Bergen. [2]VESO Trondheim, Tungasletta 2, 7485 Trondheim. [3]Tvedestrand kommune, 4900 Tvedestrand.[4] Topdalsveien 317, 4658 Tveit. [5]Finså klekkeri AS, 4534 Marnardal

Sammendrag

I regi av Reetableringsprosjektet ble det våren 2006 lagt ut 475 000 øyerogn av Storelvastammen i Tovdalselva og 204 500 øyerogn fra Bjerkreimstammen i Kosåna og Lågåna, som er to sidevassdrag til Mandalselva. I begge vassdragene ble mesteparten av rogna lagt ut i kasser med grus der hver kasse hadde fire egglommer á 500 rogn, mens en mindre del av rogna ble lagt ut i Vibertbokser á 1000 rogn. Gjennomsnittlig overlevelse fra utlegging og frem til yngelen forlater grusen var 84,0 % i Tovdalselva. Overlevelsen i Kosåna og Lågåna i Mandalsvassdraget var henholdsvis 92,3 % og 81,1 %. Den noe lavere overlevelsen i Lågåna skyldes trolig at det sedimenterte en del sand på noen av stedene hvor rogna ble lagt ut. Likevel er overlevelsen i Lågåna i 2006 betydelig høyere enn i 2005 da en sjøsaltepisode med surt, Al-rikt vann medførte at eggoverlevelsen ble redusert til 52,2 %. Samlet tilsier erfaringene fra Tovdalselva og Mandalsvassdraget at metodene benyttet for rognplanting fungerer etter hensikten. Generelt god eggoverlevelse sammen med gjenfangster av ungfisk som stammer fra rognplantingen tilsier at denne strategien med stor sannsynlighet har bidratt betydelig til ungfiskbestanden av laks i de to vassdragene.

3.1.1 Bakgrunn og hensikt

Etter forslag fra FoU-gruppa for Reetableringsprosjektet ble det høsten 1999 foreslått å undersøke mulighetene for å legge ut øyerogn som en alternativ kultiveringsstrategi i forbindelse med reetableringen av laks i Tovdalsvassdraget. En FoU-gruppe med deltagere fra LFI-Bergen/NIVA/ NINA/VESO-Trondheim vurderte spørsmålet og anbefalte metoden. På denne bakgrunn har det fra våren 2000 årlig blitt utført forsøk med utlegging av øyerogn i Tovdalselva. Fra våren 2003 har det også blitt utført rognplanting i Lågåna og Kosåna, som er to sidevassdrag til Mandalsvassdraget Resultatene fra rognplantingen fra Tovdalselva tidligere år er rapportert i Barlaup m.fl. (2003, 2005a,b), og fra Mandalselva i Barlaup m.fl. (2005a,b). Hensikten med forsøkene har vært å prøve ut ulike metoder (Barlaup & Moen 2001) for å gi anbefalinger om videre bruk av rognplanting for reetablering av laks i Tovdalselva. Her presenteres hovedresultatene fra begge prosjektene i 2006.

3.1.2 Metoder

Stamfisk og rogn

Til utsetting av øyerogn i Tovdalselva ble det brukt lakserogn fra Storelvastammen i Vegårs-vassdraget (Storelva i Holt). Stamfisken produseres på fiskeanlegget på Finså i Marnadal. I Lågåna og Kosåna i Mandalsvassdraget har det vært brukt lakserogn fra Bjerkreimstammen (Bjerkreimselva i Rogaland). Rogna var produsert på fiskeanlegget på Ims.
Etter befruktning ble rogna desinfisert med buffodin, og lagt inn i klekkesylindre for

svelling. Død rogn ble plukket ut jevnlig etter innlegging og fram til øyerognstadiet. Antallsberegning ble foretatt ved hjelp av tellerenne og Brofeldts skala. Temperaturen i klekkeriet ble logget med en minilogger med et intervall på 2 timer.

Før utlegging ble all rogna kjemisk merket av Veterinærmedisinsk oppdragssenter (VESO). Merket avsettes i øresteinen (otolitten) og gjør det senere mulig å identifisere fisk som stammer fra rognplantingen.

Utlegging av rogn

Rogna ble som i de foregående årene (se Barlaup m.fl. 2003) lagt ut på øyerognstadiet i perforerte plastkasser som på forhånd var fylt med grus og plassert på egnede plasser i elva. I hver kasse ble det lagt ut om lag 2000 rogn, fordelt på fire egglommer. I tillegg ble noe av rogna lagt i såkalte Vibertbokser (fult navn er Whitlock-Vibert bokser), som er plastikkbokser (15 cm × 9 cm × 6 cm) hvor rogna legges i sammen med litt grus (Whitlock 1978). I hver av disse Vibertboksene ble det lagt ut enten 500 eller 1000 øyerogn, som så graves ned i gruskasser eller direkte i elvegrusen.

Evaluering av tilslag

Overlevelse frem til yngelen kommer opp av grusen ble målt ved å telle antall gjenværende døde rognkorn og plommesekkyngel i et utvalg av kassene og Vibertboksene. Dette ble gjort i slutten av juni og begynnelsen av juli 2006, etter at all yngelen hadde kommet opp av grusen.

3.1.3 Resultater og diskusjon

Tovdalselva

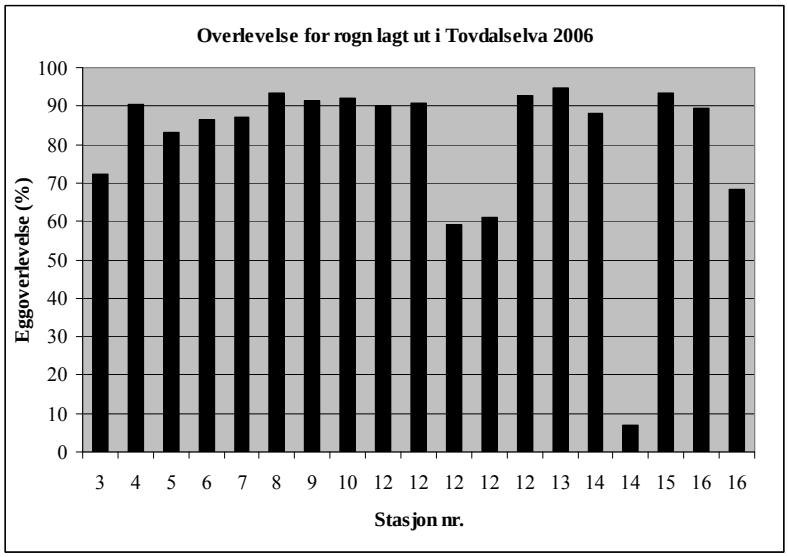
Det ble lagt ut totalt 475 000 rogn i perioden 7. februar til 20. mars 2006. Rogna ble lagt ut i 151 gruskasser og 227 Vibertbokser og fordelt på 16 lokaliteter på strekningen mellom Teinefossen og utløpet av Herefossfjorden (**tabell 3.1**). Kulde og snø gjorde det svært krevende å få gjennomført prosjektet. Inngående lokal kunnskap om stasjonene kombinert med bruk av motorsag for å fjerne is gjorde det mulig å få ut rogna på en forsvarlig måte. Dette arbeidet ble utført av Jim Güttrup og Kai Severinsen.

Kassene ble tatt opp og eggoverlevelsen undersøkt i perioden 28.06. til 03.07. 2006. Den totale estimerte overlevelsen for all utlagt rogn var 84,0 %. Overlevelsen på de ulike stasjonene er vist i **figur 3.1**. Unormalt lav rognoverlevelse ble registrert på stasjon 14 hvor store mengder sand hadde sedimentert i Vibertboksene. Bortsett fra dette var overlevelsen gjennomgående høy til tross fra de vanskelige forholdene under utplantingen av rogna vinteren 2006.

Med rognplantingen i 2006 er det nå totalt plantet ut i overkant av 2 millioner lakserogn i Tovdalselva i perioden 2000-2006 (**tabell 3.2**).

Tabell 3.1. *Oversikt over øyerogn av laks lagt ut på de ulike stasjonene i Tovdalssvassdraget 2006.På stasjon nr. 11 ble rogna lagt direkte i grusen uten bruk av kasse eller Vibert-boks.*

Stasjon nr.	Gruppe nr.	Antall Vibert-bokser i elvebunn	Antall Vibert-bokser i kasser	Antall gruskasser	Totalt antall rogn
1	3	16			16 000
2	4	16			16 000
3	2		20	5	20 000
4	2		24	6	24 000
5	2		24	6	24 000
6	2		24	6	24 000
7	2		20	5	20 000
8	2			23	46 000
9	1			19	38 000
10	1			17	34 000
11	3				19 000
12	1,4		63	28	106 000
13	2			10	20 000
14	2		12	6	20 000
15	2			5	10 000
16	1		8	15	38 000
Sum		32	195	151	475 000



Figur 3.1*. Estimert overlevelse av utlagt rogn frem til yngelen har forlatt grusen på de ulike stasjonene med rognplanting i Tovdalsvassdraget 2006. Hver søyle angir gjennomsnittlig overlevelse på hver stasjon. I tilfeller hvor rogna er spredt innefor et stasjonsområde er det gitt flere estimat for samme stasjonsnr.*

Tabell 3.2. *Totalt antall rogn plantet ut i Tovdalsvassdraget i perioden 2000-2006.*

År	Antall rogn plantet ut
2000	18 000
2001	240 000
2002	249 200
2003	279 000
2004	560 000
2005	207 000
2006	475 000
Sum:	2 028 200

Mandalsvassdraget

I Mandalsvassdraget ble det totalt lagt ut ca. 204 500 øyerogn av laks den 17. januar 2006, der 202 000 ble lagt ut i Kosåna og 52 500 i Lågåna (**tabell 3.3 og 3.4**). I Lågåna ligger stasjonene for rognplanting på anadrom strekning, mens stasjonene i Kosåna ligger ovenfor anadrom strekning. I begge sidevassdragene ble det i hovedsak benyttet det samme stasjonsnettet som i 2003-2005. Av **tabell 3.5** framgår det at det i perioden 2003-2006 totalt er plantet ut nær en million rogn i disse to sidevassdragene i Mandalselva.

Tabell 3.3. *Oversikt over antall stasjoner og metode for utlegging og antall øyerogn av laks lagt ut i Kosåna i Mandalsvassdraget 17.01.2006.*

Stasjon nr.	Antall Vibert-bokser i kasser	Antall gruskasser	Totalt antall rogn
1		18	36 000
2	20	5	20 000
3	20	12	34 000
4	16	9	26 000
5		4	8 000
6	4	16	34 000
7	20	17	44 000
Sum	80	81	202 000

Tabell 3.4*. Oversikt over antall stasjoner og metode for utlegging og antall øyerogn av laks lagt ut i Lågåna i Mandalsvassdraget 17.01.2006.*

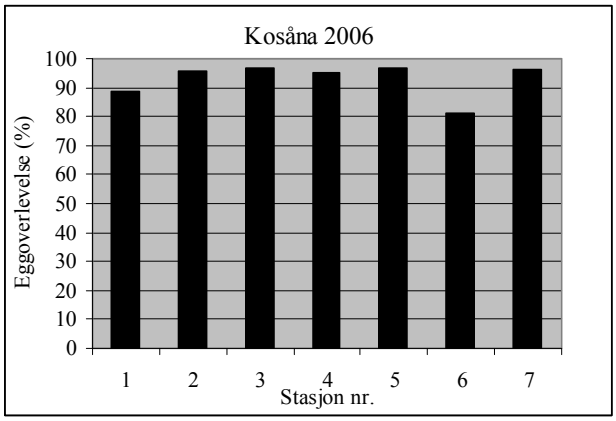
Stasjon nr.	Antall Vibert-bokser i kasser	Antall gruskasser	Totalt antall rogn
1		4	8 000
2		5	10 000
3		6	12 000
4		6	12 000
5		6	10 500
6			
7			
Sum	0	27	52 500

Tabell 3.5. *Antall rogn lagt ut i Mandalsvassdraget i perioden 2003-2006.*

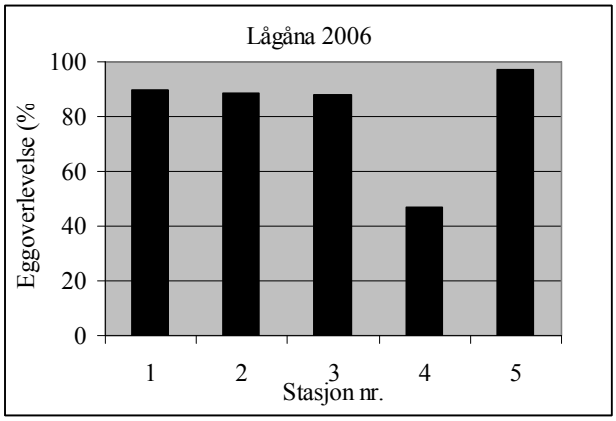
År	Kosåna	Lågåna	Totalt
2003	100 000	76 000	176 000
2004	190 000	65 500	255 500
2005	194 000	64 000	258 000
2006	202 000	52 500	254 500
Sum	686 000	258 000	944 000

Overlevelse fra utlegging og frem til yngelen forlater grusen ble undersøkt i perioden 25-27.06.2006.

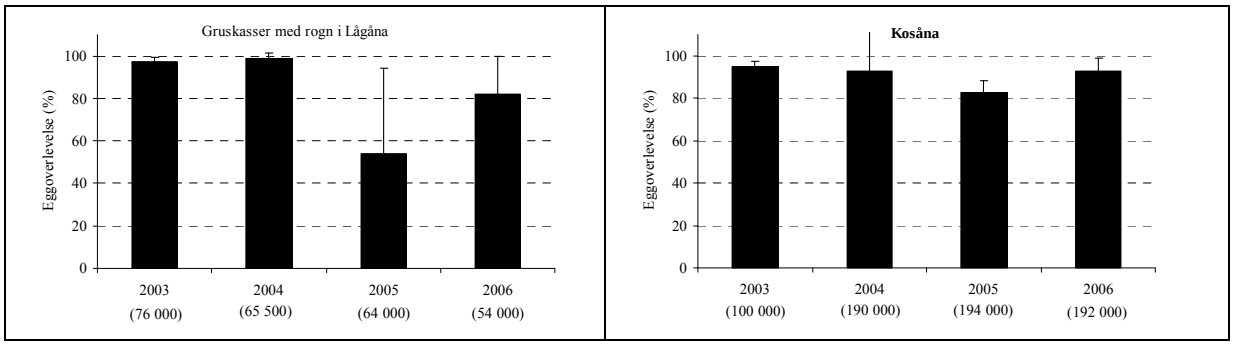
Overlevelsen ble undersøkt i 80 kasser fra Kosåna og 27 kasser fra Lågåna. Den gjennomsnittlige eggoverlevelsen var 92,3 % i Kosåna, og 81,1 % i Lågåna (**figur 3.2** og **3.3**). I Lågåna var eggoverlevelsen betydelig redusert på stasjon 4 (46,8%). Ved opptak av kassene på denne stasjonene ble det registrert sedimentering av sand i kassene og dette hadde trolig bidratt til den reduserte eggoverlevelsen. Totalt sett var eggoverlevelsen på begge lokalitetene, og særlig i Lågåna, høyere i 2006 enn i 2005. Den lavere eggoverlevelsen i 2005 skyldes med stor sannsynlighet en sjøsaltepisode i januar 2005 (Hindar & Enge 2006). Samlet sett viser resultatene at overlevelsen fra utlegging og frem til yngelen forlater kassene generelt er god, men at tilslaget fra rognplantingen kan reduseres betydelig som følge av sure episoder som i 2005.



Figur 3.2*. Estimert overlevelse av utlagt rogn frem til yngelen har forlatt grusen i rognkassene i Kosåna i 2006. Hver søyle angir gjennomsnittlig overlevelse på den enkelte stasjon.*



Figur 3.3*. Estimert overlevelse av utlagt rogn frem til yngelen har forlatt grusen i rognkassene i Lågåna i 2006. Hver søyle angir overlevelse på den enkelte stasjon.*



Figur 3.4. *Gjennomsnittlig eggoverlevelse (med standard avvik) for utlagt rogn i Lågåna (t.v.) og Kosåna (t.h.) i perioden 2003-2006.*

3.1.4 Samlet vurdering

Resultatene fra Tovdalselva og Mandalsvassdraget viser en generell høy overlevelse fra rogna ble lagt ut og fram til yngelen kommer opp av grusen. Uheldige forhold som kan medføre redusert overlevelse er sedimentering av sand i kassene eller Vibert boksene og episoder med surt vann. I Lågåna i Mandalsvassdraget medførte trolig en sjøsaltepisode i januar 2005 til betydelig dødelighet på den utlagte rogna. Et annet generelt trekk er at temperaturforholdene har vært gunstige (> 8 °C) når yngelen har startet sitt første næringsopptak. Dette er viktig siden en for tidlig klekking ved for lav vanntemperatur vil være kritisk for yngelen. Samlet tilsier erfaringene fra Tovdalselva og Mandalsvassdraget at metodene benyttet for rognplanting fungerer etter hensikten. Rognplantingen har derfor med stor sannsynlighet bidratt betydelig til ungfiskbestanden av laks i de to vassdragene.

3.1.5 Litteratur

Barlaup B.T., J. Güttrup, K. Hestvåg, K. Hindar, E. Kleiven, F. Kroglund, V.Moen & T. Næss. 2003. Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget – resultater fra prosjektet i 2000 og 2001. I: Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver. Reetableringsprosjektet 1977-2002. DN-utredning 2003-5.

Barlaup B.T., Gabrielsen S-E., H. Skoglund, T. Wiers & V. Moen. 2005a. Utlegging av øyerogn i Kosåna og Lågåna i Mandalsvassdraget våren 2003 – beskrivelse og evaluering av tiltaket. I: Hesthagen T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2001-2003. DN-utredning 2005-9.

Barlaup B.T., Gabrielsen, S-E., Skoglund, H., Wiers, T. & V. Moen. 2005b. Utlegging av øyerogn av laks i Kosåna og Lågåna i Mandalsvassdraget. Årsrapport for 2004. I: Hesthagen T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004. DN-utredning 2005-10.

Barlaup B.T., Gabrielsen, S-E., Skoglund, H., E. Kleiven & V. Moen. 2005c. Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget. Årsrapport for 2004. I: Hesthagen T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004. DN-utredning 2005-10.

Barlaup, B.T. & V. Moen. 2001. Planting of salmonid eggs for stock enhancement – a review of the most commonly used methods. Nordic J. Fresh. Res. 75: 7-19.

Hindar, A. & E. Enge. 2006. Sjøsaltepisoder under vinterstormene i 2005 – påvirkninger og effekter på vannkjemi i vassdrag. NIVA-rapport Lnr. 5114-2006.

Whitlock, D. 1978. The Withlock Vibert Box Handbook. Federation of fly fisherman, California.

4 Utsetting av laks som kultiveringsstrategi for reetablering

4.1 Utsetting av ensomrige laksunger av Bjerkreim- og Mandalstamme i Mandalselva. Årsrapport 2006.

Bjørn Mejdell Larsen og Bjørn Ove Johnsen

Norsk Institutt for naturforskning (NINA)

Sammendrag

Det var ingen systematiske forskjeller med hensyn til vekst og overlevelse for settefisk av Mandal- og Bjerkreim-stamme når resultatet av utsettingene i 2004 og 2005 ble sammenlignet. Av 14 sammenlignbare datasett med gjenfangst av laksunger (laksyngel eller ettårige individ) av begge stammer var det høyest gjenfangstprosent av Mandal-stamme i ti tilfeller, og av Bjerkreim-stamme i fire tilfeller. Det var gjennomsnittlig høyest gjenfangstprosent for ettårige laksunger av Mandal-stamme både i 2005 og 2006.

Det ble satt ut ensomrig settefisk av laks av Mandal-stamme og Bjerkreim-stamme for første gang i 2004 på fem forskjellige lokaliteter i Mandalselva. Utsettingsstrekningene var forskjellige med hensyn til vannmiljø, samt forekomst og tetthet av villfisk. I 2005 var det for lite fisk i settefiskanlegget til at alle fem utsettingslokalitetene kunne brukes. Det ble derfor valgt å prioritere tre av strekningene: Roland, Kosåna og Terskel.

Settefisken av Mandal-stamme hadde lavere gjennomsnittslengde enn settefisken av Bjerkreim-stamme ved utsetting i 2005. Dette forholdet var imidlertid motsatt i 2004. Det kan se ut til at lengde ved utsetting har hatt betydning for tilslaget hos laks utsatt på strekningene Roland og Kosåna, der stammen med størst gjennomsnittslengde ved utsetting hadde størst tetthet 3-4 måneder senere. Det var bare på strekning Terskel at Mandal-stamme forekom i størst tetthet i begge årene uavhengig av størrelsen ved utsetting. Best tilvekst hos settefisk av begge stammer ble funnet i Rolandsbekken, som ikke hadde noen bestand av ville laksunger.

Gjennomsnittlig tetthet av laksyngel av Mandal-stamme for alle utsettingslokalitetene samlet var nær den samme 3-4 måneder etter utsetting i 2004 og 2005 (henholdsvis 5,3 og 5,6 individ pr. 100 m²). For laksyngel av Bjerkreim-stamme var tettheten nesten dobbelt så høy i 2005 sammenlignet med 2004 (henholdsvis 6,1 og 3,1 individ pr. 100 m²). På strekningene Roland og Kosåna var tettheten av Mandal-stamme henholdsvis fire og en halv og fire ganger så høy som tettheten av Bjerkreim-stamme i 2004. I 2005 var dette forholdet omvendt slik at tettheten av Bjerkreim-stamme var høyest, og mer enn dobbelt så høy som tettheten av Mandal-stamme. På strekningen Terskel var det i begge årene høyere tetthet av Mandal-stamme; nesten dobbelt så høy i 2004 og nesten tre ganger så høy i 2005

Tettheten av eldre laksunger gjenfanget etter utsettingene i 2004 og 2005 var generelt lav. For alle utsettingslokalitetene under ett var gjennomsnittlig tetthet av ettårige laksunger av Mandal-stamme gjenfanget 15 måneder etter utsetting litt høyere i 2006 sammenlignet med 2005 (henholdsvis 1,6 og 1,1 individ pr. 100 m²). For ettårige laksunger av Bjerkreim-stamme var tettheten dobbelt så høy i 2006 sammenlignet med 2005 (henholdsvis 1,1 og 0,5 individ pr. 100 m²).

Størst tetthet av settefisk ble funnet på de strekningene som også hadde høyest tetthet av villfisk.

4.1.1 Innledning

Da kalkingen kom i gang i Mandalselva i 1997 var det et hovedmål å få til en rask reetablering av laks i elva. For å påskynde denne prosessen ble det besluttet å sette ut fisk. Ensomrig settefisk ble valgt som utsettingsmateriale fordi den har tilbrakt bare 4-5 måneder i fiskeanlegg, og er bedre i stand til å finne mat i naturen enn fisk som har tilbrakt mer enn ett år i anlegg (jf. Johnsen 1989, Johnsen & Ugedal 1990). Samtidig er ensomrig settefisk stor nok til at den kan merkes ved finneklipping, og kan dermed skilles fra villfisk både som ungfisk og som voksne individ.

Tidligere utsettingsforsøk med ensomrige laksunger i Mandalselva i 1997-2003 har gitt svært varierende gjenfangster (Johnsen 2003; 2005). I 2004 og 2005 ble utsettings-materialet endret fra bare å omfatte laksunger av Mandal-stamme til også å omfatte laksunger av Bjerkreim-stamme. Prosjektets formål har vært å sammenligne overlevelse og tilvekst hos settefisk av de to stammene satt ut på ulike delstrekninger i Mandalselva.

Det er lagt opp til flere kontroller av hver utsetting. Kontrollfiske er gjennomført ved hjelp av elektrisk fiske samme høst og ett år etter utsetting, og ved fangst av utvandrende smolt i smoltfelle. De første kontrollene ble gjennomført i 2004 og 2005 (Johnsen & Larsen 2005, Larsen & Johnsen 2006). Et nytt kontrollfiske med elektrisk fiskeapparat ble foretatt i 2006, og resultatene fra elfisket gjengis i denne rapporten.

I forbindelse med de årlige smoltunder-søkelsene i Mandalselva fra og med 2001 (fangst av smolt i smoltfelle ved Hesså) ble det i tillegg til tidspunkt for smoltutgang og hvilke omgivelsesfaktorer som styrer eller påvirker vandringen, også registrert andelen utsatt (merket) laks (Hvidsten m.fl. 2006). De første kontrollene av laksesmolt av Mandal-stamme og Bjerkreim-stamme som ble satt ut i 2004 inngikk i undersøkelsene våren 2006 (Hvidsten m.fl. 2007), og en ny kontroll er planlagt våren 2007.

4.1.2 Materiale og metoder

Settefisken ble oppdrettet ved settefisk-anlegget på Finså med utgangspunkt i rogn av villfisk fra Mandalselva og rogn av stamfisk av Bjerkreim-stammen (første generasjons avkom fra villfisk) fra NINA Forskningsstasjon, Ims. Rogna fra Ims ble overført til Finså som øyerogn.

I fiskeanlegg er det ikke uvanlig at fiskestørrelsen varierer fra kar til kar. I 2004 ble et tilfeldig utvalg på 150-200 settefisk lengdemålt fra hvert enkelt kar. Totalt for hele materialet hadde Bjerkreim-stammen en gjennomsnittslengde på 53 mm, med en variasjon mellom 31 og 68 mm (**tabell 4.1**). Mandal-stammen var større, og hadde en gjennomsnittslengde på 58 med mer, med en variasjon mellom 34 og 76 mm. Under hele oppvekstperioden i 2004 var fisk av Bjerkreim-stammen gjennomgående mindre enn fisk av Mandal-stammen (Larsen & Johnsen 2006).

For å unngå for store variasjoner i størrelse hos settefisken og ujevn fordeling mellom familiegruppene, ble alle familiegrupper innen hver stamme blandet. Bjerkreim-stammen ble blandet på rognstadiet, mens Mandal-stammen ble blandet like før utsetting slik at alle familiegrupper var representert på alle utsettingslokalitetene.

På bakgrunn av erfaringene fra 2004 ble opplegget endret noe i 2005. De ulike familiegruppene av Bjerkreim-stammen ble fortsatt blandet på rognstadiet, mens de ulike familiegruppene av Mandal-stammen ble blandet sammen på et tidlig stadium i settefiskanlegget slik at alle familiegrupper var representert i alle karene. Antall fisk som ble lengdemålt ble økt til 300-500 individ fra hvert kar. Gjennomsnittslengden ble beregnet for hvert kar. Det ble veid i forhold til antall fisk fra det enkelte kar som ble satt ut på den enkelte lokalitet slik at vi fikk et estimat på størrelsen av settefisken på

den enkelte utsettingslokaliteten (**tabell 4.2**). Laks av Bjerkreim-stammen var større enn Mandal-stammen på alle utsettingslokalitetene i 2005.

For å skille settefisken fra villfisk ble all settefisk merket ved klipping av fettfinnen. For å skille Mandal-stammen fra Bjerkreim-stammen ble fiskeungene i tillegg merket ved klipping av henholdsvis høyre og venstre bukfinne.

Det ble valgt ut fem utsettingslokaliteter i Mandalsvassdraget (**figur 4.1**):

1) Roland: Bekk ved Roland oppstrøms lakseførende strekning i Kosåna.
2) Kosåna: Lakseførende del like oppstrøms Kosånas utløp i Mandalselva.
3) Bjelland: Regulert elvestrekning i Mandalselva mellom Grasholmen og Bjelland kraftverk.
4) Terskel: Mandalselva ovenfor Laudal mellom Skåleneset og Terskel 10. Regulert elvestrekning med minstevannføring.
5) Kleveland: Mandalselva ovenfor Laudal, øvre del av strekningen mellom Terskel 1 og Klevelandsbrua. Regulert elvestrekning med minstevannføring.

Det ble satt ut til sammen 91000 settefisk i 2004, mot bare om lag en tredel av dette (31237 settefisk) i 2005. Nesten halvparten av settefisken ble satt ut på strekning Bjelland i 2004 (23000 settefisk av Bjerkreim-stammen og 28000 av Mandal-stammen) (**tabell 4.3**). På de andre strekningene ble det satt ut 3000-15000 laksyngel på hvert sted fordelt med halvparten av hver stamme (50:50). I 2005 var det for lite fisk i settefiskanlegget til at alle fem utsettingslokalitetene kunne brukes. Det ble derfor valgt å prioritere tre av strekningene: Roland, Kosåna og Terskel. På strekning Terskel ble det satt ut 3379 settefisk av Bjerkreim-stammen og 5916 av Mandal-stammen (36:64) i 2005, til sammen 9295 settefisk. På strekningene Roland og Kosåna ble det valgt å sette ut samme antall som i 2004, og om lag likt antall av hver stamme (50:50) (**tabell 4.3**). Etter denne fordelingen var det igjen et lite antall settefisk av Mandal-stamme (3820 individ) som ble satt ut på strekning Kleveland.

Utsettingstettheten varierte mellom 30 (Roland) og nærmere 150 individ pr. 100 m² (Kosåna) på de strekningene der det ble satt ut laksunger av begge stammer (**tabell 4.3**). Utsettingstetthetene er korrigert i forhold til tidligere rapporter fra disse utsettingene. Oppdaterte og mer nøyaktige kart har gjort at beregningene av vanndekt areal er justert i forhold til tidligere.

Det ble gjennomført kontrollfiske med elektrisk fiskeapparat i august, september og november 2004, som en oppfølging av utsettingene i juli 2004 (Johnsen & Larsen 2005). Høsten 2004 ble det fanget til sammen 349 settefisk på de fem utsettingsstrekningene, 107 av Bjerkreim-stamme, 240 av Mandal-stamme og to med usikker bakgrunn.

Det ble gjennomført kontrollfiske på nytt i august og oktober 2005 som en oppfølging av utsettingene i juli 2004 og 2005 (Larsen & Johnsen 2006). I løpet av høsten 2005 ble det fanget til sammen 272 settefisk på de tre utsettingsstrekningene, 133 av Bjerkreim-stamme, 139 av Mandal-stamme og to med usikker bakgrunn. I tillegg ble det fanget til sammen 42 settefisk (ettårige laksunger) fra utsettingene i 2004, 15 av Bjerkreim-stamme og 27 av Mandal-stamme.

Et siste kontrollfiske med elektrisk fiskeapparat ble gjennomført i andre halvdel av oktober 2006. Det ble fisket på seks stasjoner på strekning Roland, på seks stasjoner i Kosåna og på fem stasjoner på strekning Terskel. Manglende utsettinger på strekning Bjelland i 2005 gjorde at denne strekningen ikke ble undersøkt i 2005 og 2006. På strekning Kleveland ble det bare satt ut fisk av Mandal-stamme i 2005. Et fullstendig prøvefiske ble derfor ikke gjennomført på denne strekningen i 2005 og 2006.

Det ble fanget til sammen 63 settefisk (ettårige laksunger) i oktober 2006 som stammet fra utsettingene i 2005, 27 av Bjerkreim-stamme og 36 av Mandal-stamme (**tabell 4.4**). I tillegg ble det fanget en settefisk (toårig individ av Mandal-stamme) fra utsettingene i 2004.

Arealene ble avfisket tre ganger (utfiskingsmetoden) i henhold til standard metodikk (Bohlin m.fl. 1989). All fisk ble artsbestemt og lengdemålt til nærmeste millimeter i felt før fisken ble sluppet tilbake til elva. Det er skilt mellom årsyngel (0+) og eldre ungfisk (≥1+) hovedsakelig med bakgrunn i lengdefordelingen, men det ble tatt skjellprøver av enkelte laksunger i felt for å verifisere dette skillet. Gjennomsnittlig tetthet for laks (villfisk og settefisk (Bjerkreim-stamme og Mandal-stamme)) og ørret i aldersgruppene årsyngel (alder 0+) og eldre fiskeunger (alder ≥1+) på de fire strekningene er basert på sum fangst i de tre respektive fiskeomgangene for alle stasjonene samlet på strekningen. Alle tettheter er oppgitt som antall individ pr. 100 m².

4.1.3 Resultater

4.1.3.1 Tetthet av villfisk

I Rolandsbekken (strekning Roland) forekommer bare ørret naturlig, men både i 2004 og 2005 ble det i tillegg fanget bekkerøye. På de andre strekningene i Kosåna og Mandalselva finnes både laks og ørret samt ål naturlig utbredt. De høyeste tetthetene av vill laksyngel (0+) ble funnet på strekning Terskel i alle de tre årene (**tabell 4.5, figur 4.2**). Den laveste tettheten av vill laksyngel ble funnet i Kosåna (når vi unntar Rolandsbekken hvor laks ikke finnes naturlig).

Tettheten av eldre laksunger var høyest på strekning Terskel i 2004 og strekning Kosåna i 2005 og 2006 (**tabell 4.5**). I gruppen eldre laksunger inngår hovedsakelig ett- og toårig villfisk, men om lag 5-10 individ (ca 5 % av totalantallet) ble i 2006 antatt å være ≥3+ ut fra kroppslengden.

Tettheten av ørretyngel og eldre ørretunger var lav på alle strekningene i alle år (**tabell 4.5, figur 4.2**).

4.1.3.2 Tetthet av settefisk

Laksyngel

Gjennomsnittlig tetthet av laksyngel av Mandal-stamme for alle utsettingslokalitetene samlet var nær den samme 3-4 måneder etter utsetting i 2004 og 2005 (henholdsvis 5,3 og 5,6 individ pr. 100 m²) (**tabell 4.6**). For laksyngel av Bjerkreim-stamme var tettheten nesten dobbelt så høy i 2005 sammenlignet med 2004 (henholdsvis 6,1 og 3,1 individ pr. 100 m²).

Tetthet av utsatt laksyngel uavhengig av stamme var høyest på minstevannføringsstrekningene Terskel og Kleveland i 2004 (**tabell 4.6**). Tettheten var lavest på strekning Roland og Bjelland, men tallene er ikke direkte sammenlignbare da antall laksyngel som ble satt ut varierte betydelig mellom de ulike strekningene. De to strekningene Bjelland og Kleveland ble ikke fisket i 2005. Resultatet var i grove trekk relativt likt på de tre andre strekningene i de to årene.

Både Bjerkreim-stamme og Mandal-stamme ble funnet i høyest tetthet på strekningene Terskel og Kleveland i 2004, og i lavest tetthet på strekningene Bjelland og Roland. I 2005 var det høyest tetthet av Bjerkreim-stamme på strekning Kosåna, og høyest tetthet av Mandal-stamme på strekning Terskel. Lavest tetthet av begge stammer ble også i 2005 funnet på strekning Roland (**tabell 4.6, figur 4.3**).

På strekningene Roland og Kosåna var tettheten av Mandal-stamme henholdsvis fire og en halv og fire ganger så høy som tettheten av Bjerkreim-stamme i 2004 (**figur 4.3**). I 2005 var dette forholdet snudd slik at tettheten av Bjerkreim-stamme var høyest, og mer enn dobbelt så høy som tettheten av Mandal-stamme. På strekningen Terskel var

det i begge årene høyere tetthet av Mandal-stamme; nesten dobbelt så høy i 2004 og nesten tre ganger så høy i 2005 (**tabell 4.6, figur 4.3**).

Eldre laksunger

Tettheten av eldre laksunger gjenfanget etter utsettingene i 2004 og 2005 var generelt lav. For alle utsettingslokalitetene under ett var gjennomsnittlig tetthet av ettårige laksunger av Mandal-stamme gjenfanget 15 måneder etter utsetting bare litt høyere i 2006 sammenlignet med 2005 (henholdsvis 1,6 og 1,1 individ pr. 100 m²) (**tabell 4.7**). For ettårige laksunger av Bjerkreim-stamme var tettheten dobbelt så høy i 2006 sammenlignet med 2005 (henholdsvis 1,1 og 0,5 individ pr. 100 m²).

Selv om gjenfangst-materialet var lite, var det høyest tetthet av ettårig settefisk av Mandal-stamme på alle de tre strekningene i 2005. I 2006 var det litt høyere tetthet av ettårig settefisk av Bjerkreim-stamme enn av Mandal-stamme på strekning Roland, men på de andre strekningene dominerte settefisk av Mandal-stamme. Høyest tetthet av ettårige settefisk var det på strekning Kosåna både av Mandal-stamme og Bjerkreim-stamme i 2005 (**tabell 4.7, figur 4.4**). I 2006 var tettheten av ettårige settefisk av Mandal-stamme høyest på strekning Terskel, men svakt høyest av Bjerkreim-stamme på strekning Roland.

Gjenfangst

På strekning Roland var fordelingen av antall laksyngel av Mandal- og Bjerkreim-stamme henholdsvis 82 og 18 % i 2004 (**figur 4.5**). I 2005 var forholdet nesten det motsatte (henholdsvis 31 og 69 %). Den prosentvise fordelingen av ettårige laksunger var om lag den samme ett år etter (42 og 58 % av henholdsvis Mandal- og Bjerkreim-stamme) (**figur 4.6**).

På strekning Kosåna økte andelen laksyngel av villfisk fra 27 % i 2004 til 40 % i 2005. Settefisken (73 % av antall laksyngel) på strekning Kosåna fordelte seg med 81 % av Mandal-stamme og 19 % av Bjerkreim-stamme i 2004. I 2005 dominerte Bjerkreim-stamme, og 33 og 67 % av settefisken tilhørte henholdsvis Mandal- og Bjerkreim-stamme.

I Kosåna utgjorde settefisken bare 15-18 % av det totale antall eldre laksunger på strekningen i 2005 og 2006 (**figur 4.6**). Fordelingen av antall laks av Mandal- og Bjerkreim-stamme var relativt lik i de to årene, med overvekt av Mandal-stamme i begge årene. Det har skjedd en endring i dominansforholdet fra yngel til ettårig ungfisk. Settefisk av Mandal-stamme dominerte som yngel i 2004, men har relativt sett fått en større reduksjon i tetthet enn laks av Bjerkreim-stamme fra 2004 til 2005. På den annen side var det settefisk av Bjerkreim-stamme som dominerte som yngel i 2005, og har relativt sett avtatt mer i tetthet fra 2005 til 2006 enn laks av Mandal-stamme.

På strekning Terskel var andelen laksyngel av villfisk nesten lik i 2004 og 2005 (50-55 % av total tetthet). Settefisk av Bjerkreim-stamme hadde lavest andel i begge årene (13-16 %) (**figur 4.5**). Det var større dominans av ettårig villfisk i 2005 enn i 2006 (henholdsvis 88 og 62 %). I begge årene dominerte andelen settefisk av Mandal-stamme over andelen av Bjerkreim-stamme, slik det også ble funnet for laksyngel ett år tidligere (**figur 4.6**).

For laksyngel satt ut i juli 2004 (2004-årsklassen) var den gjennomsnittlige gjenfangstprosenten samme høst bare 14,4 og 9,4 % for individer av henholdsvis Mandal- og Bjerkreim-stamme (**tabell 4.8**). Det ble bare gjenfanget henholdsvis 3,0 og 1,5 % av denne årsklassen som ettårige laksunger høsten 2005. Den gjennomsnittlige tettheten av laksyngel ved utsetting var relativt lik i 2004 og 2005, og det var bare mindre forskjeller mellom de to stammene.

For laksyngel satt ut i juli 2005 (2005-årsklassen) var den gjennomsnittlige gjenfangstprosenten samme høst 14,1 og 16,7 % for individer av henholdsvis Mandal- og Bjerkreim-stamme (**tabell 4.9**). Gjenfangstprosenten for Mandal-stamme var lik i 2004 og 2005, men gjenfangstprosenten for Bjerkreim-stamme var nær dobbelt så høy i 2005 i forhold til 2004. Det ble gjenfanget henholdsvis 4,0 og 3,0 % av denne årsklassen som ettårige laksunger høsten 2006. Det relative forholdet mellom de to stammene av 2005-årsklassen ble opprettholdt også for de ettårige laksungene, og gjenfangstprosenten for Bjerkreim-stamme var dobbelt så høy i 2006 i forhold til 2005. Det ble bare gjenfanget ett toårig individ i 2006 med opphav fra utsettingene i 2004.

Både på strekning Roland og strekning Kosåna var det høyest gjenfangst av laksyngel av Mandal-stamme gjenfanget 3-4 måneder etter utsetting i 2004, men av Bjerkreim-stamme i 2005 (**tabell 4.8** og **4.9**). Ett år senere, som gjenfangst av ettårige laksunger, var forholdet det samme på strekning Roland. På strekning Kosåna var imidlertid gjenfangsten av ettårige laksunger av Mandal-stamme størst i begge årene. På strekning Terskel var gjenfangst-prosenten størst for laksyngel av Mandal-stamme gjenfanget 3-4 måneder etter utsetting i begge årene. Ett år senere, som gjenfangst av ettårige laksunger, var forholdet det samme.

Av de 14 sammenlignbare datasett med gjenfangst av laksunger (laksyngel eller ettårige laksunger) av begge stammer var det høyest gjenfangstprosent av Mandal-stamme i ti tilfeller, og av Bjerkreim-stamme i fire tilfeller.

4.1.3.3 Størrelse/vekst hos settefisk

I 2004 finnes det ikke data på gjennomsnittslengden av yngelen som ble satt ut på de enkelte strekningene, bare gjennomsnittslengden for hele materialet. I 2005 foreligger det separate målinger av lengden på yngel som ble satt ut på de ulike strekningene. Ved kontrollfisket både i november 2004 og i oktober 2005 fant vi den største settefisken på strekning Roland og den minste settefisken på strekning Kosåna (dette gjaldt begge stammer) (**tabell 4.10**). Disse to strekningene skilte seg klart ut, mens det var små forskjeller mellom de øvrige strekningene i 2004.

Gjennomsnittslengden til laksyngel av Mandal-stamme var like stor eller større enn Bjerkreim-stamme på alle strekningene i november 2004 (**tabell 4.10**). Yngel av Mandal-stamme var klart større enn Bjerkreim-stamme på strekning Roland (11 mm), mens det var mindre forskjeller (5 mm) mellom stammene på strekningene Kosåna og Kleveland. På strekningene Bjelland og Terskel var forskjellene små (0–3 mm).

I 2005 var laks av Mandal-stamme større bare på strekning Roland (5 mm) (**tabell 4.10**). Det var liten eller ingen forskjell mellom stammene i Kosåna. På strekning Terskel derimot var Bjerkreim-stamme størst i 2005; 6 mm større i gjennom-snittslengde enn Mandal-stamme.

For laksyngel av villfisk var det bare ubetydelige forskjeller i gjennomsnitts-lengden mellom strekningene Kosåna og Terskel. Villfisken var mindre enn settefisken i begge år på begge strekningene.

Gjennomsnittslengden til ettårige laksunger av Mandal-stamme var mindre enn Bjerkreim-stamme i oktober 2005 både på strekning Kosåna (5 mm) og strekning Terskel (9 mm) (**tabell 4.11**). I 2006 er ettårige laksunger av Mandal-stamme 3-4 mm større i gjennomsnittslengde enn Bjerkreim-stamme på strekning Roland og Kosåna. På strekning Terskel derimot er Bjerkreim-stamme 7 mm lenger enn Mandal-stamme i gjennomsnitt i oktober 2006.

Selv om laksyngel av en av stammene var størst på en bestemt strekning, var de ikke nødvendigvis størst som ettårig ungfisk året

etter. Det varierte både mellom år og strekning hvilken stamme som var størst enten som laksyngel eller ettårig laksunge.

Det var betydelig forskjell i den relative lengdeøkningen for laksyngel gjenfanget 3-4 måneder etter utsetting og ettårige laksunger gjenfanget 15 måneder etter utsetting både mellom stammer og mellom strekningene som ble undersøkt (**tabell 4.12** og **4.13**). For 2004-årsklassen hadde Bjerkreim-stammen den prosentvise største lengdeøkningen på alle strekningene. For 2005-årsklassen var det motsatt, og Mandal-stammen hadde den prosentvise største lengdeøkningen på alle strekningene både som yngel og ettårige individ. Den relative lengdeøkningen var best på strekning Roland for de to årsklassene av begge stammer.

4.1.4 Diskusjon

For å kunne måle eventuelle forskjeller i overlevelse og tilvekst mellom laksestammer, er det viktig å redusere betydningen av andre faktorer som kan være viktige. Variasjon mellom familiegrupper innenfor en stamme er en slik faktor, og det er tidligere vist at variasjon mellom familier innen en stamme kan være betydelig (Skilbrei m.fl. 1998). De ulike familiegruppene innen Bjerkreim-stammen ble blandet på rognstadiet begge årene. Mandal-stammen ble holdt atskilt i familiegrupper under oppforingen i fiskeanlegget i 2004, men familiegruppene ble blandet sammen før utsetting. I 2005 ble de ulike familiegruppene av Mandal-stamme blandet på et tidlig tidspunkt under oppforingen. Alle familiegruppene av begge stammene var derfor representert på alle utsettingsområdene. Vi antar derfor at en eventuell effekt av ulik fordeling av familiegrupper er minimalisert mest mulig for begge stammene både i 2004 og 2005.

Settefiskens størrelse ved utsetting er en annen faktor som kan ha betydning. Det er tidligere vist ved sammenlignende undersøkelser av laksesmolt at størrelse har betydning for overlevelsen (Skilbrei m.fl.1998). Vi kjenner ikke til undersøkelser av størrelsens betydning for overlevelsen hos settefisk av laks, men det er gjort forsøk med settefisk av ørret (Johnsen 2001). Resultatene tyder på at settefiskens størrelse kan ha betydning for gjenfangsten, men at den ikke behøver å ha det. Disse resultatene har heller ikke direkte overføringsverdi til laks som settes ut i elv. Vi må derfor konstatere at vi egentlig ikke vet hvilken betydning størrelsen har for overlevelsen hos settefisk av laks, men vi antar at den kan ha betydning siden størrelse er kjent som et konkurransefortrinn hos fisk i mange situasjoner.

Forskjeller i overlevelse og tilvekst kan også være en direkte eller indirekte effekt av genetiske forskjeller mellom de to laksestammene. Det er imidlertid forholdsvis små genetiske forskjeller mellom laksebestander på Sørvestlandet og Sørøstlandet. Bjerkreim-stammen hører til den vestlige grenen og er mest lik laksestammene i Figgjo og Håelva. Hvorvidt Mandalselva eller de andre utdødde bestandene på Sørlandet representerte den vestlige eller østlige grenen, eller var en egen gruppe, kan vi ikke si noe om (Hindar & Balstad 2003). Laks som representerer den "nye" Mandal-stammen er sannsynligvis et produkt av feilvandrede villaks eller settefisk fra andre elver og noe oppdrettslaks. I de første årene etter reetablering var antagelig "Mandalstammen" en mer heterogen samling fisk enn den fisken som gyter i elva nå (hvor en stor andel er klekket i Mandalselva). Vi vet likevel ikke hvordan dagens stamme skiller seg genetisk fra den opprinnelige stammen i Mandalselva.

Forskjeller i klekketidspunkt mellom de to stammene i 2004 (Bjerkreim-stammen klekte senere enn Mandal-stammen) kan skyldes ulike temperaturer i de to anleggene Ims og Finså fram til øyerognstadiet. Men det kan også være reelle forskjeller mellom de to stammene. Forskjeller i gytetidspunkt og dermed klekketidspunkt er en lokal tilpasning til temperaturforholdene i det

enkelte vassdrag (Heggberget 1988). Stryking av villfisk fra Bjerkreimselva til klekkeriet på Vikeså starter i slutten av oktober og foregår til slutten av november, eller ut i desember (Tengesdal 2000). Stryking av den nyetablerte "Mandal-stammen" foregår vanligvis fra slutten av oktober til midten av november (Kristian Hestvåg pers. medd.). Dette kan tyde på at Bjerkreim-stammen har et noe senere gytetidspunkt enn den nye Mandal-stammen. Det kan være en ulempe for Bjerkreim-stammen hvis det fører til at den klekker senere om våren, og dermed bruker lenger tid enn Mandal-stammen på å oppnå en konkurransedyktig størrelse.

Det var også forskjeller i rognstørrelse mellom Bjerkreim-stammen og Mandal-stammen. Bjerkreim-stammen hadde minst rogn når man ser på gjennomsnittstørrelsen i 2004, men variasjonen var sannsynligvis større hos Mandal-stammen. I 2005 var derimot gjennomsnittsstørrelsen av rogn hos Mandal-stammen mindre enn rogn hos Bjerkreim-stammen, selv om variasjonen fortsatt var størst hos Mandal-stammen.

Det er svært vanskelig å unngå størrelsesforskjeller på settefisken ved oppdrett av forskjellige stammer når rogn-størrelsen var så vidt forskjellig som i dette tilfellet. I tillegg vil tettheten av settefisk i det enkelte karet påvirke størrelsen. Det viste seg da også at Mandal-stammen ble gjennomgående større enn Bjerkreim-stammen i 2004, mens forholdet var omvendt i 2005.

De høyeste tetthetene av settefisk ble funnet på strekningene Terskel (begge år) og Kleveland (i 2004, men ikke undersøkt i 2005). Dette var også de to strekningene som hadde de høyeste tetthetene av ville laksunger. Dette kan tyde på at det var gode oppvekstbetingelser på disse strekningene. Det betyr også at strekningene ikke var "fylt opp" med villfisk, og at konkurransen fra eldre villfisk ikke var spesielt hard. Overlevelsen til settefisken som ble satt ut på strekningene Kleveland og Bjelland i 2004 var ikke vesentlig forskjellig fra overlevelsen hos settefisk som ble satt ut på de samme strekningene i 1999-2003 (Johnsen & Larsen 2005).

Rolandsbekken har ingen naturlig laksebestand, og ørretbestanden var tynn. På slike lokaliteter blir det normalt meget god overlevelse ved første gangs utsetting av laksunger. Vi fant imidlertid lav tetthet av laksunger av begge stammer i denne bekken i begge årene. Dette kan skyldes at vannkvaliteten er suboptimal for laksefisk. Rolandsbekken er bare indirekte kalket gjennom innsjøkalking av Eptevannet, og vannkvaliteten kan derfor avvike betydelig i forhold til vannkvaliteten i Kosåna ved samløpet med Mandalselva. Selve Kosåna er kalket ved hjelp av to kalkdoserere; Egså og Bjørndalen (Kaste & Skancke 2006). Ved utløpet av Kosåna hadde pH en middelverdi på 6,08 i 2005 (min og maks pH henholdsvis 5,54 og 6,64).

Det var varierende tetthet av ettårige laksunger i Rolandsbekken i 2005 og 2006. Dette kan bety en overdødelighet i løpet av enkelte vintre på grunn av dårlig vann-kvalitet, men også at laksungene vandret ut fra området allerede som ettårig smolt. Det var svært god vekst på strekning Roland, og enkelte laksyngel var større enn 100 mm allerede første høsten. Mer enn 40 % av laksyngelen på strekning Roland var større enn 90 mm i oktober/november. Ingen laksyngel på de andre strekningene var større enn 90 mm på samme tidspunkt.

Tettheten av ettårige laksunger på strekningene Kosåna og Terskel var noe høyere enn i Rolandsbekken, og hadde overvekt av Mandal-stamme både i 2005 og 2006. Dette avspeiler den samme fordel-ingen mellom Mandal- og Bjerkreim-stamme som ble funnet for yngel på de to strekningene i 2004 og for strekning Terskel i 2005, men ikke for Kosåna i 2005 som hadde størst tetthet av laksyngel av Bjerkreim-stamme.

Forholdet mellom de to stammene med hensyn til yngeltetthet varierte mellom de ulike strekningene i 2005. Det var dobbelt så høy tetthet av laks av Bjerkreim-stamme som av Mandal-stamme på strekningene Roland og Kosåna, men nesten tre ganger så høy tetthet av Mandal-stamme som av Bjerkreim-stamme på strekning Terskel. I 2004 var det nesten lik tetthet av begge grupper på strekning Terskel (og Kleveland), og på strekningene Roland og Kosåna var det omtrent fire ganger så høy tetthet av laks av Mandal-stamme som av Bjerkreim-stamme. Styrkeforholdet mellom de to stammene på strekningene Roland og Kosåna var derfor omvendt i de to årene. På strekning Terskel var den relative gjenfangstprosenten av Mandal-stamme høyest i begge årene.

En overlevelse på 10-20 % fra settefisk til smoltstadiet betraktes som "normal" (jf. Fjellheim & Johnsen 2001). Dersom vi bruker våre gjenfangstprosenter som et uttrykk for overlevelse var den gjennomsnittlige gjenfangstprosenten for laksyngel og ettårige laksunger av 2004- og 2005-årsklassen langt lavere enn dette (henholdsvis 9-17 % 3-4 måneder etter utsetting og 2-4 % 15 måneder etter utsetting). Gjenfangstprosenten varierte svært mye mellom de to fiskestammene og ulike delstrekninger. Gjenfangstprosenten var lavest for laksyngel i Kosåna både i 2004 og 2005 (2-13 % avhengig av år og stamme). Det ble gjenfanget mer enn 20 % av laksyngelen 3-4 måneder etter utsetting for begge stammer på strekning Terskel i 2005, men bare for Mandal-stamme i 2004. På strekning Roland var gjenfangsten av laksyngel høyere enn 20 % for Mandal-stamme i 2004, men for Bjerkreim-stamme i 2005. Gjenfangstprosenten for ettårige laksunger var mindre enn 10 % uavhengig av år og stamme. Siden vi i tillegg må regne med dødelighet siste vinter før smoltutvandring indikerer det at overlevelsen av settefisken i Mandalselva var lav eller meget lav i disse forsøkene. Dette bildet stemmer med resultatet etter utsettingene av laksyngel i vassdraget i 1997-2003 (Johnsen 2005).

Utsettingstettheten var størst i Kosåna (nær 150 yngel pr. 100 m²). Dette ga ikke høyere tettheter av laksyngel på strekning Kosåna enn det som ble funnet på strekning Terskel og Kleveland med langt lavere utsettingstetthet (70-90 yngel pr. 100 m²).

Settefiskens tilvekst var klart best på strekning Roland og det gjaldt begge stammene. Dette indikerte gode oppvekstbetingelser på denne strekningen, men forsuringsepisoder kan ha medvirket til at tettheten av begge stammene var lavere enn forventet. Tetthetsforholdet mellom stammene tydet på at Mandal-stammen hadde greid seg langt bedre enn Bjerkreim-stammen på denne strekningen i 2004, men at dette forholdet var motsatt i 2005.

Lavest tilvekst ble funnet på strekning Kosåna, og dette gjaldt begge stammene i begge år. Tetthetsforholdet mellom stammene i Kosåna var tilnærmet lik tetthetsforholdet på strekning Roland. Det var imidlertid svært høy utsettingstetthet i Kosåna, samtidig som det også forekommer villfisk av laks. Dette kan forklare den relativt lave tilveksten hos de utsatte laksungene sammenlignet med Roland.

4.1.5 Foreløpige konklusjoner

Det var vanskelig å finne systematiske forskjeller med hensyn til vekst og overlevelse hos settefisk av Mandal- og Bjerkreim-stamme når resultatet av utsettingene i 2004 og 2005 ble sammenlignet.

Høy utsettingstetthet (nær 150 yngel pr. 100 m²) ga ikke høyere tettheter av laksyngel enn langt lavere utsettingstetthet (70-90 yngel pr. 100 m²).

Av 14 sammenlignbare datasett med gjenfangst av laksunger (laksyngel eller ettårige laksunger) av begge stammer var det høyest gjenfangstprosent av Mandal-stamme i ti tilfeller, og av Bjerkreim-stamme i fire tilfeller.

Det var gjennomsnittlig høyest gjenfangst-prosent for ettårige laksunger av Mandal-stamme både i 2005 og 2006.

Det kan se ut til at lengde ved utsetting har hatt betydning for tilslaget hos laks utsatt på strekningene Roland og Kosåna, der stammen med størst gjennomsnittslengde ved utsetting hadde størst tetthet 3-4 måneder senere. Det var bare på strekning Terskel at Mandal-stamme forekom i størst tetthet i begge årene, uavhengig av størrelsen ved utsetting.

Gjennomsnittlig tetthet av laksyngel av Mandal-stamme for alle utsettings-lokalitetene samlet var nær den samme 3-4 måneder etter utsetting i 2004 og 2005. For laksyngel av Bjerkreim-stamme var tettheten nesten dobbelt så høy i 2005 sammenlignet med 2004.

For alle utsettingslokalitetene under ett var gjennomsnittlig tetthet av ettårige laksunger av Mandal-stamme gjenfanget 15 måneder etter utsetting litt høyere i 2006 sammenlignet med 2005. For ettårige laksunger av Bjerkreim-stamme var tettheten dobbelt så høy i 2006 som i 2005.

Størst tetthet av settefisk ble funnet på de strekningene som også hadde høyest tetthet av villfisk.

4.1.6 Litteratur

Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J., 1989. Electrofishing - theory and practice with special emphasis on salmonids. – Hydrobiologia 173: 9-43.

Fjellheim, A. & Johnsen, B.O. 2001. Experiences from stocking salmonid fry and fingerlings in Norway. - Nordic Journal of Freshwater Research 75: 20-36.

Hansen, L.P. & Johnsen, B.O. 2003. Mandalselva – effekter av Laudal kraftverk på overlevelse av utsatt smolt. – i Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.) Laksen er tilbake i kalkede sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997–2002. DN–Utredning 2003–5: 97–100.

Heggberget, T.G. 1988. Timing of spawning in Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 845-849.

Heggberget, T.G. 1989. Population structure and migration system of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the River Alta, North Norway. - A summary of the studies 1981 - 1986. i Brannon, E. & Jonsson, B. (red.) Proceedings of the Salmonid migration and distribution symposium, June 23-25, 1987, Trondheim, Norway.

Hindar, K. & Balstad, T. 2003. Genetiske studier av reetablering av laks i Mandalselva og Tovdalselva. - i Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.) Laksen er tilbake i kalkede sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997–2002. DN–Utredning 2003–5: 40–42.

Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. & Hansen, L.P. 1994. Homing and straying of hatchery-reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L., released in three rivers in Norway. - Aquaculture and Fisheries Management 25, Supplement 2: 9-16.

Hvidsten, N.A., Kroglund, F., Holst, J.C. & Johnsen, B.O. 2002. Undersøkelser av smoltøkologi i Mandalselva. - NINA Oppdragsmelding 730: 1-23.

Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O. & Fiske, P. 2006. Smoltutvandring i Mandalselva, 2001-2005. - i Hesthagen, T. (red.) Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra Reetableringsprosjektet 2005. DN-Utredning 2006-4: 50-58.

Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O. & Fiske, P. 2007. Smoltutvandring i Mandalselva, 2001-2006. - i Hesthagen, T. (red.) Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra Reetableringsprosjektet 2006. DN-Utredning (i manus).

Johnsen, B.O. 1989. Settefisken - greier seg. - Jakt - Fiske - Friluftsliv nr. 10: 52-54.

Johnsen, B.O. 2001. Utsetting av ensomrig settefisk i innsjø: Er utsettingsstedet viktig og gir stor settefisk bedre gjenfangst enn små settefisk? - NINAs strategiske intituttprogrammer 1996-2000. Virkninger av fysiske naturinngrep - systemøkologisk innretting. Sluttrapport. NINA Temahefte 16: 47-50.

Johnsen, B.O. 2003. Utsetting av ensomrige laksunger i Mandalselva og Tovdalselva: Overlevelse, vekst og spredning. – i Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.) Laksen er tilbake i kalkede sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997–2002. DN–Utredning 2003–5: 58–62.

Johnsen, B.O. 2005. Utsetting av ensomrige laksunger i Mandalselva og Tovdalselva: Overlevelse, vekst og spredning. – i Hesthagen, T. (red.) Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra Reetableringsprosjektet 2001-2003. DN-Utredning 2005-9: 27-33.

Johnsen, B.O. & Larsen, B.M. 2005. Utsettingsforsøk med ensomrig settefisk i Mandalselva. Reetableringsprosjektet – Årsrappoprt 2004. – NINA Minirapport 107. 13 s.

Johnsen, B.O. & Ugedal, O. 1990. Feeding by hatchery- and pond-reared brown trout, Salmo trutta L., fingerlings released in a lake and in a small stream. – Aquacult. Fish. Manage. 21: 253-258.

Kaste, Ø. & Skancke, L.B. 2006. Mandalsvassdraget. 2. Vannkjemi. - Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005. DN-notat 2006-1: 59-62.

Larsen, B.M. & Johnsen, B.O. 2006. Reetableringsprosjektet: Utsettingsforsøk med ensomrig settefisk i Mandalselva. Årsrapport 2005. - NINA Minirapport 156. 18 s.

Skilbrei, O., Johnsen, B.O., Heggberget, T.G., Krokan, P.S., Aarset, B., Sagen, T. & Holm, M. 1998. Havbeite med laks. Årsrapport. –Norges Forskningsråd: 1–72.

Tengesdal, P. 2000. Bjerkreimselva. Bjerkreim elveeigarlag 50 år, 1950–2000. – Bjerkreim elveeigarlag. 103 s.

Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. - Journal of Wildlife Management 22: 82-90.

Tabell 4.1. *Antall lengdemålt, gjennomsnittslengde (mm) og min. – maks. lengde ved utsetting hos ensomrig settefisk av Bjerkreim- og Mandal-stammen i 2004 og 2005.*

År	Stamme	Antall lengdemålt	Gjennomsnitts-lengde, mm	Min. – maks. lengde, mm
2004	Bjerkreim	1563	53 (52,8)	31 – 68
	Mandal	2318	58 (58,2)	34 – 76
2005	Bjerkreim	3738	56 (55,9)	38 – 71
	Mandal	4323	52 (52,0)	36 – 73

Tabell 4.2. *Antall lengdemålt, gjennomsnittslengde (mm) og min. – maks lengde hos ensomrig settefisk av Bjerkreim- og Mandal-stammen satt ut på ulike delstrekninger i Mandalselva i 2005.*

Delstrekning	Stamme	Antall lengdemålt	Gjennomsnitts-lengde,mm	Min. – maks. lengde, mm
Rolandsbekken	Bjerkreim	467	54 (54,3)	40 - 66
	Mandal	873	53 (52,9)	37 - 71
Kosåna	Bjerkreim	2321	56 (55,9)	38 - 71
	Mandal	2616	53 (52,7)	37 - 73
Terskel	Bjerkreim	950	57 (56,7)	42 - 70
	Mandal	834	50 (49,8)	36 - 63

Tabell 4.3. *Lokalitet, lengde, gjennomsnittsbredde, areal, antall utsatt og utsettingstetthet for strekninger hvor det ble satt ut ensomrig settefisk av Bjerkreim- og Mandal-stammen i juli 2004 og 2005.*
** Bare settefisk av Mandal-stamme.*

År	Strekning	Lengde, m	Gj.sn. bredde, m	Areal, m²	Antall utsatt	Utsettings-tetthet pr. 100 m²
2004	Roland	1340	7,5	10050	3000	30
	Kosåna	375	27,2	10200	15000	147
	Bjelland	1000	82,3	82300	51000	62
	Terskel	685	20,0	13700	12000	88
	Kleveland	685	20,0	13700	10000	73
2005	Roland	1340	7,5	10050	3002	30
	Kosåna	375	27,2	10200	15120	148
	Bjelland	1000	82,3	82300	0	0
	Terskel	685	20,0	13700	9295	68
	Kleveland	685	20,0	13700	3820*	28

Tabell 4.4. *Kontrollfiske i 2006, antall stasjoner (areal) og antall ettårige laksunger (1+) (andelsprosent) og toårige laksunger (2+) (andelsprosent) fanget av Bjerkreim- og Mandal-stamme på de ulike strekninger.*

Tidspunkt for Kontrollfiske	Strekning	Antall stasjoner (areal, m²)	Antall 1+ fanget (andel i prosent)		Antall 2+ fanget (andel i prosent)	
			Bjerkreim	Mandal	Bjerkreim	Mandal
17.10.2006	Roland	6 (1111)	15 (71)	6 (29)	0 (0)	0 (0)
18.10.2006	Kosåna	6 (614)	7 (35)	13 (65)	0 (0)	1 (100)
19.10.2006	Terskel	5 (505)	5 (23)	17 (77)	0 (0)	0 (0)
SUM		17 (2230)	27 (43)	36 (57)	0 (0)	1 (100)

Tabell 4.5. *Gjennomsnittlig tetthet pr. 100 m² (± 95 konfidensintervall) av villfisk (årsyngel (alder: 0+) og eldre fiskunger (alder: ≥ 1+) av laks og ørret på de ulike strekningene ved kontrollfisket i november 2004, oktober 2005 og oktober 2006.*

År	Strekning	Laks		Ørret	
		0+	≥ 1+	0+	≥1+
2004	Roland	0	0	5,1 (± 0,1)	3,4 (± 0,2)
	Kosåna	3,2 (± 0,4)	9,1 (± 0,7)	1,9 (± 0,4)	0,8 (± 0,0)
	Bjelland	5,4 (± 0,8)	6,3 (± 0,1)	5,2 (± 0,1)	1,3 (± 0,1)
	Terskel	18,3 (± 2,7)	19,4 (± 2,5)	4,9 (± 0,5)	1,9 (± 2,1)
	Kleveland	11,2 (± 6,9)	14,5 (± 0,8)	1,9 (± 1,7)	3,0 (± 0,7)
2005	Roland	0	0	2,8 (± 0,3)	5,6 (± 0,3)
	Kosåna	9,5 (± 1,8)	23,0 (± 2,6)	2,5 (± 1,6)	2,6 (± 0,4)
	Terskel	25,8 (± 4,7)	13,8 (± 1,2)	4,5 (± 8,5)	2,3 (± 1,7)
2006	Roland	0	0	2,9 (± 1,7)	2,8 (± 0,1)
	Kosåna	13,3 (± 3,8)	16,8 (± 2,2)	3,3 (± 1,0)	3,7 (± 7,0)
	Terskel	49,7 (± 3,3)	8,1 (± 0,4)	7,1 (± 3,2)	2,9 (± 8,9)

Tabell 4.6*. Gjennomsnittlig tetthet pr. 100 m² (± 95 konfidensintervall) av laksyngel av Bjerkreim- og Mandal-stamme på de ulike strekningene ved kontrollfisket i november 2004 og i oktober 2005.*

År	Strekning	Bjerkreim	Mandal	Sum Bjerkreim og Mandal
2004	Roland	0,8 (± 0,4)	3,6 (± 1,2)	4,9 (± 2,2)
	Kosåna	1,7 (± 0,3)	6,9 (± 0,7)	8,6 (± 0,8)
	Bjelland	1,2 (± 0,7)	2,8 (± 1,6)	4,9 (± 4,4)
	Terskel	5,3 (± 2,5)	9,9 (± 9,2)	14,6 (± 7,2)
	Kleveland	9,8 (± 9,6)	8,2 (± 1,4)	16,4 (± 4,1)
	Samlet	3,1 (± 1,2)	5,3 (± 0,6)	8,2 (± 1,0)
2005	Roland	4,9 (± 0,7)	2,2 (± 0,1)	6,9 (± 0,5)
	Kosåna	9,6 (± 8,2)	4,7 (± 0,9)	12,8 (± 3,7)
	Terskel	6,8 (± 4,1)	18,8 (± 11,9)	25,3 (± 11,5)
	Samlet	6,1 (± 1,2)	5,6 (± 0,8)	11,7 (± 1,4)

Tabell 4.7. *Gjennomsnittlig tetthet pr. 100 m² (± 95 konfidensintervall) av ettårige laksunger av Bjerkreim-stamme og av Mandal-stamme på de ulike strekningene ved kontrollfisket i oktober 2005 og i oktober 2006.*

År	Strekning	Bjerkreim	Mandal	Sum Bjerkreim og Mandal
2005	Roland	0,0	0,3 (± 0,0)	0,3 (± 0,0)
	Kosåna	1,6 (± 1,7)	2,5 (± 0,3)	3,8 (± 0,6)
	Terskel	0,4 (± 0,0)	1,4 (± 0,1)	1,8 (± 0,0)
	Samlet	0,5 (± 0,2)	1,1 (± 0,1)	1,6 (± 0,1)
2006	Roland	1,4 (± 0,3)	1,0 (± 2,7)	2,2 (± 0,6)
	Kosåna	1,2 (± 0,3)	2,4 (± 0,7)	3,5 (± 0,7)
	Terskel	1,2 (± 0,3)	3,7 (± 1,0)	4,9 (± 0,9)
	Samlet	1,1 (± 0,1)	1,6 (± 0,4)	2,7 (± 0,4)

Tabell 4.8. *Gjennomsnittlig tetthet (pr. 100 m²) og relativ gjenfangstprosent i parentes for laksyngel av Bjerkreim-stamme og Mandal-stamme satt ut i Mandalselva i juli 2004 (2004-årsklassen), og gjenfanget ved kontrollfiske i november 2004 (0+), oktober 2005 (1+) og oktober 2006 (2+).*

Strekning	Stamme	Antall	Tetthet ved utsetting 2004	Gjenfangst 0+ (2004)	Gjenfangst 1+ (2005)	Gjenfangst 2+ (2006)
Roland	Mandal	1500	14,9 (100)	3,6 (24,2)	0,3 (2,0)	0 (0)
	Bjerkreim	1500	14,9 (100)	0,8 (5,4)	0 (0)	0 (0)
Kosåna	Mandal	7500	73,5 (100)	6,9 (9,4)	2,5 (3,4)	0,2 (0,3)
	Bjerkreim	7500	73,5 (100)	1,7 (2,3)	1,6 (2,2)	0 (0)
Bjelland	Mandal	28000	34,0 (100)	2,8 (8,2)	-	-
	Bjerkreim	23000	27,9 (100)	1,2 (4,3)	-	-
Terskel	Mandal	6000	43,8 (100)	9,9 (22,6)	1,4 (3,2)	0 (0)
	Bjerkreim	6000	43,8 (100)	5,3 (12,1)	0,4 (0,9)	0 (0)
Kleveland	Mandal	5000	36,5 (100)	8,2 (22,5)	-	-
	Bjerkreim	5000	36,5 (100)	9,8 (26,8)	-	-
Samlet	Mandal	48000	36,9 (100)	5,3 (14,4)	1,1 (3,0)	0,04 (0,1)
	Bjerkreim	43000	33,1 (100)	3,1 (9,4)	0,5 (1,5)	0 (0)

Tabell 4.9. *Gjennomsnittlig tetthet (pr. 100 m²) og relativ gjenfangstprosent i parentes for laksyngel av Bjerkreim-stamme og Mandal-stamme satt ut i Mandalselva i juli 2005 (2005-årsklassen), og gjenfanget ved kontrollfiske i november 2005 (0+) og oktober 2006 (1+).*

Strekning	Stamme	Antall	Tetthet ved utsetting 2005	Gjenfangst 0+ (2005)	Gjenfangst 1+ (2006)
Roland	Mandal	1500	14,9 (100)	2,2 (14,8)	1,0 (6,7)
	Bjerkreim	1502	14,9 (100)	4,9 (32,9)	1,4 (9,4)
Kosåna	Mandal	7619	74,7 (100)	4,7 (6,3)	2,4 (3,2)
	Bjerkreim	7501	73,5 (100)	9,6 (13,1)	1,2 (1,6)
Bjelland	Mandal	0	0	-	-
	Bjerkreim	0	0	-	-
Terskel	Mandal	5916	43,2 (100)	18,8 (43,5)	3,7 (8,6)
	Bjerkreim	3379	24,7 (100)	6,8 (27,5)	1,0 (4,0)
Kleveland	Mandal	3820	27,9 (100)	-	-
	Bjerkreim	0	0	-	-
Samlet	Mandal	18855	39,6 (100)	5,6 (14,1)	1,6 (4,0)
	Bjerkreim	12382	36,5 (100)	6,1 (16,7)	1,1 (3,0)

Tabell 4.10. *Antall fanget (N), gjennomsnittslengde (L) i mm og standardavvik (SD) hos settefisk (0+) av Bjerkreim- og Mandal-stamme gjenfanget 3-4 måneder etter utsetting på de ulike strekningene i Mandalselva ved kontrollfisket i november 2004 og oktober 2005.*

År	Strekning	Bjerkreim-stamme			Mandal-stamme		
		N	L	SD	N	L	SD
2004	Roland	8	79	7	34	90	10
	Kosåna	10	59	5	40	64	4
	Bjelland	5	64	7	11	64	6
	Terskel	21	65	5	30	68	6
	Kleveland	24	64	7	30	69	8
2005	Roland	50	87	11	24	92	9
	Kosåna	35	63	7	26	62	7
	Terskel	25	74	6	58	68	6

Tabell 4.11. *Antall fanget (N), gjennomsnittslengde (L) i mm og standardavvik (SD) hos settefisk (1+) av Bjerkreim- og Mandal-stamme gjenfanget 15 måneder etter utsetting på de ulike strekningene i Mandalselva ved kontrollfisket i oktober 2005 og oktober 2006.*

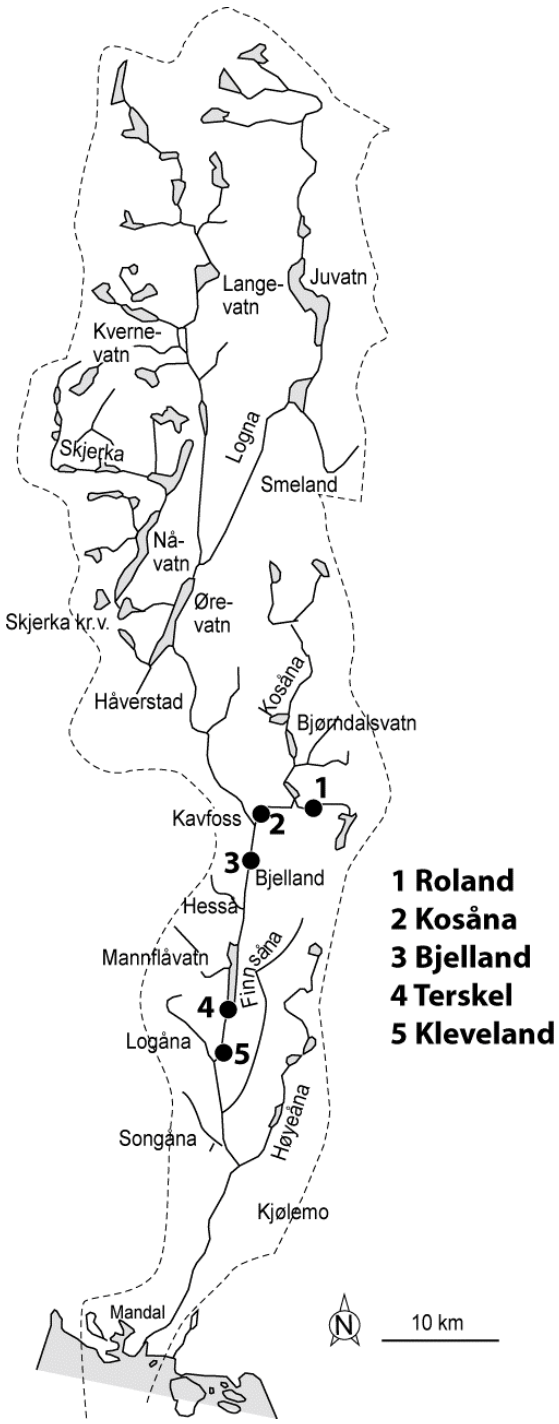
År	Strekning	Bjerkreim-stamme			Mandal-stamme		
		N	L	SD	N	L	SD
2005	Roland	0	-	-	3	129	12
	Kosåna	7	104	10	15	99	10
	Terskel	2	108	11	7	99	11
2006	Roland	15	129	6	6	132	5
	Kosåna	7	90	8	12	94	8
	Terskel	6	112	9	17	105	7

***Tabell 4.12**. Gjennomsnittslengde av laksyngel (2004-årsklassen) ved utsetting i juli 2004 (L1) og gjenfangst i november 2004 (L2) og oktober 2005 (L3), samt relativ lengdeøkning (lengdeøkning i prosent av lengde ved utsetting i parentes) for settefisk av Bjerkreim- og Mandal-stamme på de ulike strekningene i Mandalselva.*

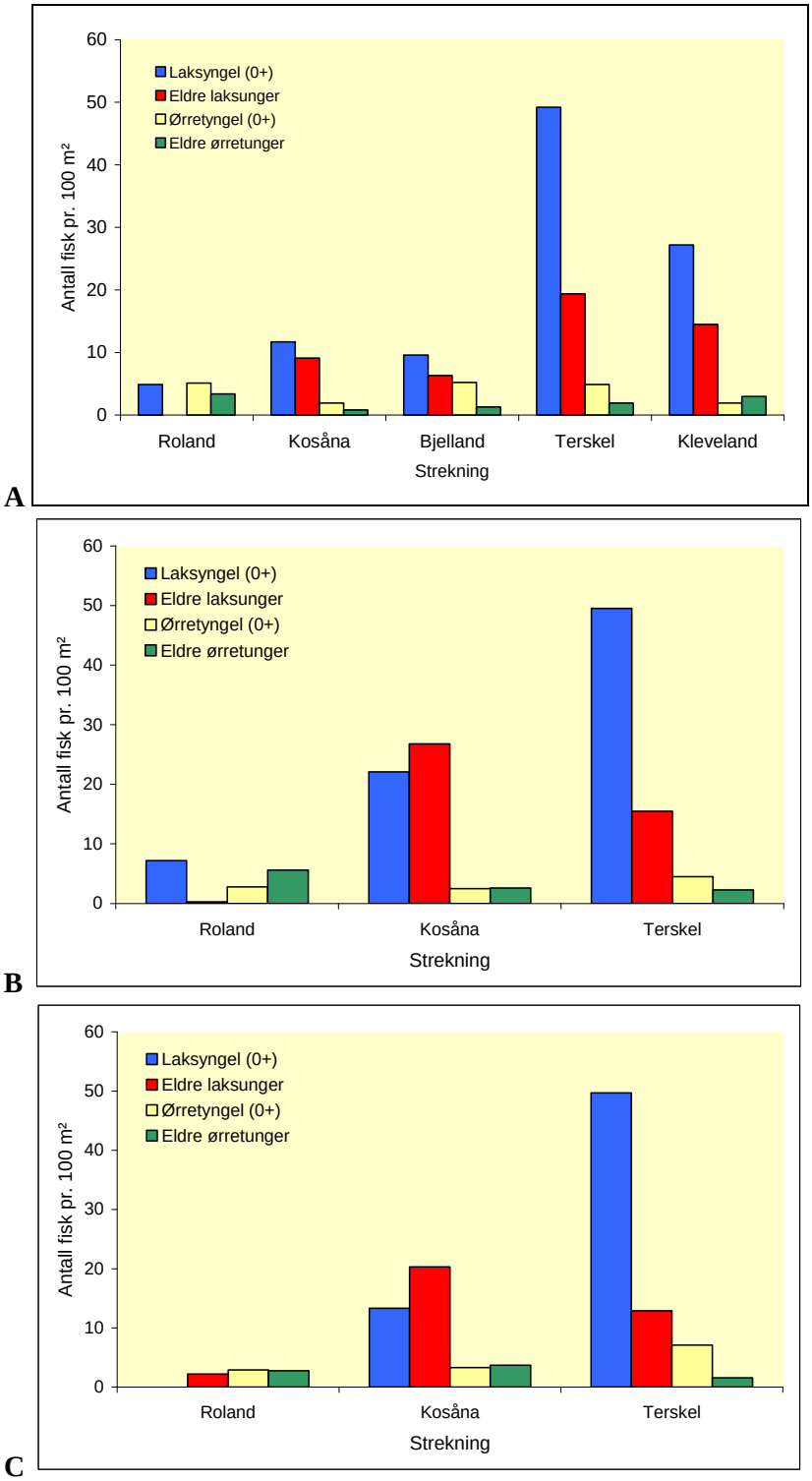
Strekning	Bjerkreim-stamme			Mandal-stamme		
	L1	L2 (prosent-økning)	L3 (prosent-økning)	L1	L2 (prosent-økning)	L3 (prosent-økning)
Roland	53	79 (59)	-	58	90 (55)	129 (121)
Kosåna	53	59 (11)	104 (98)	58	64 (9)	99 (71)
Terskel	53	65 (24)	108 (80)	58	68 (17)	99 (70)

***Tabell 4.13**. Gjennomsnittslengde av laksyngel (2005-årsklassen) ved utsetting i juli 2005 (L1) og gjenfangst i oktober 2005 (L2) og oktober 2006 (L3), samt relativ lengdeøkning (lengdeøkning i prosent av lengde ved utsetting i parentes) for settefisk av Bjerkreim- og Mandal-stamme på de ulike strekningene i Mandalselva.*

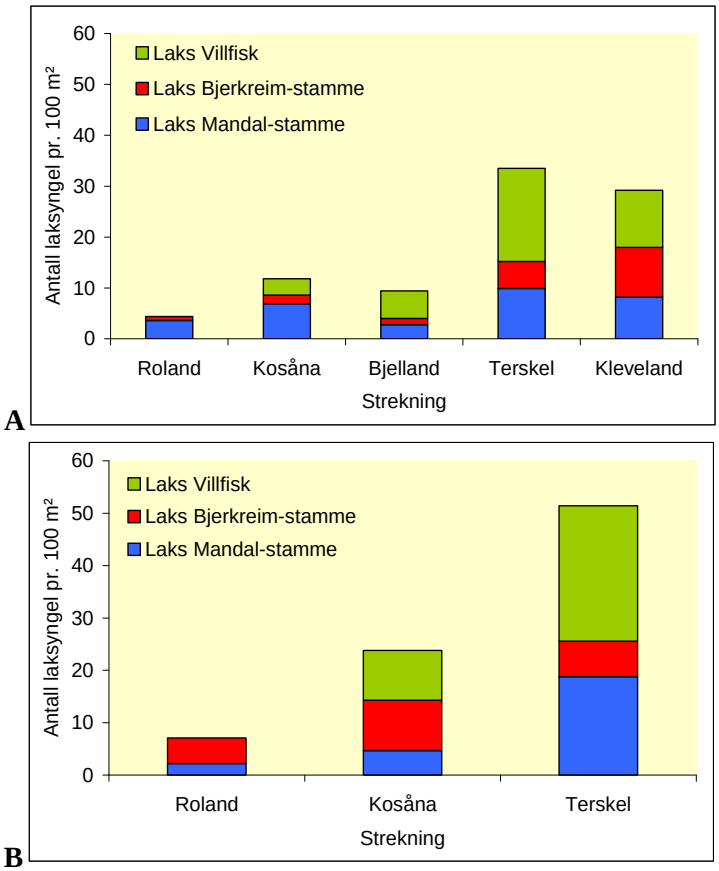
Strekning	Bjerkreim-stamme			Mandal-stamme		
	L1	L2 (prosent-økning)	L3 (prosent-økning)	L1	L2 (prosent-økning)	L3 (prosent-økning)
Roland	54	87 (61)	129 (138)	53	92 (74)	132 (149)
Kosåna	56	63 (13)	90 (61)	53	62 (18)	94 (78)
Terskel	57	74 (31)	112 (98)	50	68 (36)	105 (111)



***Figur 4.1**. Mandalselva med lokalisering av strekninger med utsatt settefisk i 2004 og 2005.*

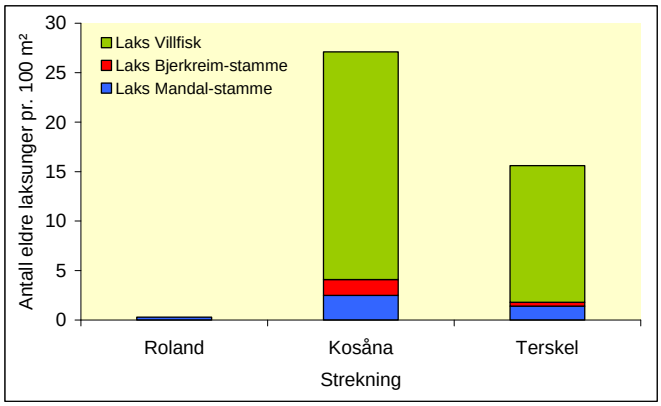


Figur 4.2. *Gjennomsnittlig tetthet i A) november 2004, B) oktober 2005 og C) oktober 2006 av all laksyngel (villfisk + settefisk alder: 0+) og alle eldre laksunger (villfisk + settefisk alder: ≥1+), ørretyngel og eldre ørretunger på de ulike strekninger i Mandalselva der det ble satt ut laksyngel av Mandal- og Bjerkreim-stamme i juli 2004 og 2005.*

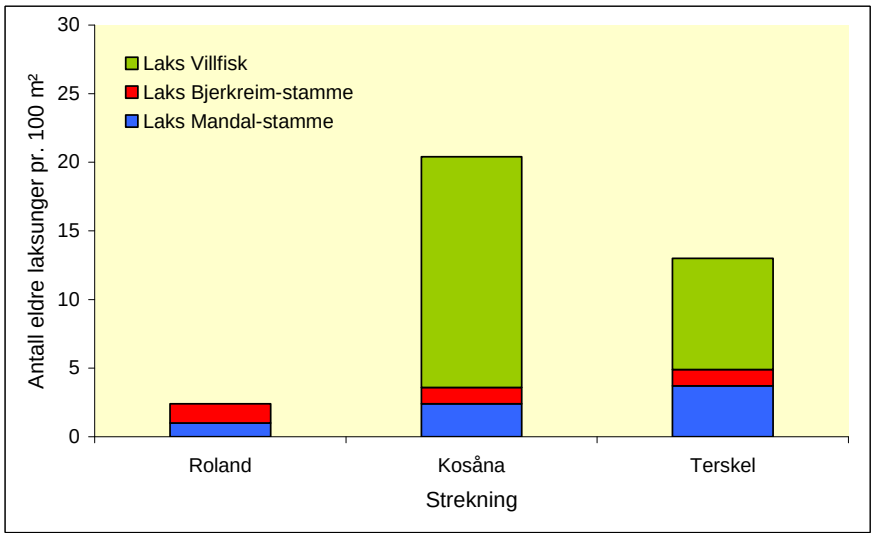


***Figur 4.3**. Tetthet av laksyngel (0+) pr. 100 m² fordelt på villaks og utsatt laks av Mandal- og Bjerkreim-stamme på de ulike strekninger i Mandalselva i A) november 2004 og B) oktober 2005.*

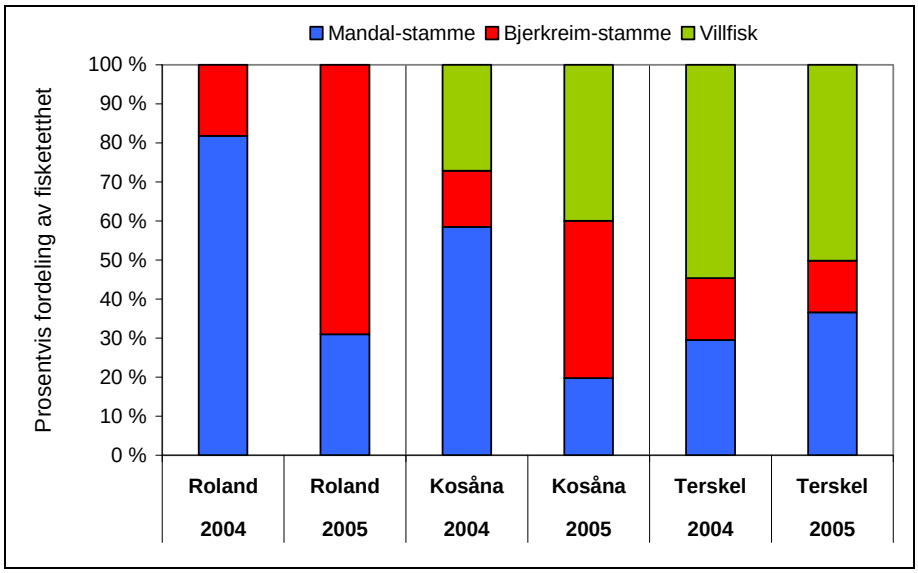
A



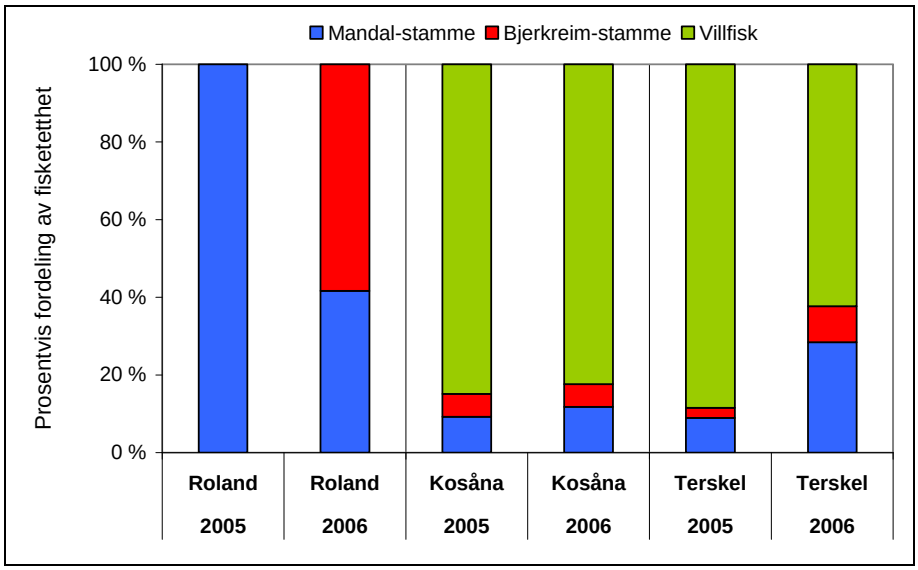
B



***Figur 4.4**. Tetthet av eldre laksunger (≥1+) pr. 100 m² fordelt på villaks og utsatt laks av Mandal- og Bjerkreim-stamme på de ulike strekninger i Mandalselva i A) oktober 2005 og B) oktober 2006.*



***Figur 4.5**. Relativ prosentvis fordeling mellom de ulike grupper av laksyngel (0+) på de tre delområdene i 2004 og 2005.*



***Figur 4.6**. Relativ prosentvis fordeling mellom de ulike grupper av eldre laksunger (≥1+) på tre av delområdene i 2005 og 2006.*

5 Smoltundersøkelser

5.1 Undersøkelse av smolt-utgangen i Tovdalselva i 2006

Bjørn T. Barlaup[1]og Einar Kleiven[2]
Medarbeidere: Jon Løyland, Kjetil Lønn og Jim Güttrup

[1]LFI-UNIFOB, Universitetsforskning Bergen.
[2]NIVA-Sørlandsavdelingen

Sammendrag

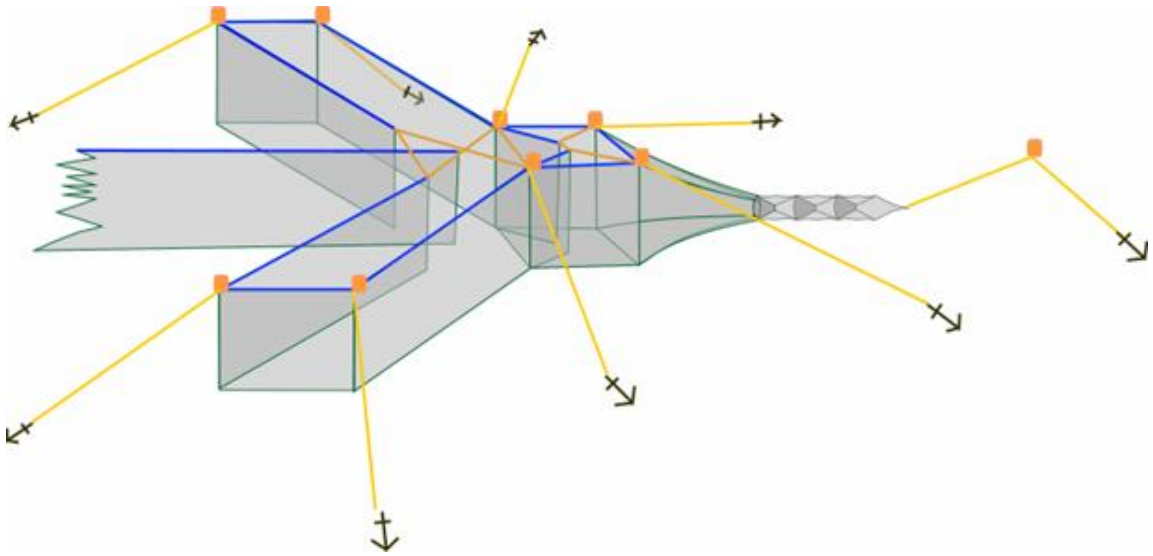
Undersøkelser av smoltutgangen i Tovdalselva har vært utført årlig i perioden 2004-2006. Utvandrende smolt har vært fanget ved bruk av en spesialbygd "lakse-ruse" plassert på nedre del av lakseførende strekning. Resultatene viser at det meste av laksesmolten forlater Tovdalselva i løpet av mai måned. I 2006 hadde smolten en gjennomsnittlig lengde på 12,9 cm (SD=1,29) og den gjennomsnittlige smoltalderen var 2,35 år. I regi av Reetableringsprosjektet har det siden 2000 blitt lagt ut i overkant av 2 millioner øyerogn som en alternativ kultiverings-strategi for å reetablere laks i Tovdalselva. Før utlegging ble rogna merket med kjemisk kodemerking for senere visuell deteksjon av merke i otolitt (ørestein). Blant smolten som ble undersøkt fra felle i 2004, 2005 og 2006 stammet henholdsvis 81,0 %, 79,6 % og 70,8 % fra rognplantingen. Videre viser analyser av otolitter fra tert tatt ved sportsfiske i Tovdalselva i 2005 at 11 av 35 individ, dvs. 31,5 % var merket og stammer fra rognplantingen. Selv om antall fisk undersøkt er begrenset, gir disse andelene av merket smolt og tert en klar indikasjon på at rognplantingen har bidratt betydelig til reetableringen av laksebestanden i Tovdals-vassdraget.

5.1.1 Bakgrunn og hensikt

I regi av Reetableringsprosjektet ble det våren 2006 gjort undersøkelser av smoltutgangen i Tovdalselva. Hensikten med undersøkelsen var å få et mål på når smolten forlater elva, smoltens lengde- og alderssammensetning og smoltens fysiologiske tilstand. Basert på erfaringer med smoltfangst i Vossovassdraget ble det benyttet en såkalt smoltruse for å fange smolt i Tovdalselva (Barlaup m.fl. 2004). I denne årsrapporten gis en gjennomgang av resultatene fra prosjektet i 2006.

5.1.2 Metoder

Smoltrusen er en modifisert utgave av en storruse som er et fangstredskap som normalt benyttes til fangst av aure og røye i innsjøer (**figur 5.1**). For å fange smolt i elv er storrusa ombygd, bl.a. ved å endre innfallsvinklene og redusere maskevidda i deler av rusa. Smoltrusene er produsert og driftet av firmaet Innfisk As fra Evje. Smoltrusen ble plassert i nedre del av anadrom strekning, dvs. et par hundre meter oppstrøms Boenfossen. Antall laks- og sjøauresmolt som gikk i rusa ble i utgangspunktet kontrollert daglig. Men praktiske problemer gjorde at fellen ikke ble kontrollert enkelte dager. Innfanget smolt ble overført til et akvarium eller en stamp for artsidentifisering før den ble frosset ned i poser. Et utvalg av smolten ble senere undersøkt for bestemmelse av lengde og alder. Alderen ble bestemt ved analyse av otolitter. Det ble også undersøkt om laksesmolten hadde et fargemerke i otolitten (øresteinen) for å bestemme hvor stor andel av smolten som stammet fra rognplantingen i vassdraget.



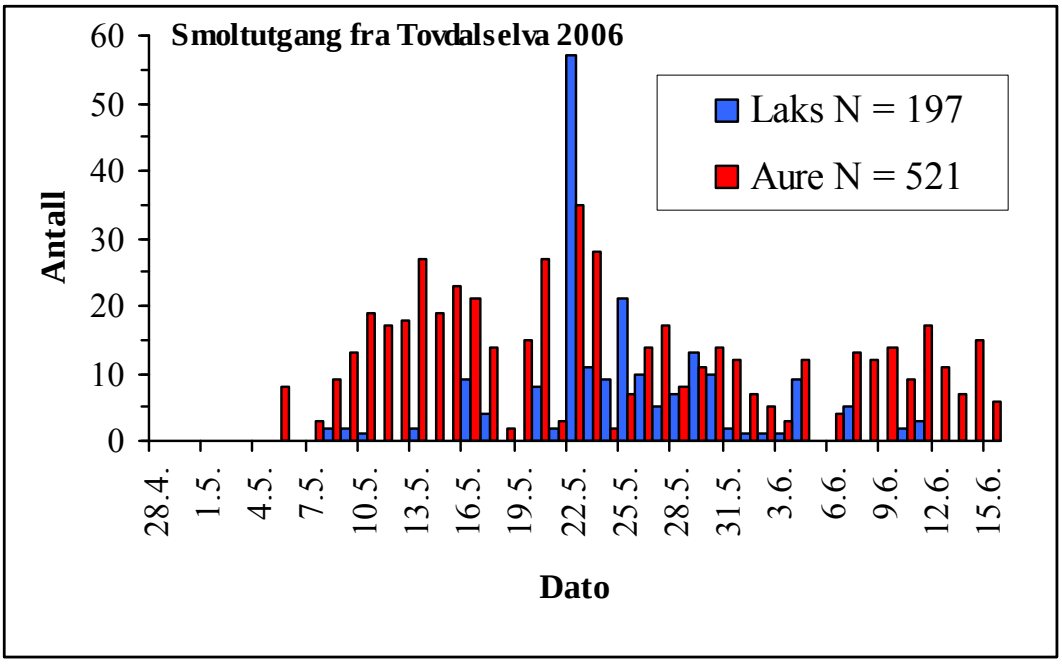
***Figur 5.1**. Smoltrusen er en modifisert utgave av storrusa som benyttes for innlandsfiske. Skisse av storruse fra ruseprodusenten Innfisk As fra Evje.*

5.1.3 Resultater og diskusjon

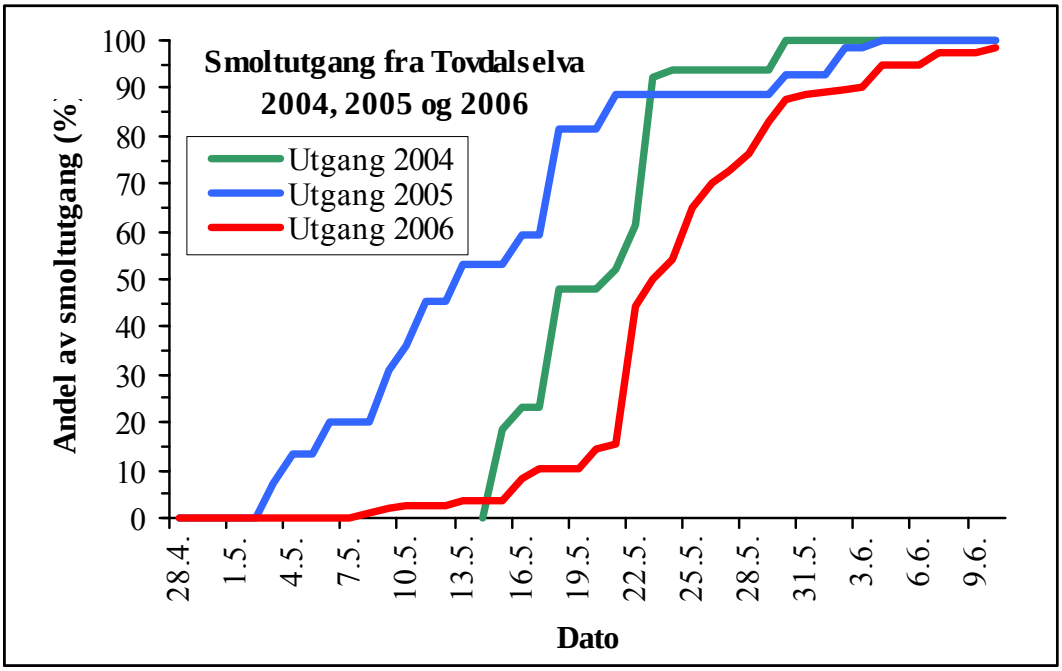
5.1.3.1 Smoltfangster og smoltens alders- og lengdefordeling

I Tovdalselva ble smoltrusa plassert på strekningen rett ovenfor brua oppstrøms Boenfossen. Rusa ble satt ut den 03.05. og tatt opp den 15.06. I denne perioden ble det totalt fanget 213 laks og 521 aure. Dette viser at smoltruse er en egnet fangstredskap for fangst av utvandrende smolt i Tovdalselva. De fleste laksesmoltene ble fanget i perioden fra 20.05. til 01.06, mens auresmoltene ble tatt mer jevnt i hele perioden (**figur 5.2**). For laksesmolten er utvandringstidspunktet basert på 197 smolt fordi 16 av de totalt 213 innsamlede smoltene ikke ble registret med sikker dato. Utgangen av laksesmolt i 2006 var klart senere sammenliknet med resultatene fra tilsvarende undersøkelser i 2004 og 2005 (**figur 5.3**). Dette kan trolig settes i forbindelse med en generelt sen vår i 2006.

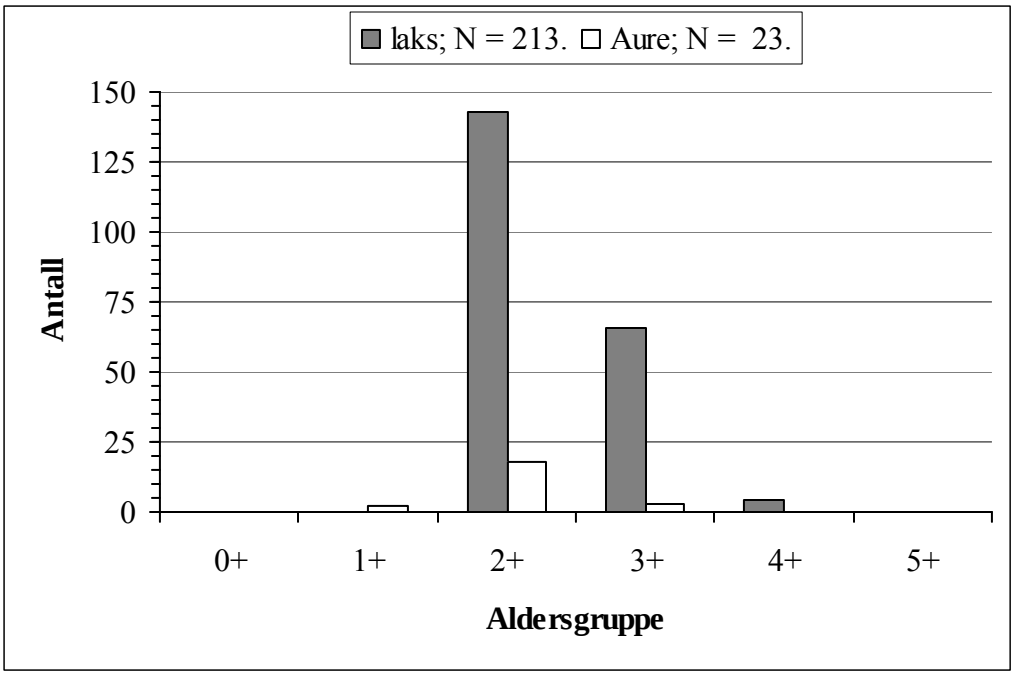
De 213 aldersbestemte laksene tatt i smoltrusa i Tovdal hadde en gjennomsnittlig lengde på 12,9 cm (SD=1,29) og en gjennomsnittlig vekt på 17,8 g (SD=5,3). Blant smoltene var det 143 toårssmolt, 66 treårssmolt og fire fireårssmolt. Dette gir en gjennomsnittlig smoltalder på 2,35 år (SD=0,5). For et utvalg av 23 aldersbestemte aurer fra rusefangstene var den gjennomsnittlige lengden 13,8 cm (sd = 3,0), gjennomsnittlig vekt 24,7 (SD=13,6), og den gjennomsnittlige alderen 2,0 år (sd = 0,47). Alders- og lengdefordelingene er gitt i henholdsvis **figur 5.4** og **5.5**.



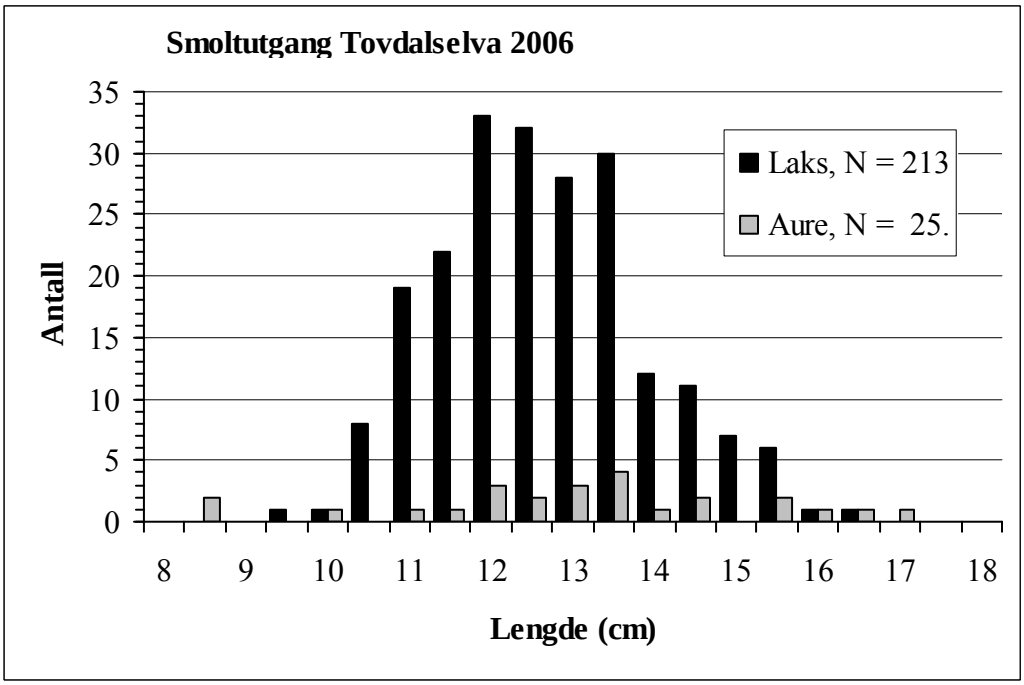
***Figur 5.2**. Antall laks og sjøauresmolt tatt i smoltrusa i Tovdalselva i 2006. Rusa ble satt ut den 03.05. og tatt opp den 15.06.2006.*



***Figur 5.3**. Akkumulativt antall laks tatt i smoltrusa i Tovdalselva i 2004, 2005 og 2006. I 2004 var rusa plassert ut i tidsrommet 14.05-13.06, i 2005 i tidsrommet 28.04 -10.06, og i 2006 i tidsrommet 03.05.-15.06.*



***Figur 5.4**. Aldersfordeling for laks- og sjøauresmolt tatt i smoltrusa i Tovdalselva i 2006.*



***Figur 5.5**. Lengdefordeling for laks- og sjøauresmolt tatt i smoltrusa i Tovdalselva i 2006.*

5.1.3.2 Innslag av smolt som stammet fra utplanting av rogn i Tovdalselva

I regi av Reetableringsprosjektet har det siden 2000 blitt lagt ut øyerogn som en alternativ kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalselva. Til utsetting av øyerogn i Tovdalselva er det brukt lakserogn fra Storelvastammen i Vegårsvassdraget (Storelva i Holt). Stamfisken produseres på Finså klekkeri. Etter en gjennomgang av ulike metoder for utlegging av rogn (se Barlaup & Moen 2001), og metodeutprøving, er det benyttet en metode hvor rogna blir lagt ut i kasser fylt med grus. Fra og med 2001 er det utført rognplanting i stor skala med utlegging av fra 240 000 til 560 000 rogn årlig (**tabell 6.1**). I hele perioden har rogna blitt fordelt på ulike stasjoner på strekningen mellom Teinefossen og utløpet av Herefossfjorden.

***Tabell 5.1**. Antall lakserogn lagt ut årlig i Tovdalsvassdraget fra oppstarten i 2000 til og med 2006.*

År	Antall rogn plantet ut
2000	18 000
2001	240 000
2002	249 200
2003	279 000
2004	560 000
2005	207 000
2006	475 000
Sum:	2 028 200

Før utlegging ble rogna merket med kjemisk kodemerking for senere visuell deteksjon av merke i otolitt (ørestein). Denne merkingen gjør det mulig å identifisere smolt som stammer fra rognplantingen i vassdraget. Følgelig ble otolittene til smolten tatt i smoltrusa i årene 2004-2006 analysert for fargemerke. Resultatene viste at 47 av 58 smolt innfanget i 2004 hadde fargemerket otolitt. Dette betyr at en andel på 81,0 % av smolten som ble undersøkt stammet fra rognplantingen. I 2005 var 39 av 49 analyserte otolitter fra innfanget smolt merket, dvs en andel på 79,6 %. I 2006 var 34 av 48 undersøkte smolt merket, dvs en merkeandel på 70,8 %. Videre viser analyser av otolitter fra tert tatt ved sportsfiske i Tovdalselva i 2005 at 11 av 35 individ, dvs 31,5 % var merket og stammer fra rognplantingen. Selv om antall fisk undersøkt er begrenset, gir disse andelene av merket smolt og tert en klar indikasjon på at rognplantingen har bidratt betydelig til reetableringen av laksebestanden i Tovdalsvassdraget.

5.1.4 Litteratur

Barlaup, B.T., Skoglund, H & Gabrielsen, S.E. 2004. Undersøkelser av ungfisk og smolt i Vossovassdraget, side 37-56 i : Barlaup, B.T. (red.). Vossolaksen – bestandsutvikling, trusselfaktorer og tiltak. DN Utredning 2004-7.

Barlaup, B.T. & Moen, V. 2001. Planting of salmonid eggs for stock enhancement- a review of the most commonly used methods. Nordic J. Freshwater Res. 75: 7-19.

5.2 Smoltutvandring i Mandalselva, 2001-2006

Nils Arne Hvidsten, Bjørn Ove Johnsen og Peder Fiske

Norsk institutt for naturforskning - Trondheim

Sammendrag

Under smoltutvandringen i perioden 2001-2006 ble det foretatt daglig registrering av antall utvandrende smolt i Mandalselva. Formålet med undersøkelsen har vært å registrere tidspunkt for smoltutgang i en kalket Sørlandselv og bestemme hvilke omgivelsesvariabler som styrer eller påvirker utvandringen. Videre er det viktig å analysere tilslaget av utsatt sommergamle laksunger. Smolten forlater elva i løpet av

mai måned. Median utvandringstid for den første halvdelen av den utvandrende smolten var hhv 8. og 22. mai ved Hesså og Finså. Det er utviklet utvandringsmodeller (2001-2006) for smoltutvandringen relatert til omgivelsesvariabler, som gir predikasjon på daglig antall utvandrende smolt. Prediksjonene har noe avvik fra observerte verdier, men er overveiende gode for tidspunkt og antall utvandrere. I tillegg ble det i 2003 og 2004 gjennomført undersøkelser av atferd hos individuelt radiomerket smolt. På bakgrunn av erfaringene fra smolutvandringsmodellen og atferden til den radiomerkete smolten, ble det gitt anbefalinger om vannslipp fra Mannflåvann (Uglem m.fl. 2004). Både laks- og auresmolt er dominert av to og tre åringer. Innslaget av utsatt fisk (satt ut som sommergamle laksunger fra og med 1997) i smoltfangstene har variert mye mellom år, og tilslaget synes å ha avtatt de siste åra. Tilslaget av settefisk fra Bjerkreim-stamme var signifikant bedre enn settefisk fra Mandal stamme.

5.2.1 Innledning

Undersøkelsene kom i gang som en følge av at Direktoratet for naturforvaltning i regi av 'Reetableringsprosjektet' ønsket å undersøke atferd og livshistorie til utvandrende smolt. Daglengde synes å være avgjørende for når på våren smolten går ut (Wagner 1974). Det er vanligvis forhold som vannføring, endring i vannføring, vanntemperatur og endring i vanntemperatur og månefase som er de viktigste faktorene som styrer smoltutvandringen (Ruggles 1980). Det er en målsetting for undersøkelsen å vite hvordan laksesmolten oppfører seg i en nyetablert bestand. Formålet med prosjektet er å registrere tidspunkt for smoltutgang i en kalket sørlandselv og bestemme hvilke omgivelsesvariabler som kan styre eller påvirke utvandringen. Sentralt står også spørsmål omkring reguleringen av vassdraget (vannføring og kraftverksinntak) i forhold til vandringer og overlevelse hos smolt. Modeller for daglig utvandring av smolt og omgivelsesvariabler er utviklet, basert på utvandringsresultatene ved Finså og Hesså i perioden 2001-2005 (Uglem m. fl. 2004). Det settes ut ensomrige laksunger og tilslaget av disse blir målt som andel av utvandrende smolt. Komparative utsettinger av ensomrige laksunger av Mandal- og Bjerkreimstammen startet i 2004, og gjenfangster av disse vil bli registrert i smoltfangstene.

5.2.2 Metode og materiale

Det ble benyttet en smoltskrue til å fange inn smolt under utvandringen. Smoltskruen var plassert på Finså i 2001, 2002 og 2003. I 2004, 2005 og 2006 var smoltskruen plassert på Hesså. Smoltskruen består av en trommel og et fangstkammer for fisk som er plassert på to flytepontonger. Trommelen vender mot strømmen og er forsynt med innvendige skovler som gir trommelen rotasjon. Smolten blir øst bakover av skovlene og ført inn i fangstkammeret bak trommelen. Det ble tatt prøver av smolt til analyse av livshistorieparametre, test av saltvannstoleranse og kontroll av finnemerking. Smoltens fysiologiske tilstand er målt under utvandringen, og satt i sammenheng med elvas vannkvalitet. Innsamlings- og testprosedyre er angitt i tilstandsrapport (Hvidsten m.fl. 2002). Smoltfella blir ettersett morgen og kveld. Smolt ble merket med Carlin-merker (2001-2003) om morgenen og satt ut om kvelden etter akklimatisering. I 2005 ble det fanget smolt med stor not nederst i vassdraget, ved Møll.

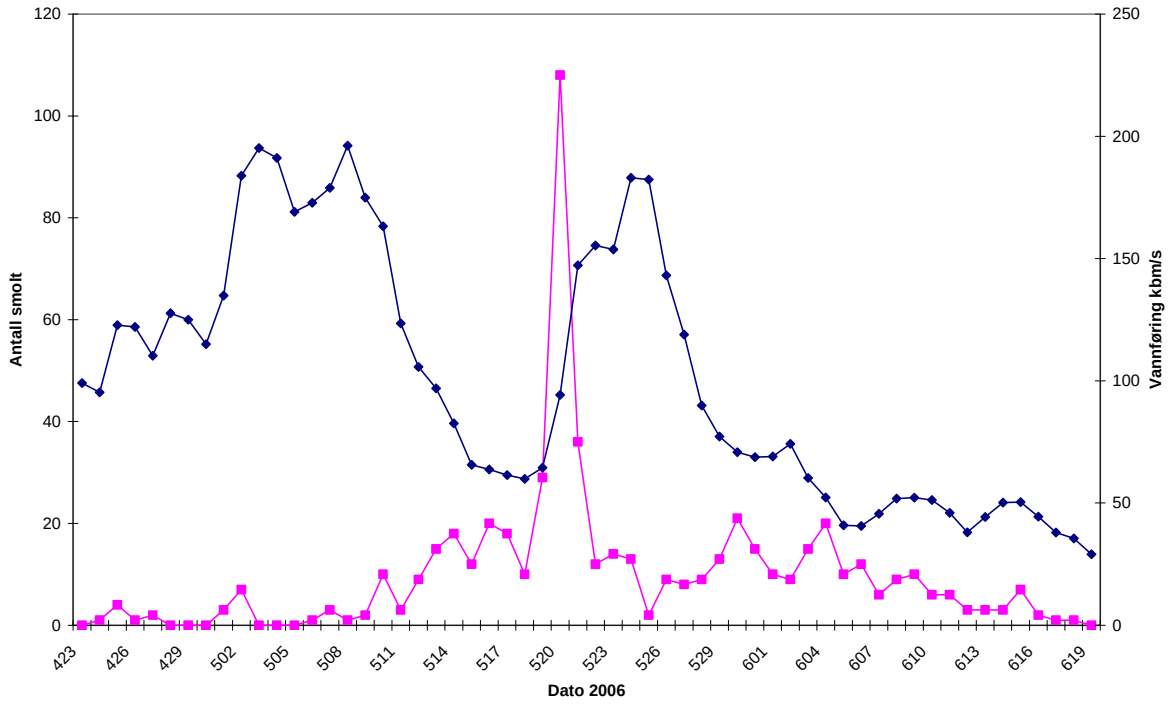
***Tabell 5.2**. Fangststed, år og periode, antall fangete smolt av laks og aure i perioden 2001-2006 i Mandalselva.*

Fangststed	Fangstår og periode	Antall laks	Antall aure
Finså	2001 25.4.-14.6.	507	226
Finså	2002 20.4.-17.6.	231	116
Finså	2003 22.4.-18.6.	293	52
Hessås	2004 24.4.- 9.6	568	87
Hessås	2005 23.4.-3.6	447	68
Møll	2005 29.4.- 9.6	716	122
Hessås	2006 23.4- 19.6	562	309

5.2.3 Resultater

5.2.3.1 Fangst av smolt

Fella var operativ i perioden 23. april til 19. juni i 2006 (**tabell 5.2**). Det ble fangst av smolt fra 24. april til 18. juni (**figur 5.6**).

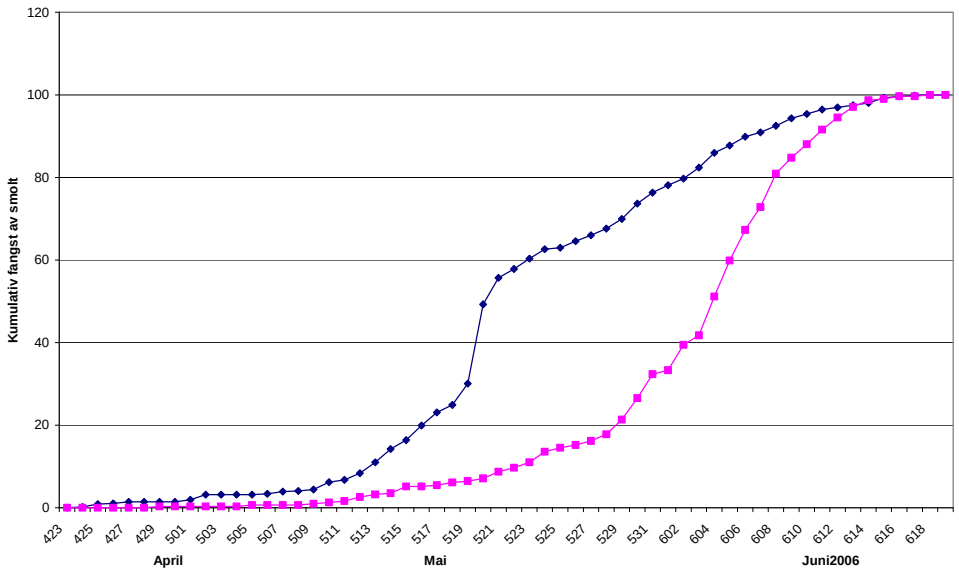


***Figur 5.6**. Smoltutvandring av laks sammenholdt med vannføring (sammenholdt med dagen fella ble satt ut) i Mandalselva 2006 (Vannføringen varierte mellom 28 og 196 m^3s^{-1}målt ved Kjølemo).*

Smoltutvandringen er sterkt knyttet til perioder med økende og stor vannføring. Det er utviklet en modell som viser at vannføring og vanntemperatur er de viktigste abiotiske faktorene som styrer smoltutvandringen (se kapittel 3.4).
Smoltutvandringen skjer i løpet av mai måned. Det er benyttet forskjellige fangststeder i innsamlingene i ulike år, noe som har betydning for utvandringstids-punktet. Hovedutvandringen (fra 25-75% av antall utvandrende smolt) skjer i løpet av 14 dager i Mandalselva (**tabell 5.3**). Median utvandringsdato for 50% smoltutvandring var 8. mai på Hesså og 22. mai på Finså. Det var betydelig forskjell i utvandringstida mellom år, i 2001 og 2006 var det sen smoltutgang. Utvandringstida for 25-75% av smoltutgangen var mellom 10 og 14 dager senere på Finså i forhold til på Hesså. Imidlertid, siden målingene er gjennomført i ulike år knytter det seg usikkerhet til vandringshastigheten mellom Hesså og Finså. Vandringshastigheten mellom Hesså og utløpet av Mannflåvannet var 1 til 3 dager (Uglem m.fl. 2004). Starten av smoltutvandringen (ved 25% fangst) har variert fra 4. til 19. mai på Hesså, eller 15 dager forskjell i mellom år.

Tabell 5.3. *Dato for 25, 50 og 75% utvandring av smolt og varighet i dager mellom 25 og 75% utvandring i Mandalselva, 2001-2006. *Møll 2005 utelatt.*

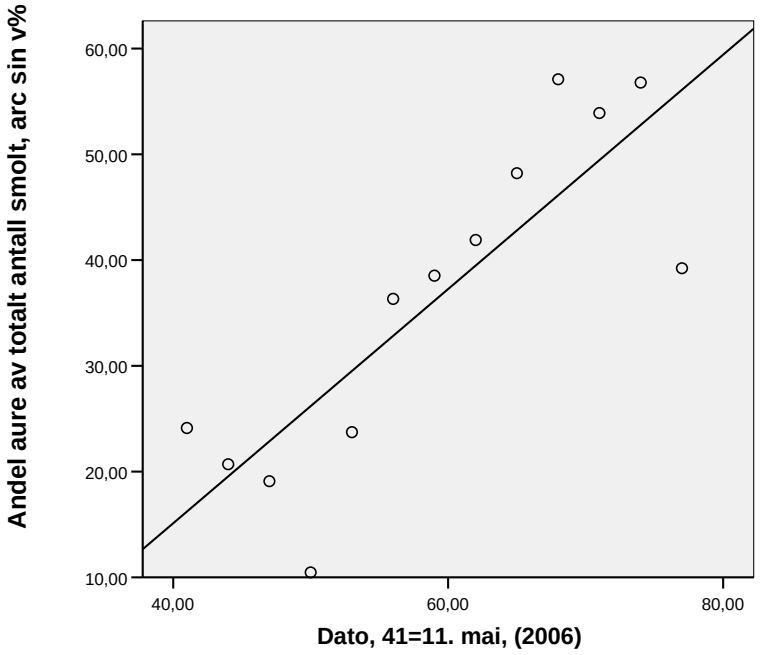
År, sted	25	50	75	Varighet 50%, (25-50%) dager
2001, Finså	20. mai	27. mai	2. juni	13
2002, Finså	13. mai	22. mai	26. mai	13
2003, Finså	15. mai	22. mai	30. mai	15
Median, Finså	15. mai	22. mai	30. mai	15
2004, Hesså	5. mai	8. mai	14. mai	9
2005, Hesså	4. mai	8. mai	18. mai	14
2005, Møll	5. mai	9. mai	18. mai	13
2006, Hesså	19. mai	21. mai	31. mai	12
*Median, Hesså	5. mai	8. mai	18. mai	13



Figur 5.7*. Kumulativ fangst av laks- (blå kurve) og auresmolt (rød kurve) på Hesså i 2006.*

Det synes som om auren vandrer ut noe seinere enn laksen (**figur 5.7**). Dersom en ser på andelen aure i fangstene i perioden 11. mai til 18. juni øker den signifikant (df=13, r^2 =0,69, p<0,000), og sannsynliggjør at auresmolten i Mandalselva går ut noe seinere enn laksesmolten (**figur 5.8**).

Andelen av aure av all smolt har variert fra 13 til 36 % mellom år, det kan tenkes at tidlig avslutning av innsamlingene i noen år har bidratt til liten fangst av aure og at andelen aure i årsfangstene er underestimert i disse åra. Imidlertid er ikke dette avgjørende, fordi fangstandelen på Finså var liten i 2003 selv om innfangingen pågikk til 18. juni (**tabell 5.4**).



***Figur 5.8**. Andel aure av totalt antall smolt på utvandring forbi Hesså i perioden 9. mai til 18. juni 2006. Dato 1. april = dag 1.*

***Tabell 5.4**. Antall laks og auresmolt fanget på Finså og Hesså i perioden 2001-2006.*

Sted	År, fangstperiode	Laks, antall	Aure, antall	Andel aure %
Finså	2001, 25.4-14.6	507	226	30,8
Finså	2002, 20.4-17.6	231	116	33,4
Finså	2003, 22.4-18.6	293	52	15,1
Hesså	2004, 24.4-9.6	568	87	13,2
Hesså	2005, 23.4-3.6	443	68	13,3
Møll	2005, 29.4-9.6	393	100	20,0
Hesså	2006, 23.4-19.6	562	309	35,5

5.2.3.2 Utsettinger av laksunger – tilslag av Bjerkriem- og Mandals-stamme

Det er satt ut mellom 33.000 og 128.000 finneklipte sommergamle laksunger fra og med 1997 ovenfor smoltfellene (**tabell 5.5a,b,c**).

Tilslaget fra utsettingene målt som merket smolt har variert fra år til år. Den utsatte smolten utgjorde betydelig andel av antall utvandrende smolt de første åra, da andelen finneklipt smolt utgjorde mellom 8,2 og 29,5% av smoltårsklassene i fellefangstene (**tabell 5.6a**). Det har skjedd en nedgang i andelen merket smolt, men settefisken har fortsatt betydning for rekrutteringen (**figur 5.9**). Sammenholder en med andelen kultivert (finneklipt) voksen laks som ble talt på dam Mannflåvann i 2000 og 2001, utgjorde de hhv 45 og 41% av laksen som ble registrert på oppgang (Hvidsten & Lamberg 2003). Den finneklipte voksne laksen stammer fra utsettingene fra og med 1998. Det var således stor overlevelse på settefisken fram til voksen laks.

Tabell 5.5a. *Antall ensomrige laksunger satt ut på ulike delstrekninger og strekninger i Mandalselva i perioden 1997-2000.*

Delstrekning	Strekning	1997	1998	1999	2000
Terskel 1 – Klevelandsbrua	Nedre 325 m mot Terskel 1	0	4.415	0	14.662
	Øvre 625 m mot Klevelandsbrua	5.000	0	9.504	0
Sanøy - Trygsland	Hesså – Trygsland	*6.200	0	9.693	0
	Risesteinen – Toppøynå	*6.200	9.596	0	47.198
	Sanøy – Risesteinen	*6.100	0	14.779	0
Grasholmen – Bjelland kraftverk		13.500	19.766	30.017	66.186

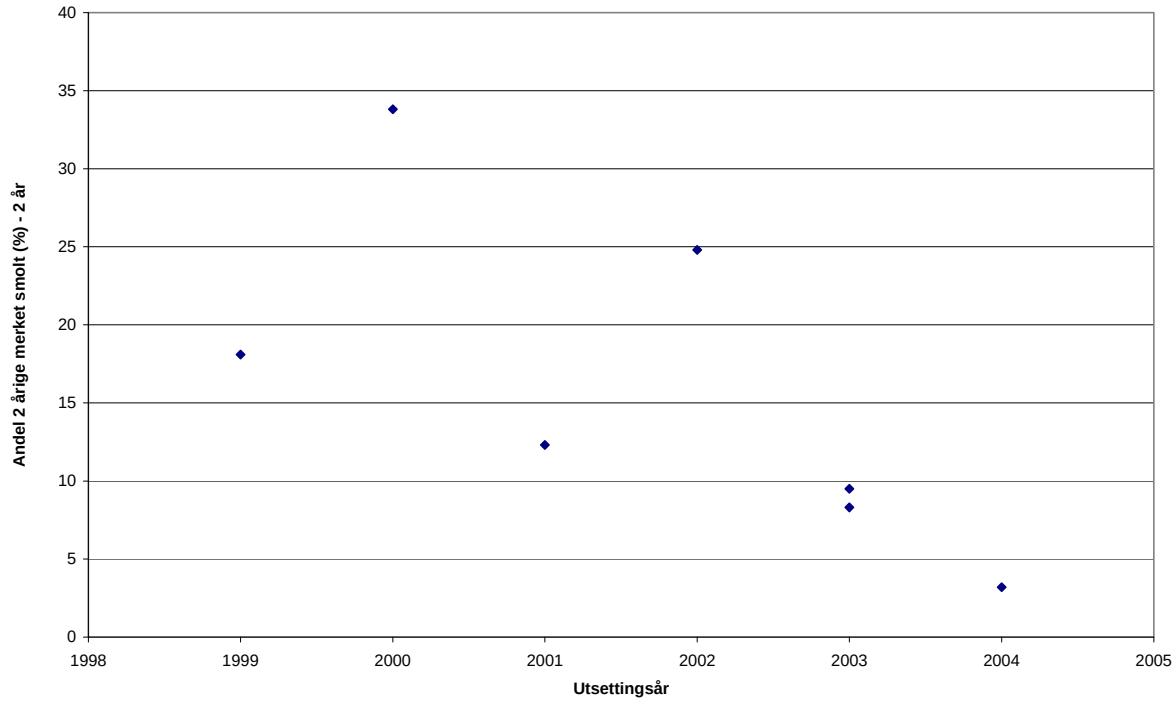
Tabell 5.5b*. Antall ensomrige laksunger satt ut på ulike delstrekninger og strekninger i Mandalselva i perioden 2001-2003.*

Delstrekning	Strekning	2001	2002	2003
Terskel 1 – Klevelandsbrua	Nedre 325 m mot Terskel 1	0	10.916	0
	Øvre 625 m mot Klevelandsbrua	12.979	0	11.707
Sanøy – Trygsland	Hesså – Trygsland	22.206	0	19.687
	Risesteinen – Toppøynå	0	77.048	0
	Sanøy – Risesteinen	33.312	0	34.474
Grasholmen – Bjelland kraftverk		46.394	33.663	19.296*

*All fisk ble satt ut langs vestsiden av elva.

***Tabell 5.5c**. Antall ensomrige laksunger satt ut på ulike delstrekninger i Mandalselva i 2004 og 2005*

År	Strekning	Mandal	Bjerkreim	Totalt
2004	Roland	1.500	1.500	3.000
	Kosåna	7.500	7.500	15.000
	Bjelland	28.000	23.000	51.000
	Terskel	6.000	6.000	12.000
	Kleveland	5.000	5.000	10.000
2005	Roland	1.500	1.500	3.000
	Kosåna	7.560	7.560	15.120
	Terskel	5.916	3.379	9.295



***Figur 5.9**. Andeler av merket 2 årig smolt satt ut 2 år tidligere som ensomrige laksunger (For eksempel ble yngelen som ble satt ut i 1999 gjenfanget som smolt i 2001). Andelen etter utsettingene i 2004 av Bjerkreim- og Mandalsstamme er gjennomsnittet av de to gruppene.*

Etter utsettingene i 2002 har tilslaget av utsatt sommergammel yngel avtatt. Nedgangen kan skyldes at gytebestanden av laks har blitt stor og at naturlig rekruttert fisk er i ferd med å fylle opp elva. Derved kan det oppstå større konkurranse mellom utsatte- og naturlig produserte laksunger, som kan føre til tetthetsavhengig dødelighet.

Tabell 5.6a. *Antall utsatte ensomrige laksunger, antall og andel gjenfangster i smoltfelle to og tre år etter utsetting.*
**klippet fettfinne og høyre bukfinne,*
*** klippet fettfinne og venstre bukfinne*

Utsettingsår (Sted og fangstår) og stamme	Antall laksunger satt ut ovenfor fangststedet	Antall to årige smolt, utsettings år + 2	Andel merk av to årige smolt %	Antall tre årige smolt, utsettings år +3	Andel merk av tre årige smolt %	Totalt
1998 (Finså 2001)	33777	-		43 (17 merket)	39,5	
1999 (Finså 2001+2002)	63993	94 (17 merket)	18,1	58 (7 merket)	12,1	(17+7/94 +58)*100 =15,8
2000 (Finså 2002+2003)	128046	68 (23 merket)	33,8	20 (3 merket)	15,0	29,5
2001 (Finså 2003)	114891	73 (9 merket)	12,3			8,2
2001 (Hesså 2004)	101912			37 (0 merket)	0	
2002 (Hesså 2004+2005)	110711	93 (23 merket)	24,7	25 (1 merket)	(4)	20,3
2003 (Hesså 2005+2006)	73457	42 (4 merket)	9,5	64 (1 merket)	-	4,8
2002 (Møll 2005)	121627	-		172 (1 merket)	-	-
2003 (Møll 2005)	85164	96 (8 merket)	8,3	-	-	
2004 (Hesså 2006) Mandal	37000 ffhb*	562 (10 merket)	1,8			
2004 (Hesså 2006)Bjerkreim	32000 ffvb**	562 (26 merketet)	4,6			

***Tabell 5.6b**. Antall utsatte laksunger og standardisert antall gjenfangster av to årige smolt fra de samme utsettingene.*

Utsettings år	Stamme	Antall utsatte laksunger	Gjenfangst av toårige merket smolt	Standardisert gjenfangst av toårig smolt
1999		63993	17	26,5
2000		128046	23	17,9
2001		114891	9	7,8
2002		110711	23	20,7
2003		73457	4*	5,4
2003		85164	8**	9,4
2004	Mandal	37000	10	27,0
2004	Bjerkreim	32000	26	81,3

* Fangst Hesså
** Fangst Møll

Til sammen ble det fanget 40 toårige smolt hvor hhv 26, 10 og 4 var fra utsettingene av Bjerkreim-, Mandals- og ubestemt stamme. Det var signifikant flere smolt fra utsettingene av sommergammel Bjerkreim stamme i forhold til settefisk av Mandalstamme ($\chi^2 = 9,7$, p=0,002).

5.2.3.3 Lengde- og alders-sammensetning

Laksesmolten besto hovedsakelig av fisk som var to og tre år gammel (**tabell 5.7**), med innslag av ett og fireåringer. Gjennomsnittlig smoltlengde varierte mellom 129 og 133 mm i perioden 2001 til 2006. Auresmolten besto av to og treårige individer (**tabell 5.8**). Gjennomsnittlig smoltalder var noe høyere enn for laksesmolt. Auresmolten var også vesentlig større enn laksesmolten. I 2006 ble auresmolten satt ut etter registrering, og det ble derfor ikke tatt prøver av denne fisken.

***Tabell 5.7**. Smoltalder (år) og gjennomsnittlig smoltalder og smoltlengde ± SD hos utvandrende laksesmolt i Mandalselva i perioden 2001-2006.*

År	Smoltalder				Gjennomsnittlig smoltalder	Gjennomsnittlig smoltlengde (mm)
	1	2	3	4		
2001	0	43	1	0	2,3±0,1	129±2
2002	0	68	58	6	2,6±0,1	132±2
2003	2	73	20	1	2,2±0,1	130±3
2004	0	93	37	0	2,3±0,5	129±11
2005	0	142	198	8	2,6±0,5	133±12
2006	0	110	63	4	2,4±0,5	132±13

***Tabell 5.8**. Smoltalder (år) og gjennomsnittlig smoltalder og smoltlengde ± standard avvik hos utvandrende aure i Mandalselva i perioden 2001-2005.*

Aure	Smoltalder i år			Gjennomsnittlig smoltalder	Gjennomsnittlig smoltlengde (mm)
	2	3	4		
2001	9	5	1	2,5±0,3	155±13
2002	2	17	0	2,8±0,2	162±7
2003	10	13	0	2,6±0,2	178±8
2005	79	30	0	2,3±0,5	146±18

5.2.3.4 Utvikling av smoltmodell

Modelleringen er basert på data om daglig antall smolt, vannføring, vanntemperatur, endringer i vannføring og vanntemperatur fra forrige dag. Dager uten fangstinnsats ble utelatt fra materialet. Døgnet som miljødataene ble hentet fra var døgnet da smoltfella ble åpnet, siden dette best vil beskrive forholdene under og like før smolten vandret ut. Det er ikke påvist effekter av forsuringsrelatert vannkjemi på tidspunktet for utvandring, selv om det ble påvist effekter på vekst, saltvannstoleranse og marin overlevelse (Kroglund & Finstad 2001).

Smoltutvandringen ble modellert med generaliserte lineære modeller (GLM) (Poisson log-linære modeller) (McCullagh & Nelder 1989). Den avhengige variabelen var antall smolt som vandret ut på de ulike dagene. Selve testene ble utført i programpakken R (versjon 1.6.2). I modelleringen ble det antatt at antall smolt som ble fanget i løpet av sesongen representerte hele utvandringen, og antall smolt igjen på elva delt på antall dager som er igjen av utvandringsperioden, ble brukt som en "offset" i modellen. Dette vil si at antallet som kan vandre ut i følge modellen er avhengig av antall smolt som er tilgjengelig for utvandring. Slik tar modellen hensyn til at gode forhold for utvandring som oppstår når det er få smolt igjen ikke kan resultere i store utvandringer. Valget mellom ulike modeller ble gjort ved Akaikes Informasjons Kriterium (AIC) (Akaike 1974).

Vi endte opp med følgende generaliserte lineære modell:

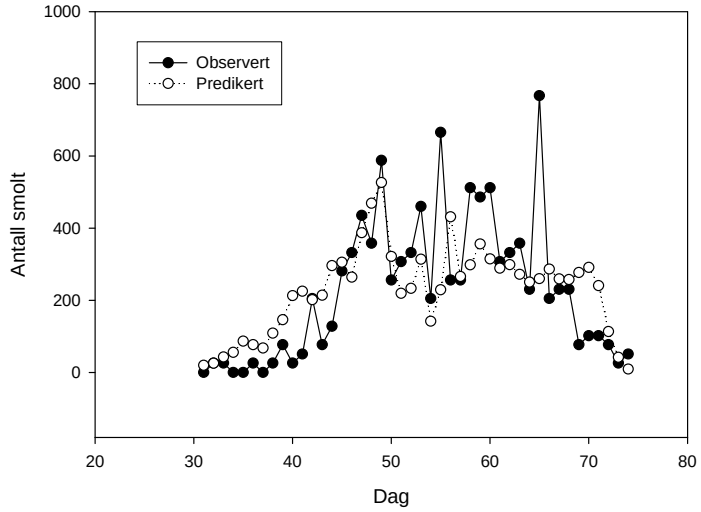
ln(Forventet antall utvandrende smolt) = $ß_1$*(Endring i vannføring) + $ß_2$*ln (Vanntemperatur) + $ß_3$*(Vanntemperatur) + $ß_4$* ln(Antall gjenværende smolt+1) + $ß_5$* ln(Vannføring) + konstant.

Smoltutvandringen var positivt korrelert (økte med) med endringer i vannføring forrige dag, positivt korrelert med vanntemperatur, og negativt korrelert med antall smolt igjen og vannføring (**tabell 5.9**). De viktigste forklaringsvariablene i modellen var endring i vannføring, vanntemperatur og antall smolt igjen. Modellen beskriver smoltutvandringen relativt godt (**figur 5.10**). Vi har her benyttet modellen basert på alle år for å beregne smoltutvandringen. **Figur 5.6** kan derfor bare betraktes som hvor godt modellen beskriver dataene, og ikke som en "test" av generaliteten til modellen.

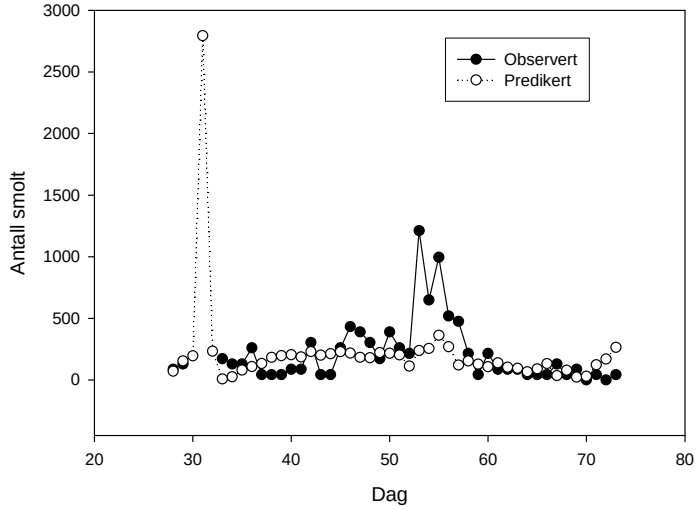
Tabell 5.9. *Parameterestimater og standardavvik i GLM analysen for utvandringsdata for smolt i Mandalselva fra 2001-2006. Z-verdien blir brukt for å teste nullhypotesen, at parametereffekten er null. Små p-verdier (dvs. store z-verdier) indikerer at parameterverdien er forskjellig fra null. AIC = 40067.*

Faktorer og kovariater	Parameter estimat	SD	Z	P
Konstant	-7,27	0,15	-47,09	<0,001
Kovariater				
Endring i vannføring fra forrige dag	0,028	0,0002	115,54	<0,001
Ln(Vanntemperatur)	9,32	0,15	61,43	<0,001
Vanntemperatur	-1,11	0,02	-54,88	<0,001
Ln(Antall smolt igjen+1)	-0,21	0,006	-36,65	<0,001
Ln(Vannføring)	-0,27	0,009	-30,43	<0,001

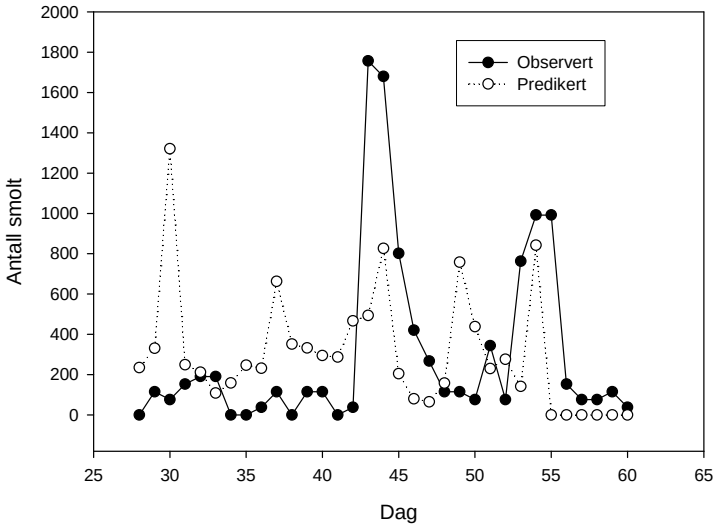
2001



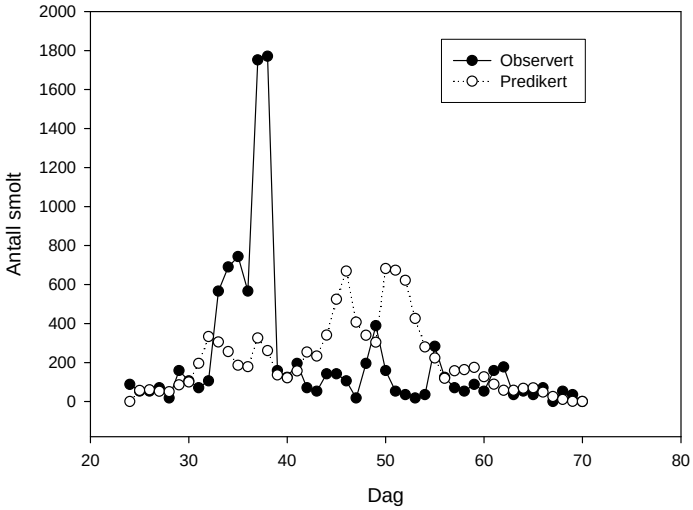
2002

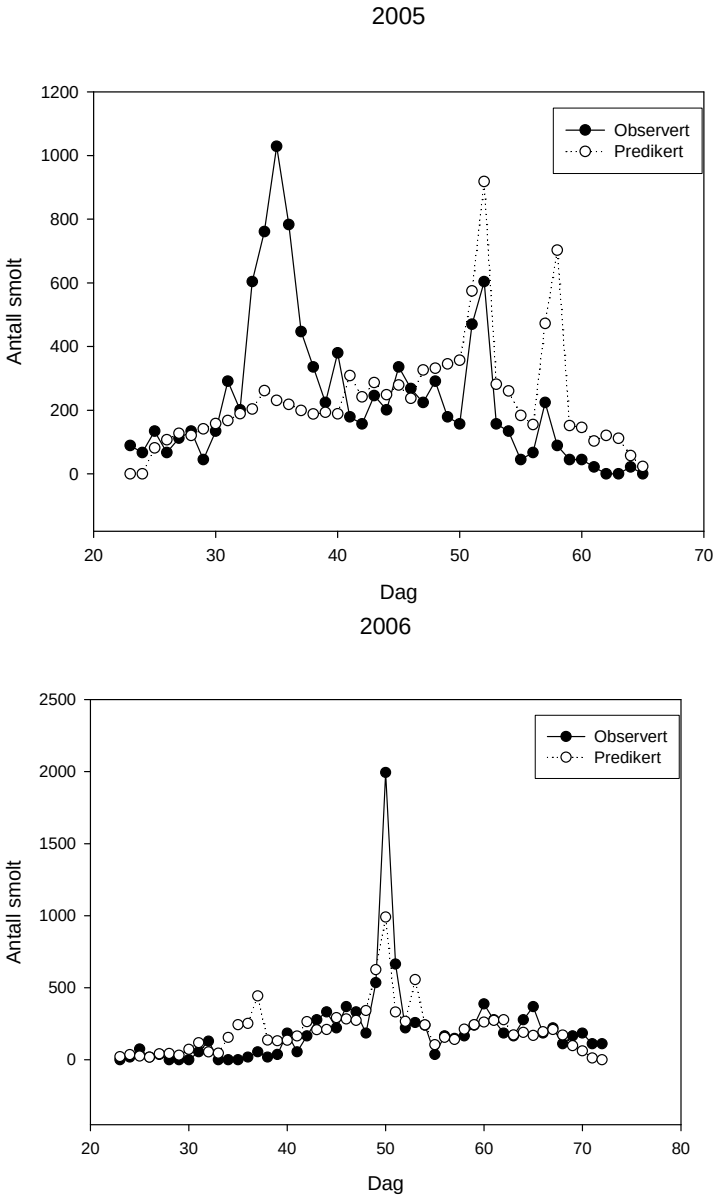


2003


Observert
Predikert
Antall smolt
Dag
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
25
30
35
40
45
50
55
60
65

2004


Observert
Predikert
Antall smolt
Dag
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
20
30
40
50
60
70
80



***Figur 5.10**. Samlet fangst av villsmolt og smolt som var fettfinneklippet og utsatt som ensomrig yngel, samt beregnet antall smolt fra modellen for årene 2001-2006 i Mandalselva. Dag 1 er 01.04. Utvandringen er predikert fra modell tilpasset fra de fem andre årene.*

5.2.4 Litteratur

Akaike, H. 1974. A new look at statistical model identification. - IEEE Transactions on Automatic Control 19: 716-723.

Hvidsten, N.A., Kroglund, F., Holst, J.Chr. & Johnsen, B.O. 2002. Undersøkelser av smoltøkologi i Mandalselva. - NINA Oppdragsmelding 730. 23 s.

Hvidsten, N.A. & Lamberg, A. 2003. Telling av laks i Mandalselva med undervannsvideoovervåking som kontroll. I Laksen tilbake i kalkede Sørlandselver-Reetableringsprosjektet 1997-2002. – Direktoratet for naturforvaltning, Utredning 2003-5: 94-96.

Kroglund, F. & Finstad, B. 2001. Effekter av ulik vannkvalitet på fysiologisk respons, vekst, vandring og marin overlevelse hos stammer av atlantisk laks. –NIVA Rapport 4381. 45 s.

McCullagh, P. & Nelder, J.A. 1989. Generalized linear models. - Chapman & Hall. London.

Ruggles, C.P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. - Can. Tech Rep. Fish. Aquat. Sci. No 952. 39 s.

Uglem, I., Økland, F., Forseth, T., Diserud, O., Fiske, P., Thorstad, E.B., Hvidsten, N.A. & Berger, H. M. 2004. Smoltutvandring forbi Laudal kraftverk i Mandalselva. - NINA Rapport 13: 1-31.

Wagner, H.H. 1974. Photoperiod and temperature regulation of smolting in steelhead trout (*Salmo gairdneri* L.). - Can. J. Zool. 52: 575-586.

5.3 Smoltkvalitet i Mandalselva, Tovdalselva, Nidelva og Storelva våren 2006.

F. Kroglund (NIVA), B.Barlaup (UiB), H.C.Teien (UMB) og S.Stefansson (UiB)

Sammendrag

Smoltkvalitet i Mandalselva er vurdert årlig siden 1999. Tovdalselva, Otra og Nidelva er undersøkt enkelte av årene. Fiskens blodfysiologiske tilstand i ferskvann har i hovedsak vært tilfredsstillende i alle elvene etter at kalking ble igangsatt, selv om det årlig påvises noe variasjon i helsetilstanden til laks innenfor og mellom vassdrag. Denne variasjonen kan til en viss grad relateres til forskjeller i Al-konsentrasjon på gjellene til fisken om våren. Variasjon i gjelle-Al tyder på at konsentrasjonen av gjelle-reaktivt Al varierer innenfor og mellom vassdrag. Gjelle-Al har helseskadelige effekter ved å påvirke vekst samt saltvannstoleranse hos utvandrende laksesmolt. Redusert saltvannstoleranse kan innebære redusert overlevelse fra postsmolt til voksen laks.

Det måles høyere gjelle-Al konsentrasjoner ved Møll nederst i Mandalselva enn ved Hesså, øverst i elva. Konsentrasjonene har normalt vært høyere i Tovdalselva enn i Mandalselva. Dette tyder på at dagens kalkingsstrategi ikke avgifter giftig Al (labilt Al) som tilføres vassdraget. I de ukalka nabovassdragene Otra og Nidelva (Nidelva er kalket fra høsten 2005) måles det høyere gjelle-Al konsentrasjoner enn i de kalka elvene i april, men konsentrasjonene i mai kan være innenfor samme nivå. Dette tyder enten på endringer i reaktivitet til Al gjennom sesongen eller på at konsentrasjonen av labilt Al (LAl) avtar gjennom våren. Gjelle-resultatene må sammenstilles med vannkjemi for å avklare dette. Dersom disse observasjonene er allmenngyldige, kan dette innebære at det i dag er riktig å revidere kalkingsstrategiene og senke pH-målene i løpet av mai. Dette

må ikke iverksettes før det foreligger mer dokumentasjon fra ukalka vassdrag og fra ukalka deler av de kalka elvene.

Gjelle-Al nivåene våren 2006 var lave og lavere enn det som er målt i tidligere år. Nivåene i 2006 var på nivå hvor det ikke forventes vesentlige effekter på postsmoltens overlevelse. Analyse av gjelle Na^+K^+-ATPase antyder at smolten hadde normale sjøvannsegenskaper, selv om det her ble påvist en vest-øst gradient hvor smolt fra Storelva i Holdt hadde dårlige reguleringsevner enn fisk fra vassdragene lengre vest. Fravær av forskjeller i gjelle-Al mellom Møll og Hesså i Mandalselva kan skyldes økning i pH-mål fra pH 6,2 til 6,4 i 2006. Det er tidligere vist at Al avgiftes raskere og mer fullstendig ved pH 6,4 enn ved pH 6,2.

5.3.1 Innledning

Tovdalselva og Mandalselva har vært kalket siden henholdsvis 1996 og 1997. pH-målet for kalkingen ble opprinnelig satt til pH 6,2 for smoltperioden i disse elvene, i motsetning til pH 6,4 som benyttes som mål-pH i andre vassdrag. Denne reduksjonen i mål-pH var til dels motivert ut fra forsøk utført i Logåna i 1997 og 1998 (Kroglund m.fl. 1999; Kroglund, 2003 og Kroglund & Teien, 2003) som igjen var inspirert av resultat oppnådd i Audna tidlig på 1990-tallet (Kroglund m.fl., 1993). Forsøkene viste at samme konsentrasjon labilt-Al (målt som Ali) var mer gjelle-reaktiv i humusfattige vanntyper enn i humusrike vanntyper (Kroglund m.fl., 2000; Teien m.fl., 2006). Dette ble begrunnet med at en viss mengde av Al analysert som LAl i humusholdig vann ikke er biotilgjengelig og er dermed ikke en del av den giftige "dosen" som belaster fisken (Lydersen m.fl., 1987; Teien m.fl., 2007). Ut fra dette ble det forventet at pH-målet kunne senkes i vann med "høyt" humusinnhold. Dette rådet ble gitt med forbehold. I forsøkene utført i Logåna ble det konkludert med at pH 6,2 var tilfredsstillende basert på akkumulering av Al på gjellene, samt "fraværet" av blodfysiologisk responser i ferskvann, men at pH 6,4 syntes nødvendig basert på vevsforandringer på gjellene og utvikling i saltvannstoleranse. Det ble i alle undersøkelsene påpekt at den økologiske effekten av et redusert pH-mål måtte valideres ved å studere helsetilstanden til stedegen laks i vassdrag med redusert pH-mål. Datainnsamlingen for et slikt valideringsprogram er utført årlig siden 1999 i Mandalselva og i enkelte år i Tovdalselva. Liknende studier er utført i Otra, Nidelva, Songdalselva og i Storelva i Holt. I starten ble undersøkelsene utført på anleggsprodusert smolt eksponert i bur, supplert med analyser av villfanget stedegen smolt. I disse undersøkelsene ble det påvist høyere gjelle-Al konsentrasjoner nederst i Mandalseva enn høyere oppe i vassdraget (Kroglund m.fl., 1999; 2001; Kroglund, 2003). De senere årene er undersøkelsene kun basert på utvandrende villsmolt fanget i fangstfeller. Dette siste tillater ikke vurdering av variasjon i vannkvalitet innen vassdraget, men gir et mål for vannkvaliteten den utvandrende smolten har vært eksponert for. Konklusjonene fra elveundersøkelsene var at pH-målet burde økes for på denne måte å redusere konsentrasjonen av biotilgjengelig Al (Kroglund m.fl., 2006). pH-målet for både Mandaslelva og Tovdalselva ble økt til pH 6,4 forut for smoltperioden 2006. Vannkvaliteten i årets undersøkelse avviker således fra de tidligere årene.

5.3.2 Metode og evaluerings-kriterier

Våren 2006 ble det i perioden mai til juni tatt gjelleprøver av utvandrende smolt fanget i feller i Mandalselva v/Hesså (øvre del av vassdraget) samt i Tovdalselva og i Storelva. Ettersom det ikke ble utplassert noen fangstfelle ved Møll i Mandalselva ble det her utplassert smolt fra Finså klekkeri i et eksponeringsbur.

I Nidelva ble det eksponert fisk på tre stasjoner i bur. Denne fisken kom også fra Finså klekkeri. I Nidelva ble fisk eksponert

ved Bøylefoss (oppstrøms doserer kalking), Eivindstad og Helle (begge i vann påvirket av dosereren). Dosereren ved Bøylefoss var ikke satt i drift våren 2005, men doserte kalk våren 2006. Disse to årene representerer således forskjellig vannkjemi.

I Storelva ble stedegen smolt eksponert i bur samt at det ble tatt prøver av utvandrende smolt fanget i en fangstfelle. Data fra 2005 er her utelatt da fella dette året sto i 4 ppt brakkvann.

Analyseprogrammet i 2006 var som i 2005. Det ble tatt prøver for bestemmelse av gjelle-Al og gjelle Na^+K^+-ATPase (µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}).

Prøvetakingsfrekvens fremkommer i figurene. Prøvetakingsprotokoll og analysemetoder er i henhold til standard rutiner (Teien, 2005; Kroglund m.fl., 2006). I vurderingene er gjelle-Al konsentrasjoner <30 µg Al/g gjelle tv (målt på utvandrende smolt) betraktet som indikasjon på en smolt som har tilfredsstillende hypoosmotisk kapasitet. Når konsentrasjonen overstiger dette nivået forventes det økt sannsynlighet for redusert postsmolt overlevelse. Basert på forsøk gir 50 µg Al/g gjelle tv en reduksjon i postsmoltoverlevelse på ca 50% (Kroglund m.fl., 2007ab). Dette nivået betraktes derfor som uakseptabelt høyt.

For Na^+K^+-ATPase, betraktes verdier lavere enn 2 µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1} som indikasjon på fravær av smoltifisering og verdier mellom 2 og 5 µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1} som akseptable for en tidlig presmolt. Konsentrasjoner mellom 5 og 10 µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1} antyder enn begynnende smoltifisering, mens fullverdig smolt bør ha verdier omkring 15 µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}. Det er ikke her mulig å skille lave verdier som skyldes ufullstendig smoltifisering fra inhibering av aktivitet som følge av belastning(er). Det forventes økende Na^+K^+-ATPase verdier fra april og ut mai, mens aktiviteter deretter kan avta som følge av desmoltifisering, eller at smolt vandret utenfor sitt optimale smoltvindu (McCormick, 1998).

	Gjelle-Al, µg/g	Na^+K^+ATPase
Svært god	0-15	>12
God	15-30	7-12
Moderat	30-60	5-7
Dårlig	60-150	3-5
Svært dårlig	>150	<3

Klassifiseringskriterier for gjelle-Al (µg Al/g gjelle tv) og Na^+K^+-ATPase (µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1})

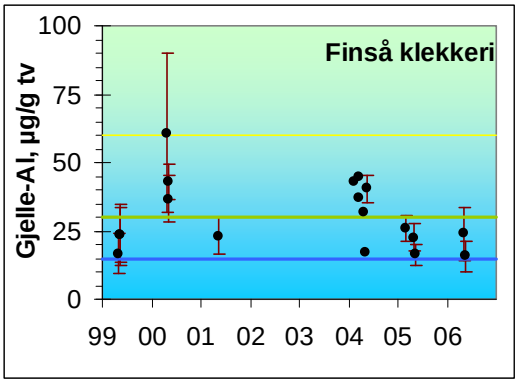
5.3.3 Vassdragsvise resultat og diskusjon

5.3.3.1 Mandalselva

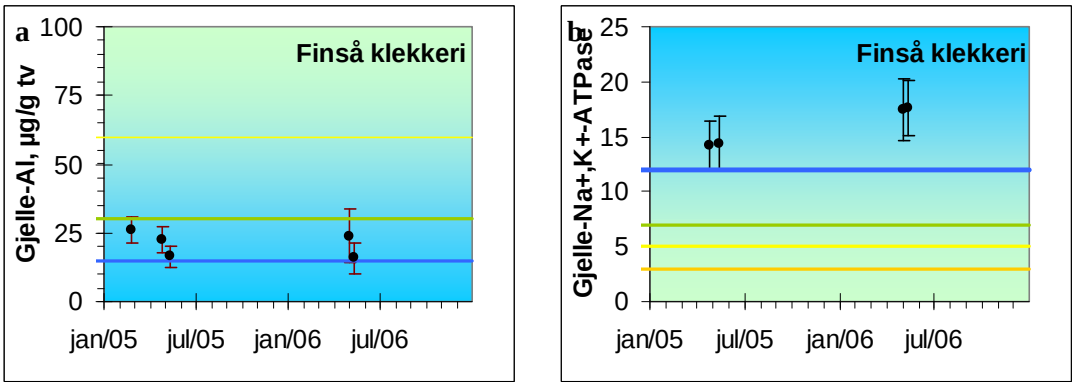
Finså klekkeri

Smoltkvalitet ved Finså klekkeri er undersøkt regelmessig siden 1999 (**figur 5.11**). Med unntak av i 2000 og 2004 har gjelle-Al konsentrasjonen alltid vært lavere enn 25 µg Al/g gjelle tv. Basert på gjelle-Al konsentrasjon kan det ikke utelukkes at smoltkvalitet og dermed også overlevelse i sjøvann var forringet disse to årene. De andre årene er gjelle-Al konsentrasjonen såpass lav at det ikke forventes redusert sjøoverlevelse som følge av aluminiums-belastning på anlegget. Fisken kan likevel belastes etter utsetting. Gjelle-Al nivåene må inkluderes som en variabel ved tolkning av gjenfangster fra utsettingsforsøk utført i dette vassdraget.

Gjelle-Al og gjelle-Na^+K^+-ATPase for 2005 og 2006 antyder tilfredsstillende smoltkvalitet ved klekkeriet (**figur 5.12**). Mens gjelle-Al nivået var lavt, var ATP verdiene høye begge årene, og på nivå som antyder god saltreguleringsevne. Basert på dette materialet forventes det at smolt fra Finså klekkeri hadde en god smoltkvalitet på prøvetakingstidspunktet (tidlig i mai).



Figur 5.11. *År til år variasjon i gjelle-Al (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt fra Finså klekkeri. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk. Strekene representerer 1. standard avvik.*



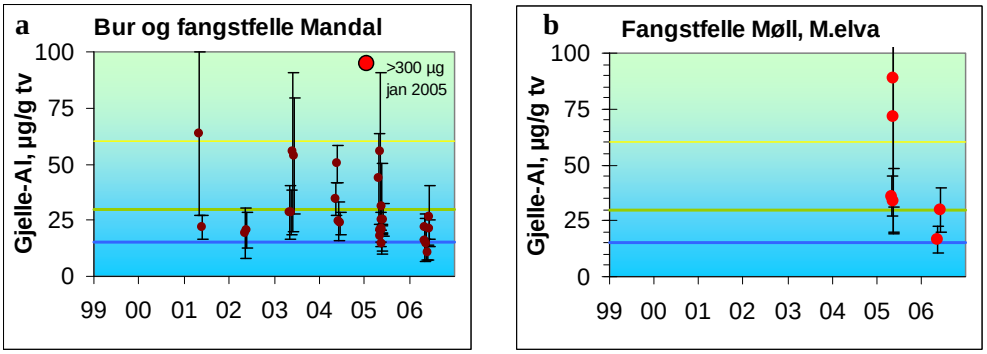
Figur 5.12. a) *Gjelle-Al konsentrasjoner (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt fra Finså klekkeri i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk. Strekene representerer 1. standard avvik.* ***b)*** *Gjelle Na^+K^+-ATPase (µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}) konsentrasjonen målt på smolt fra Finså klekkeri i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 10-15 fisk. Strekene representerer 1. standard avvik.*

Bur og fellefangst

Det er målt varierende gjelle-Al konsentrasjoner i prøver tatt av smolt fanget i smoltfella utplassert ved Finså (fram til 2003) og ved Hessså (fra 2004). Med unntak av i 2002 og 2006 er det årlig målt snitt-verdier mellom 25 og 60 µg Al/g gjelle tv (**figur 5.13 a,b**). Dette er nivå hvor sjøoverlevelse til smolt kan reduseres. I 2002 og 2006 var gjelle-Al nivået lavt og på nivå hvor effekter på sjøoverlevelse er mindre sannsynlig.

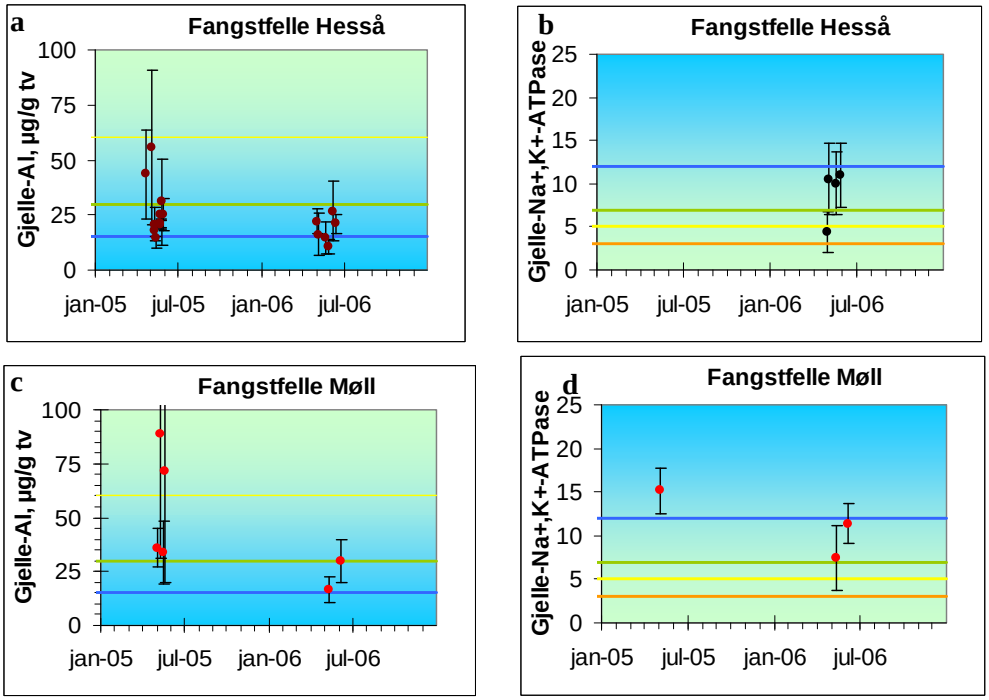
Det ble i de første års-rapportene til reetableringsprosjektet påpekt at gjelle-Al konsentrasjonene målt på smolt eksponert i bur nederst i vassdraget, kunne være høyere enn på smolt høyt oppe i vassdraget. Dette ble også påvist i fellefangstene i 2005, men ikke i 2006. Dette kan tyde på at økningen av pH-målet fra 6,2 til 6,4 hadde en effekt på smoltkvalitet.

I januar 2005 ble det målt meget høye gjelle-Al verdier i Mandalselva oppstrøms samløpet med Logåna. Denne høye verdien skyldes sjøsaltepisoden uken forut for prøvetakingen (Kroglund m.fl., 2007c). I hvilken grad denne høye verdien påvirket smoltkvalitet om våren er imidlertid mer usikkert.



Figur 5.13. a) *År til år variasjon i gjelle-Al (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt fanget i fangstfeller utplassert i Mandalselva ved henholdsvis a) ved Finså klekkeri til 2003 og ved Hesså fra 2004 og* ***b)*** *Møll (felle i 2005, bur i 2006). Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk. Horisontale strek representerer 1. standard avvik.*

Gjelle-Al og gjelle-Na^+K^+-ATPase ble målt både i 2005 (kun 4. mai) og i 2006 ved Møll, men kun i 2006 ved Hesså (**figur 5.14a-d**). ATP-verdiene var høye og på nivå som antyder god saltreguleringsevne begge årene. I 2006 var gjelle-Al lav på begge stasjonene i Mandalselva. Det forventes derfor ingen inhibering av ATP aktivitet dette året. I 2005 ble prøvene for ATP fra Møll tatt 4. mai eller uken forut for de "høye" gjelle-Al nivåene. Det er uklart hva som er årsaken til økningen i gjelle-Al utover våren 2005, likeså om denne økningen reduserte aktiviteten til ATPase.

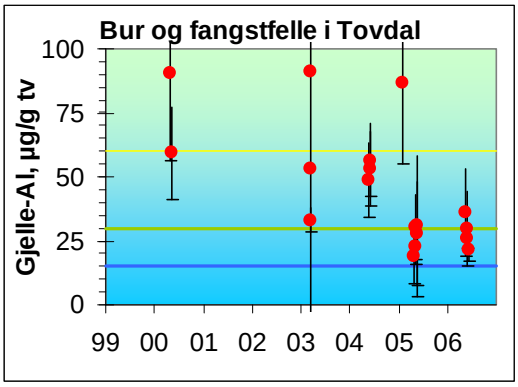


Figur 5.14. a, c) *Gjelle-Al konsentrasjoner (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt ved Hesså og Møll i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk;* ***b, d)*** *Gjelle Na^+K^+-ATPase (µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}) konsentrasjonen målt på smolt ved Hesså og Møll i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 10-15 fisk. Horisontale strek representerer 1. standard avvik.*

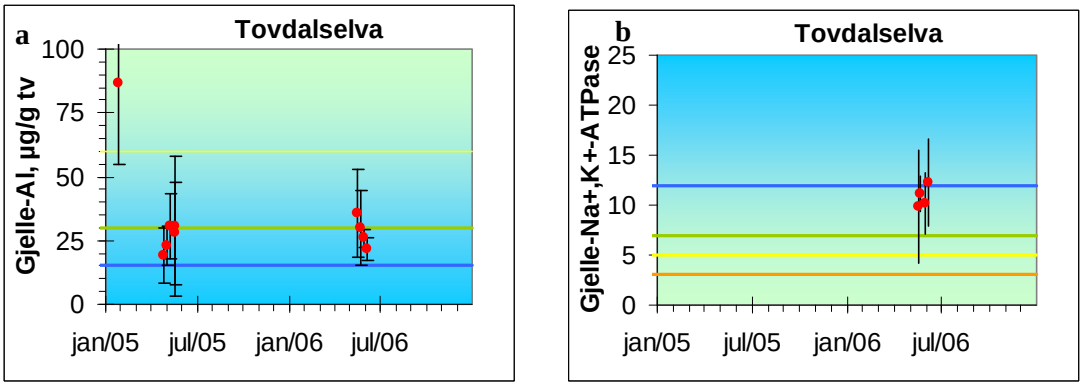
5.3.3.2 Tovdalselva

I Tovdalselva er materialet basert på villfisk innfanget med el-fiske i 2000 til 2004, mens det i 2005 og 2006 er innsamlet prøver fra utvandrende smolt fanget i smoltfeller. De første årene var det vanlig å påvise til dels høye gjelle-Al konsentrasjoner, og det ble kun unntaksmessig målt verdier <50 µg Al/g gjelle tv (**figur 5.15**). I 2005 og 2006 var nivåene betydelig lavere enn årene forut, og verdier <30 µg Al/g gjelle tv var vanlige (**figur 5.16**). Dette antyder at vannkvaliteten de to siste årene har vært bedre enn årene forut. Gjelle Na^+K^+-ATPase er kun målt i 2006. Verdiene var på et nivå som antyder tilfredsstillende til god smoltkvalitet (**figur 5.16**).

Sjøsaltepisoden som berørte Mandalselva i 2005 hadde liten innvirkning i Tovdalselva. Det ble i januar dette året målt < 85 µg Al/g gjelle tv hos laksunger i motsetning til 300 µg Al/g gjelle tv i Mandalselva. Denne forskjellen tilskrives forskjeller i sjøsalt-belastning (Kroglund, m.fl., 2007c).



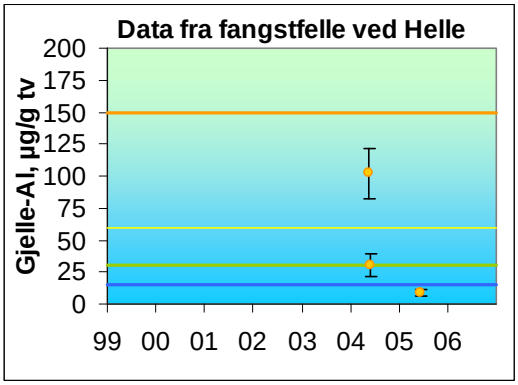
Figur 5.15. *År til år variasjon i gjelle-Al (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt fanget i Tovdalselva. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk. Strekene representerer 1. standard avvik.*



Figur 5.16. ***a)*** *gjelle-Al konsentrasjoner (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt i Tovdalselva i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk;* ***b)*** *Gjelle Na^+K^+-ATPase (µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}) konsentrasjonen målt på smolt i Tovdalselva i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 10-15 fisk. Horisontale strek representerer 1. standard avvik.*

5.3.3.3 Nidelva

I 2004 og 2005 ble det fanget noen få villsmolt i en fangstfelle utplassert ved Helle nederst i Nidelva (**figur 5.17**). I 2004 varierte gjelle-Al her fra 30 til 100 µg Al/g tv, mens den ene gruppen målt i 2005 hadde verdier <15 µg Al/g tv. Dette antyder at belastningen av Al i Nidelva kan være lav i perioder og at smolt produsert i Nidelva hadde tilfredsstillende smoltkvalitet også før kalkingen startet.



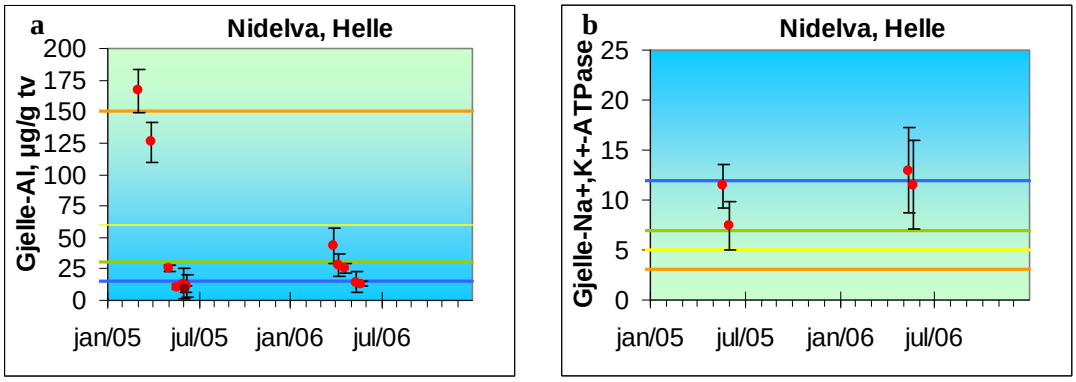
Figur 5.17. *År til år variasjon i gjelle-Al (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt fanget i fangstfelle ved Helle, Nidelva. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk. Strekene representerer 1. standard avvik.*

I 2005 og 2006 ble det eksponert smolt (levert fra Finså klekkeri) i bur ved Bøylefoss (kun i 2006) og ved Eivindstad og Helle. De to siste stasjonene var plassert nedstrøms kalkdosereren ved Bøylefoss. Ved Helle hadde denne fisken gjelle-Al verdier >150 µg Al/g gjelle tv i mars 2005 (**figur 5.18**). Fisk eksponert fra midten av april og ut mai hadde verdier < 30 µg Al/g gjelle tv. Dette avtaket i gjelle-Al utover våren tyder på endringer i Al-belastning. Smolt eksponert i bur ved Helle i mai 2005 (før kalkingen startet) var i liten grad påvirket av Al. I 2006 var gjelle-Al nivåene også forhøyde tidlig i mars, men avtok til lave verdier i mai. Nivåene i mai var tilfredsstillende. Ut fra gjelle-Al er det ikke grunnlag for å konkludere med at Al påvirket smoltkvaliteten.

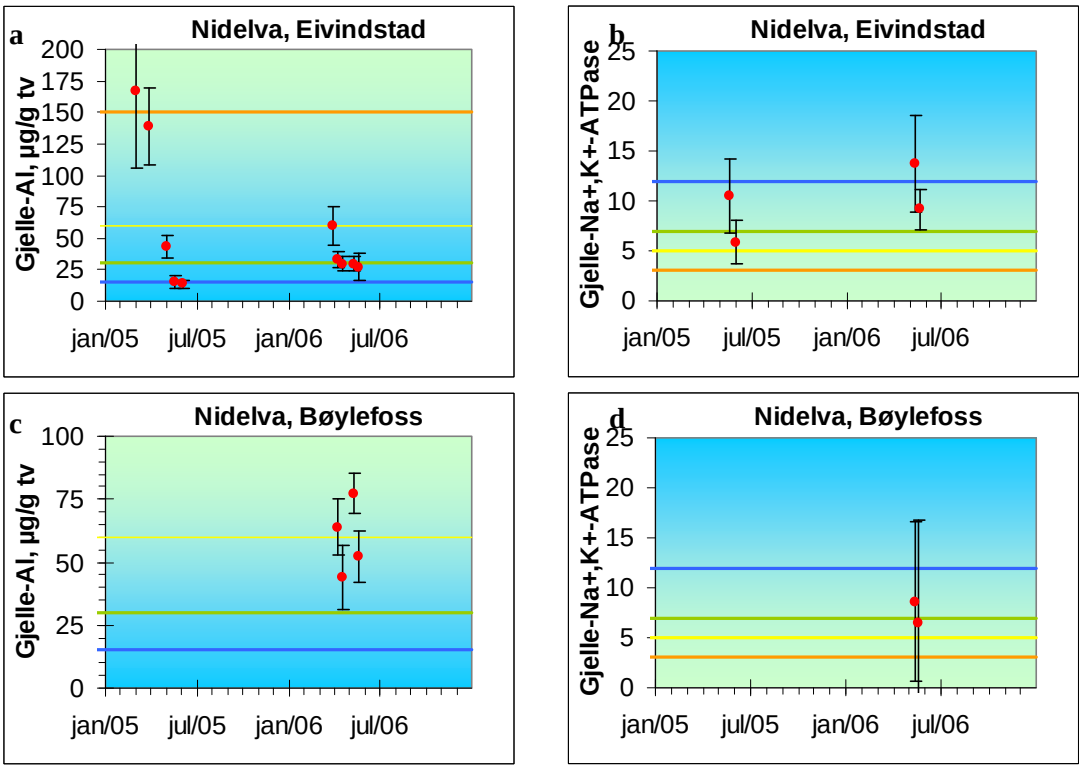
Det var kun små forskjeller i gjelle-Al nivå fra Helle til Eivindstad (**figur 5.18a & 5.19ac**). I 2006 var det likevel tendenser til at gjelle-Al var litt høyere ved Eivindstad enn ved Helle. Denne forskjellen tyder på at Al avgiftes bedre nederst i elva enn høyere oppe. Om dette skyldes tilførsler av ikke-belastende vann i sidebekker eller om dette skyldes økende avstand fra kalkdosereren og dermed økende grad av avgifting er ikke avklart. Uansett, gjelle-Al i mai måned antyder ikke tilstedeværelse av gjelle-reaktivt Al verken i 2005 (før kalking) eller i 2006 (etter kalking).

Gjelle-Al nivået hos fisk ved Bøylefoss var betydelig høyere enn i den kalka delen av elva i 2006, og betydelig høyere enn det som ble målt ved Helle og Eivindstad før kalkingen startet. Vanntilførslene mellom Bøylefoss og Eivindstad kan ikke forklare denne forbedringen i vannkvalitet (Kroglund m.fl. 2007). Denne endringen må derfor tilskrives kalkingen.

Gjelle-Na^+K^+ATPase aktiviteten var lavest ved Bøylefoss og høyest ved Helle (**figur 5.18b & 5.19bd**). Til tross for store forskjeller i gjelle-Al var smoltkvaliteten god til meget god på alle stasjonene. Den sterke inhiberingen av ATPase som påvises i forsøk (Kroglund m.fl., 2007ab), var ikke like tydelig i Nidelva.



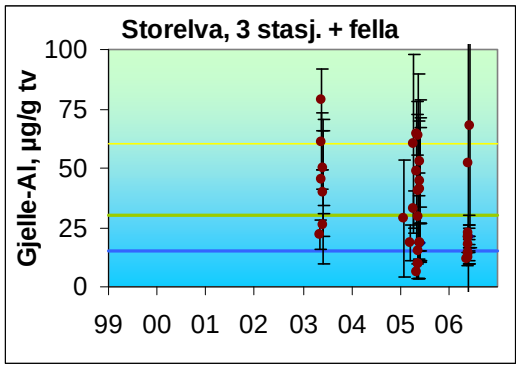
Figur 5.18. a) *Gjelle-Al konsentrasjoner (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt eksponert i bur ved Helle i Nidelva i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk;* ***b)*** *Gjelle Na^+K^+-ATPase (µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}) konsentrasjonen målt på smolt eksponert i bur ved Helle i Nidelva i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 10-15 fisk. Horisontale strek representerer 1. standard avvik.*



Figur 5.19. a,c) *Gjelle-Al konsentrasjoner (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt eksponert i bur ved Eivindstad (2005 og 2006) og Bøylefoss i Nidelva (kun 2006). Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk;* ***b,d)*** *Gjelle Na^+K^+-ATPase (µmol ADP•mg protein^{-1}•t^{-1}) konsentrasjonen målt på smolt eksponert i bur ved Eivindstad (2005 og 2006) og Bøylefoss i Nidelva (kun 2006). Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 10-15 fisk. Horisontale strek representerer 1. standard avvik.*

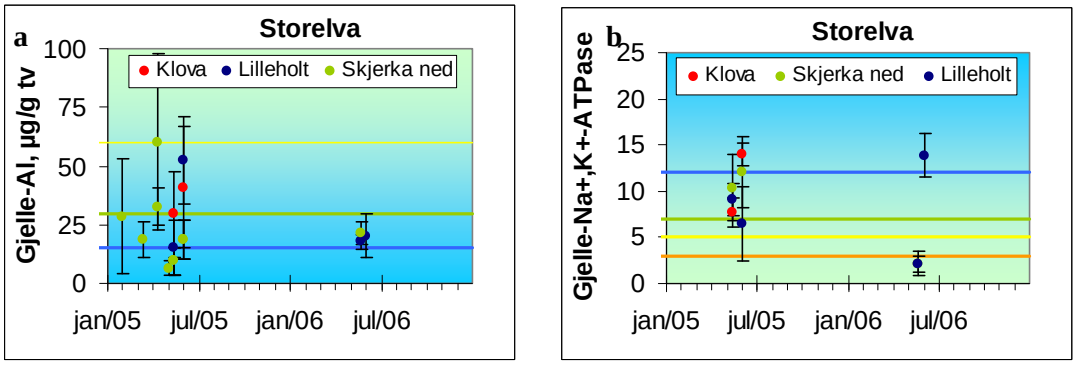
5.3.3.4 Storelva

Data fra Storelva er inkludert ettersom dette vassdraget ligger innenfor samme region som de andre elver som rapporteres til Reetableringsprosjektet. I Storelva ble det gjennomført et el-fiske i nedre deler i april/mai 2003, 2005 og i 2006. Dette el-fisket hadde som hensikt å skaffe fisk som kunne eksponeres i bur utplassert i elva, samt i Sandnesfjorden (Kroglund m.fl., 2007d). All data fra fisk prøvetatt i ferskvann er vist i **figur 5.20**. Det måles kun unntaksvis gjelle-Al verdier > 60 µg Al/g gjelle tv. De fleste fiskene har < µg 30 Al/g gjelle tv. De fleste "høye" målinger skyldes enkeltfisk, og er gjort i tilknytning til fellefangstene. Det er da ikke mulig å vite hvor denne fisken var før den ble fanget. Årsaken til de høy gjelle-Al verdiene er ikke avklart. Det kan skyldes partikler (enkelte sidegrener av vassdraget er turbid), men kan også h a sammenheng med forsuring uten at dette er vurdert som særlig sannsynlig (Kroglund m.fl., 2007d).



Figur 5.20. *År til år variasjon i gjelle-Al (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt fanget i fangstfelle i Storelva samt eksponert i bur. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk. Strekene representerer 1. standard avvik.*

De fleste årene er det eksponert fisk i bur på tre stasjoner innenfor vassdraget (**figur 5.21**). I disse bureksponeringene er det kun unntaksvis målt gjelle-Al verdier > 30 µg Al/g gjelle tv. Ut fra dette vurderes det som mest sannsynlig at det ikke er helseskadelig vannkvalitet for smolt i dette vassdraget.



Figur 5.21. ***a)*** *gjelle-Al konsentrasjoner (µg Al/g gjelle tv) målt på smolt ved Klova, Lilleholt og nedstrøms Skjerka i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 6 til 10 fisk;* ***b)*** *Gjelle Na+K+-ATPase (µmol ADP•mg protein-1•t-1) konsentrasjonen målt på smolt ved Klova, Lilleholt og nedstrøms Skjerka i 2005 og 2006. Hvert punkt representerer en snitt-verdi for 10-15 fisk. Horisontale strek representerer 1. standard avvik.*

5.3.4 Konklusjon

Gjelle-Al nivået hos smolt var lavt i Mandalselva, Tovdalselva, Nidelva og Storelva i 2006. Konsentrasjonene var lavere enn i tidligere år i Mandalselva. Dette kan være en respons på økning i mål-pH fra 6,2 til 6,4 i Mandalselva og Tovdalselva. Til tross for denne forbedringen i vannkvalitet var Na^+K^+ATPase-verdiene lavere i 2006 enn i 2005. Disse to årene var samtidig forskjellig med hensyn til temperatur og vannføring. Den kalde våren i 2006 har sannsynligvis medført en noe forsinket utvikling i enzymaktivitet hos smolt. Det er mindre sannsynlig at lav aktivitet skyldes reduksjon i gjelle-Al.

Det ble tidligere målt høyere gjelle-Al konsentrasjoner hos smolt ved Møll (nederst i Mandalselva) enn ved Hesså (øverst i elva) Dette tyder på at kalkingsstrategien ikke avgiftet Al som ble tilført vassdraget fra sure sidebekker. pH-målene som blant annet ble anbefalt i Kroglund m.fl. (1999), syntes ikke å gi tilstrekkelig avgifting av Al. Denne observasjonen er i samsvar med det som er rapportert tidligere (Kroglund m.fl., 2001; 2003). Et høyere pH-mål kunne bidra til å avgifte Al bedre og dermed øke postsmolt overlevelsen. Forskjellene mellom Møll og Hesså var små i 2006. Dette kan skyldes endringene i pH-mål. Andre årsaker må også vurderes, deriblant forskjeller i hydrologi og temperatur.

Smolten hadde i mai gjelle Na^+K^+-ATPase-verdier som var innenfor det som kan betraktes som normalt for smolt i alle elvene med unntak av Storelva. Her økte Na^+K^+-ATPase aktiviteten først i juni. Lav aktivitet kan ikke relateres til gjelle-Al. Storelva hadde i 2006 lav temperatur første halvdel av mai. Inntil data fra alle elvene er underkastet en helhetlig evaluering, trekkes det ikke konklusjoner i dette notatet.

5.3.5 Litteratur

Kroglund, F., Lydersen, E. & Rosseland, B.O. 1993. Endringer i aluminiumskjemi i blandsoner med kalket og surt vann - områder karakterisert av aluminiums ulikevekt og stor giftighet for fisk. I: TVLF og Naturens Tålegrense-seminar. Stjørdal. februar 1993, s. 45-47.

Kroglund, F., Teien, H.C., Lucassen, E., Håvardstun, J. Rosseland, B.O., Salbu, B. & Pettersen, M.N. 1999. Avgiftingsrater til aluminium i humusrike vannkvaliteter og effekter på fisk. I: Reetableringsprosjektet, Årsrapport 1998. Utredning for DN 1999-7:1-40.

Kroglund, F, Teien, H.C., Rosseland, B.O. & Salbu, B. 2000. Comparison of water quality requirement of Atlantic salmon in acid water differing in organic content. Poster på Sur nedbør konferanse, Japan, 2000.

Kroglund, F., Berger, H.M, Finstad, B., Johansen, M.B., Kaste, Ø., Rosseland, B.O. & Teien, H.C. 2001. Smoltkvalitet i Mandalsvassdraget, våren 1999. I: Hesthagen, T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 1999. DN-notat 2001-5.

Kroglund, F. 2003. Smoltkvalitet i Mandalsvassdraget. I: Haraldstad, Ø. & Hesthagen,T. (red): Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997-2002.

Kroglund, F. & Teien, H.C. 2003. Fysiologiske responser hos laks relatert til avgiftingsrater til aluminium i kalket surt humøst vann. I: Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T., (red). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997-2002.

Kroglund, F., Barlaup, B., Teien, H.C. & Stefansson, S. 2006. Smoltkvalitet i Mandalselva, Otra, Tovdalselva og Nidelva våren 2005. I: Hesthagen, T. (red). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2005. DN-utredning 2006-4.

Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S.O., Nilsen T., Kristensen, T., Rosseland, B.O., Teien, H.C. & Salbu, B. 2007a. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon postsmolt survival. Aksepert i Aquaculture.

Kroglund, F., Rosseland, B.O., Teien, H.C., Salbu, B., Kristensen, T. & Finstad, B. 2007b. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar* L) exposed to reduced pH and increased aluminum in episodes. Aksepert i Hydrology and Earth Sciences.

Kroglund, F. Kleiven, E. Barlaup, B.T., Halvorsen, G.A., Gabrielsen, S-E., Skoglund, H. Wiers, T., Gutterup, J. & Teien, H.C. 2007c. Fisk og bunndyr; effekter av sjøsaltepisoder vinteren 2004/05. NIVA-rapport 5369-2007

Kroglund, F., Gutterup, J. Kleiven, E., Stefansson, S., Barlaup, B. & Teien, H.C. 2007d. Aluminium, et miljøproblem for laks i Sandnesfjorden, Aust-Agder? NIVA-rapport 5366-2007.

Kroglund, F. 2007. Analyse av kalkingsbehovet i Rorevassdraget, Aust-Agder. NIVA rapport 5365-2007: 41 s.

Lydersen, E., Salbu, B., Bjornstad, H.E., Englund, J.O., Hovind, H. & Rambaek, J.P. 1987. Size distribution patterns for trace elements in waters draining a small catchment. I: Norway, S.E. (Ed.), Acidification of water pathways, vol. 1. Bolkesjo, Norway, 4–5 May 1987, pp. 107–117.

McCormick, S.D., Hansen, L.P., Quinn, T.P., & Saunders, R.L., 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 77-92.

Teien, H.C. 2005. Transformasjon av aluminium tilstandsformer i subletale blandsoner – mobilitet og biotilgjengelighet til fisk. Dr.grads avhandling ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap. 85 s.

Teien, H.C., Kroglund, F., Salbu, B. & Rosseland, B.O. 2006. Gill reactivity of aluminium-species following liming. Science of the Total Environment 358: 206-220.

Teien, H.C., Salbu, B., Kroglund, F., Heier, L.S. & Rosseland, B.O. 2007. The influence of colloidal material on aluminium speciation and estimated acid neutralising capacity (ANC). Aksepert i Applied Geochemistry.

5.4 Mandalselva – effekter av Laudal kraftverk på overlevelse av utsatt smolt. Framdriftsrapport 2006

Lars Petter Hansen
Bjørn Ove Johnsen

Norsk institutt for naturforskning

5.4.1 Innledning

Med bakgrunn i tidligere rapport til Reetableringsprosjektet (Hansen & Johnsen 2003) hvor smolutsettingsforsøkene i Mandalselva i perioden 1997-2000 ble rapportert, presenteres her i tillegg resultater fra utsettingene i 2001, 2002, 2004 og 2005.

5.4.2 Metoder

Smolten som ble satt ut var alle produsert på anlegget i Marnardal, transportert i oksygenerte tanker og satt direkte ut på forskjellige steder i elva. I 2001 ble det satt ut kun en gruppe 1 årig smolt direkte i tunnelen til Laudal kraftverk, samt en gruppe nedenfor utløpet av kraftverket. I 2002 ble det igjen satt ut smolt i tunnelen (2 årig), med en kontrollgruppe nedenfor kraftverket. I 2002 ble det satt ut grupper av både ett og to årig smolt direkte i tunnelen, samt en gruppe 1 årig smolt i minstevannføringsløpet på Kleveland og en gruppe i Hesså. I 2004 ble det satt ut en gruppe ved Mjåland og en gruppe ved Kleveland. I 2005 var det også tilgjengelig smolt av Bjerkreimstamme, og for om mulig sammenlikne denne med Mandalstamme ble disse satt ut på to lokaliteter, ved Mjåland og ved Terskel 10. En total oversikt over utsatt smolt i perioden 1997-2005 er vist **tabell 5.10**. Gjenfangster ble rapportert fra fiskere, som også ble bedt om å oppgi sted og tid for fangsten samt størrelse av laksen. Det ble også oppgitt gjenfangster av merket laks under stamfisket i Mandalselva om høsten.

5.4.3 Resultater og diskusjon

Resultatene fra utsettingene i 2001 og senere var nedslående. Fra utsettingene i 2001 ble kun en voksen laks rapportert gjenfanget, og den ble tatt i Tengselva. Av utsettingene utført i 2002 ble det i alt rapportert 10 gjenfangster, to i sjøen, to i Mandalselva, fem i Otra og en i Håelva. Utsettingene i 2004 ga 13 gjenfangster, fem fra Mandalselva, fire fra Otra, to fra Audna og en hver fra Tengselva og Nidelva. Utsettingene i 2005 har hittil gitt kun to gjenfangster, en fra Otra og en fra Nidelva.

Gjenfangstene fra utsettingene i 2001 og senere var så få at det er vanskelig å trekke noen konklusjon. Men i tillegg til svært dårlig overlevelse er også feilvandringen betydelig (**tabell 5.11**). Ser man alle utsettingene under ett, er det kun de i munningen av Mandalselva i 1997, ved fiskeanlegget i 1998 og utsettingen i 2000 som har gitt resultater. For disse forsøkene var også feilvandringen betydelig (**tabell 2**). Av samtlige gjenfangster i ferskvann i forsøksperioden er 58.4% rapportert fra Mandalselva (**tabell 5.12**). De fleste feilvandrerne har blitt rapportert fra Otra (21.9%), men det er også fanget merket laks fra forsøkene i elver på strekningen fra Numedalslågen til Oselva. Det er også rapportert en gjenfangst fra Götaelven i Sverige (**tabell 5.12**).

Foreløpig tyder resultatene på tap av smolt i kraftverket, mens det ikke er noen særlig negativ effekt på gruppen utsatt i minstevannføringsløpet. Men materialet er så lite at det ikke kan dras noen sikker konklusjon om dette. Generelt fra forsøkene i Mandalselva er det svært varierende gjenfangstprosent, og fra usettingene i 2001 og senere er det svært få gjenfangster. Imidlertid er det mange faktorer som påvirker overlevelsen av utsatt smolt. Dette kan være faktorer i forbindelse med smoltkvalitet, utsettingsmetodikk, vannkvalitet og det marine miljøet. Utsettingsmetodikken er den samme som i forsøk

utført andre steder med godt resultat, og det marine miljøet skulle ikke tilsi et så dårlig resultat. Imidlertid er smolten relativ liten, noe som kan bidra til å forklare noe av det dårlige resultatet. Men det var også tilfelle ved utsettingen i år 2000 som ga relativt god overlevelse. Vi anbefaler at årsaken(e) til den dårlige overlevelsen og høye feilvandringen undersøkes. Er problemene relatert til smoltproduksjonen i anlegget, eller til vannkvaliteten i elva? Den direkte årsaken til feilvandringen er ukjent, men det har blitt spekulert på om dette kan være en effekt av aluminiumsproblematikken.

5.4.4 Litteratur

Hansen, L. P. & Johnsen, B. O. 2003. Mandalselva – effekter av Laudal kraftverk på overlevelse av utsatt smolt. I. Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver. Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN Utredning 2003-5: 97-100.

Tabell 5.10. *Smoltgrupper merket og utsatt i Mandalselva i perioden 1997 til 2006.*

År	Uts. sted	Stamme	Alder	Antall utsatt
5 mai 1997	Stoveland	Imsa	1+	1993
5 mai 1997	Munningen	Imsa	1+	1989
12 mai 1998	Anlegget	Mandal	1+	1995
19 mai 1999	Nedenf. Laudal kraftverk	Mandal	1+	2978
19 mai 1999	Kraftverk tunnelen	Mandal	1+	1095
12 mai 2000	Mjåland	Mandal	2+	2893
11 mai 2000	Kraftverk tunnelen	Mandal	1+	2957
11 mai 2000	Kleveland	Mandal	1+	2162
11 mai 2000	Kleveland	Mandal	2+	831
14 mai 2001	Kraftverk tunnelen	Mandal	1+	1909
14 mai 2001	Nedenfor kraftverket	Mandal	1+	1000
22 mai 2002	Kraftverk tunnelen	Mandal	2+	976
22 mai 2002	Kraftverk tunnelen	Mandal	1+	1698
22 mai 2002	Nedenfor kraftverket	Mandal	2+	1066
22 mai 2002	Nedenfor kraftverket	Mandal	1+	1195
22 mai 2002	Kleveland	Mandal	1+	987
22 mai 2002	Hesså	Mandal	1+	1682
14 mai 2004	Mjåland	Mandal	1+	2986
14 mai 2004	Kleveland	Mandal	1+	2988
25 mai 2005	Mjåland	Mandal	1+	2914
25 mai 2005	Mjåland	Bjerkreim	1+	2951
25 mai 2005	Terskel 10	Mandal	1+	2398
25 mai 2005	Terskel 10	Bjerkreim	1+	387
9 mai 2006	Mjåland	Mandal	1+	2930
9 mai 2006	Mjåland	Bjerkreim	1+	2623

Tabell 5.11. *Fordeling av gjenfangster av voksen laks på elv og sjø, feilvandring (% laks fanget i andre elver enn utsettingselven/ totalt antall gjenfangster i ferskvann) og total gjenfangst i prosent av antall utsatte smolt i Mandalselva.*

Utsettings år	Sted	Antall utsatt	Gjenfanget uts.elv	Gjenfanget andre elver	Gjenfanget sjø	% feilvandring	% gjenfangst
1997	Stoveland	1993	0	0	0	-	0
1997	Munningen	1989	6	15	8	71	1.5
1998	Fiskeanlegget	1995	17	4	5	19	1.3
1999	Nedenf. Laudal kraftverk	2978	1	0	0	-	0.0
1999	Kraftverk tunnelen	1095	0	0	0	-	0
2000	Mjåland 2+	2893	57	26	18	31	3.5
2000	Kraftverk tunnelen	2957	7	5	9	42	0.7
2000	Kleveland 1+	2162	18	17	11	49	2.1
2000	Kleveland 2+	831	14	7	3	33	2.9
2001	Kraftverk tunnelen	1909	0	0	0	-	0
2001	Nedenfor kraftverket	1000	0	1	0	-	0
2002	Kraftverk tunnelen 2+	976	0	1	0	-	0
2002	Kraftverk tunnelen 1+	1698	0	0	0	-	0
2002	Nedenfor kraftverket 2+	1066	0	3	1	-	0.4
2002	Nedenfor kraftverket 1+	1195	0	1	0		0.1
2002	Kleveland 1+	987	2	1	1	-	0.4
2002	Hesså 1+	1682	0	0	0	-	0
2004	Mjåland1+	2986	5	5	0	50	0.3
2004	Kleveland 1+	2988	0	3	0	100	0.1
2005	Mjåland 1+ (Mandal)	2914	0	2	0	100	0.1
2005	Mjåland 1+ (Bjerkreim)	2951	0	2	0	100	0.1
2005	Terskel 10 1+ (Mandal)	2398	0	0	0	0	0
2005	Terskel 10 1+ (Bjerkreim)	387	0	0	0	0	0

Tabell 5.12. *Gjenfangster i vassdrag av voksen laks merket og utsatt som oppforet smolt i Mandalselva fra 1997 til 2005.*

Elv	Utsatt 1997	Utsatt 1998	Utsatt 1999	Utsatt 2000	Utsatt 2001	Utsatt 2002	Utsatt 2004	Utsatt 2005	Totalt antall
Mandalselv	6	17	2	96		2	5		128
Otra	9	2		27		5	4	1	48
Lygna				9					9
Nidelva	1			4			1	1	7
Audna	1	1		2			2		6
Numedalslågen		1		4					5
Tengselv	1			2	1		1		5
Tovdalselv				2					2
Kvina				2					2
Figgjo	1								1
Storelva (Holt)				1					1
Soknedalselv				1					1
Åna Sira				1					1
Håelva						1			1
Oselva	1								1
Götaelv Sverige	1								1

6 Bestandene av voksen laks og sjøaure

6.1 Overvåking av bestandene av voksen laks i Mandalselva og Tovdalselva i 2006.

Bjørn Ove Johnsen
NINA-Trondheim

Sammendrag

Mandalselva har hatt en kraftig økning i laksefisket etter kalking og gjennomsnittsfangsten i de siste fem årene lå på 81 % av en antatt forventningsverdi for fangst når vassdraget er fullt ut reetablert. Fangstene av laks i Tovdalselva var svært lave de første årene etter at kalkingen kom i gang, men har nå (2005 og 2006) begynt å øke. Gjennomsnittsfangsten i de siste fem årene lå imidlertid bare på 10 % av en antatt forventningsverdi for fangst når vassdraget er fullt ut reetablert. De omfattende utsettingene av énsomrig settefisk er sannsynligvis den viktigste årsaken til den langt raskere reetableringen av laks i Mandalselva. Fordelingen av laksefangstene i Mandalselva tyder på at minstevannføringsstrekningen mellom Laudal og Mannflåvann er en betydelig hindring for laksens oppvandring til de øvre delene i fiskesesongen.

Fordelingen av fangsten i Tovdalselva i 2004, 2005 og 2006 tyder på at Boenfossen ikke lenger er det betydelige vandringshinderet som den tidligere ble ansett å være. Utsatt fisk utgjorde en meget vesentlig del av den oppvandrende bestanden av laks i begge elvene de første årene etter kalking. Den har også utgjort et viktig grunnlag for bestanden i Mandalselva og for den bestanden som nå er under utvikling i Tovdalselva. Utsatt fisk har blitt mindre viktig med årene i begge elvene i takt med at villaksbestandene har økt, men det er grunn til å tro at laks utsatt som rogn fortsatt utgjør en betydelig andel av bestanden i Tovdalselva. Utsettingene av énsomrig settefisk i Mandalselva har vært særlig viktig for reetableringen i vassdragets øvre deler.

6.1.1 Innledning

Sur nedbør begynte å gjøre seg gjeldende i lakselvene på Sørlandet ved inngangen til 1900-tallet (Mylona 1993, Kroglund m.fl. 1994). I alt ble 25 elver vurdert til å ha tapt sine laksebestander helt eller delvis på grunn av forsuring (Hesthagen & Hansen 1991).

Fullskala kalking med siktemål å skape god nok vannkvalitet til å kunne reetablere selvreproduserende laksebestander, kom i gang i Tovdalselva i 1996 og i Mandalselva i 1997. Hensikten med denne undersøkelsen er å følge utviklingen i bestanden av voksen laks i de to elvene etter at kalkingen kom i gang.

Ved å analysere skjell fra laks kan vi avgjøre hva slags opphav fisken har, dvs om den er vill, utsatt eller rømt oppdrettslaks. Det ble derfor satt i gang innsamling av skjellprøver av laks fra Mandalselva og Tovdalselva for å undersøke nærmere hva slags opphav laksen har og for å beskrive utviklingen de nærmeste årene etter at kalkingen kom i gang. I denne rapporten oppsummeres resultatene t.o.m. 2006.

6.1.2 Materiale og metoder

Innsamling av skjellprøver kom i gang i 1998. Materiell ble distribuert til aktive fiskere delvis via elveeierlag og kontaktpersoner og delvis ved at aktive fiskere ble tilskrevet direkte. Skjellprøvene fra sone 1 i Mandalselva stammer hovedsakelig fra notfiske. I de andre sonene og i Tovdalselva er skjellprøvene av sportsfiskefanget laks. Vanligvis sender fiskerne inn skjellprøvene i det samme kalenderår som laksen blir fanget. Men det hender at skjellprøvene kan bli liggende en tid før de sendes inn. Etter hvert som prøvene analyseres blir de inkludert i

materialet og resultatene blir oppdatert i årsrapporten. Tallene i denne årsrapporten avviker derfor noe fra tidligere årsrapporter.

I løpet av perioden 1998 - 2006 har vi fått inn henholdsvis 2271 (**tabell 6.1**) og 300 (**tabell 6.8**) skjellprøver av laks fra Mandalselva og Tovdalselva. Skjellprøvene er bearbeidet i henhold til Lund & Hansen (1991), som har beskrevet en metode for bruk av skjellkarakterer hos laks for å skille mellom villaks, utsatt laks og rømt oppdrettslaks. I henhold til denne metoden er materialet inndelt i fire grupper: 1) Villaks som har gjennomgått hele sin livssyklus i naturen. 2) Utsatt laks som har levd deler eller hele ferskvannsstadiet i fiskeanlegg som produserer og setter ut fisk for å styrke villaksbestander. 3) Rømt oppdrettslaks som stammer fra kommersielle oppdrettsanlegg som produserer fisk for konsum. 4) Usikker laks som omfatter alle skjellprøver som ikke lot seg bestemme til villaks, utsatt laks eller rømt oppdrettslaks.

I gruppen "utsatt laks" inngår all fisk som er oppdrettet i fiskeanlegg som produserer fisk for utsetting i vassdrag. I Mandalselva og Tovdalselva har det vært satt ut både ensomrig settefisk og smolt. Ensomrig settefisk har vært en sommer i fiskeanlegg og all ensomrig settefisk utsatt i Mandalselva og Tovdalselva er merket ved fettfinneklipp. Smolt har tilbragt ett eller to år i fiskeanlegg. All smolt utsatt i Tovdalselva og Mandalselva er merket med et utvendig Carlin-merke (Carlin 1955). Carlin-merket laks i skjellprøvematerialet er tatt med under gruppen utsatt laks. Carlin-merket laks som er rapportert direkte til merkesentralen i NINA og som det ikke foreligger skjellprøve av, er ikke tatt med. I gruppen "annen utsatt laks" forekommer både fettfinneklipt fisk og fisk som er bestemt til utsatt laks kun på bakgrunn av skjellprøven.

F.o.m. år 2000 er det foretatt årlige utsettinger av øyerogn (rognplanting) i Tovdalselva. I Mandalselva kom slike utsettinger i gang i Lågåna og Kosåna i 2003. Det er ikke mulig å skille slik laks fra naturlig gytt laks ved skjellanalyser. Hvis vi antar at noen av disse fiskene vandrer ut allerede som toårig smolt, vil gruppen "villaks" f.o.m 2003 i Tovdalselva og f.o.m 2006 i Mandalselva kunne inneholde en andel laks som er satt ut som rogn. Vi vet imidlertid ikke hvor stor denne andelen er.

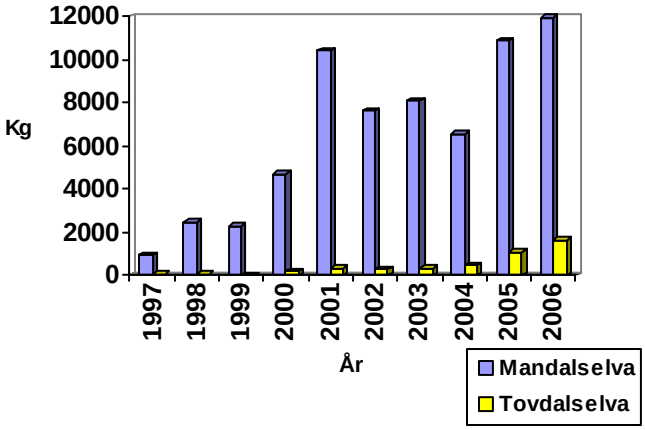
I gruppen "usikker" inngår all laks som ikke lot seg plassere i en av de tre ovennevnte gruppene. Lund & Hansen's (1991) metode gir et godt grunnlag for å skille mellom villaks og de to andre gruppene. Den største vanskeligheten består i å skille mellom utsatt laks og oppdrettslaks som har rømt i ferskvannsfasen eller like etter utsetting i sjøen. Gruppen "usikker" vil derfor være dominert av utsatt laks og rømt oppdrettslaks.

Oppgaver over totalt antall laks fanget og antall fettfinneklipt laks blant disse fordelt på de ulike sonene i Mandalselva, er fremskaffet av Karl Damli, Agder og Telemark Skogeierforening. Når det gjelder Tovdalselva har vi fått opplysninger om antall laks fanget i de ulike soner fra "laksefisk.no" v/Alf Helge Tønnesen.

6.1.3 Resultater

6.1.3.1 Fangstutvikling etter kalking i begge vassdrag

Mens Mandalselva har hatt en kraftig økning i laksefisket etter kalking, har fangstutviklingen i Tovdalselva vært svært langsom (**figur 6.1**). I 1997, da kalkingen kom i gang, ble det tatt 931 kg laks i Mandalselva. I 1998 var fangsten 2 470 kg og året etter 2 282 kg laks. Men så økte fangstene til 4 702 kg i 2000 og til hele 10 420 kg i 2001. I 2002 ble det fanget 7 639 kg. I 2003, 2004, 2005 og 2006 ble det fanget henholdsvis 8 078, 6 575, 10 858 og 11 964 kg laks.



Figur 6.1. *Årlig fangst av laks i Mandalselva og Tovdalselva i perioden 1997 - 2006.*

I Tovdalselva kom kalkingen i gang i 1996 og fram til 2005 lå de årlige fangstene lavere enn 500 kg (1996: 40 kg, 1997: 33 kg, 1998: 68 kg, 1999: 0 kg, 2000: 210 kg, 2001: 345 kg, 2002: 303 kg, 2003: 318 kg, 2004: 479 kg. I 2005 ble det fanget 1 097 kg laks og i 2006 ble det fanget 1651 kg laks.

I de siste fem årene (2002 - 2006) har gjennomsnittlig årlig fangst av laks i Mandalselva vært 9023 kg. Tilsvarende tall for Tovdalselva er 770 kg.

6.1.3.2 Mandalselva

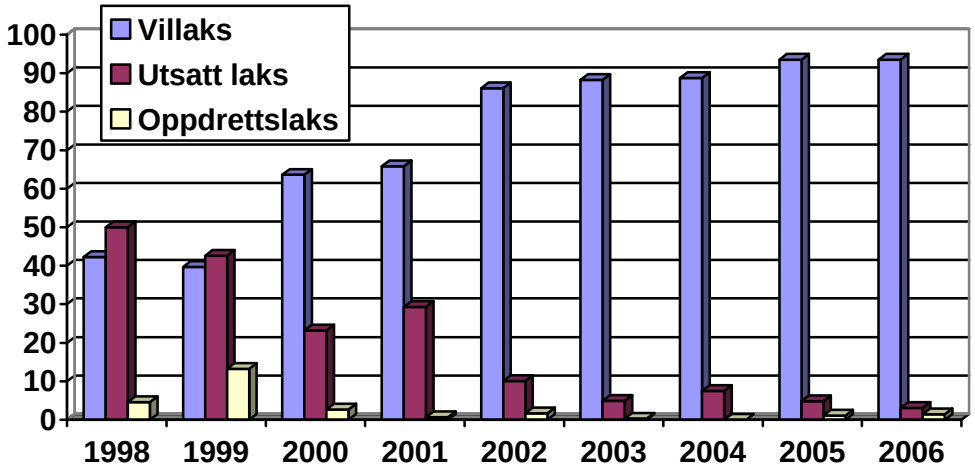
Fangst av villaks og utsatt laks

Villaks dominerte i materialet fra Mandalselva med 1786 (79 %) av 2271 skjellprøver samlet inn i perioden 1998 - 2006, mens 358 (16 %) av skjellprøvene stammet fra utsatt laks (Carlin-merket, fettfinneklipt eller annen utsatt laks. Rømt oppdrettslaks (2 %) og gruppen "usikker" (4 %) utgjorde ubetydelige andeler av totalmaterialet (**tabell 6.1**).

Tabell 6.1*. Antall skjellprøver av laks fra Mandalselva (1998 - 2006) fordelt på villaks, utsatt laks, rømt oppdrettslaks og usikker. Antall fettfinneklipt fisk er angitt i parentes i kolonnen "annen utsatt".*

År	Antall skjell-prøver	VILL-LAKS	UTSATT LAKS			RØMT OPPDRETTS LAKS	USIKKER
			Carlin-merket	Annen utsatt (fettfinneklipte)	Totalt antall utsatte laks		
1998	130	55	59*	6 (0)	65	6	4
1999	68	27	20**	9 (4)	29	9	3
2000	220	140	8***	43 (29)	51	6	23
2001	450	296	76****	56 (54)	132	3	19
2002	237	204	7*****	17 (17)	24	4	5
2003	307	271	0	15 (15)	15	1	20
2004	214	190	1******	15 (8)	16	0	8
2005	352	329	0	17(14)	17	4	2
2006	293	274	1	8 (8)	9	4	6
SUM	2271	1786	172	186 (149)	358	37	90

*:47 utsatt i Audna, 7 utsatt i Tovdalselva, 4 utsatt i Mandalselva og 1 utsatt i Bjerkreimselva.
**:11 utsatt i Audna, 7 utsatt i Mandalselva, 1 utsatt i Imsa og 1 med ukjent utsettingssted.
*** 2 utsatt i Mandalselva, 1 utsatt i Eira, 2 utsatt i Dirdalselva, 3 utsatt i Audna.
****: 64 utsatt i Mandalselva, 1 var utsatt i Audna mens 11 var villsmolt fra Audna.
*****: 7 utsatt i Mandalselva.
******: Utsatt i Mandalselva.



Figur 6.2. *Prosentandeler villaks, utsatt laks og rømt oppdrettslaks av totalt antall skjellprøver av laks fra Mandalselva i 1998 - 2006. Gruppen "usikker" er ikke tatt med i figuren.*

Villaks var viktigste gruppe alle år unntatt i 1998 da utsatt laks var viktigst og 1999 da villaks og utsatt laks utgjorde omtrent like store andeler. Andelen villaks økte i perioden fra 42 % i 1998 og 40 % i 1999 til 94 % i 2005 og 2006 (**figur 6.2**).

Andelen utsatt laks, som var betydelig i skjellmaterialet i de første årene, avtok i perioden (**figur 6.1**). Gruppen består både av Carlin-merket laks utsatt som smolt og av fettfinneklipt laks utsatt som ensomrig settefisk. Den Carlin-merkete laksen bestod hovedsakelig av fisk utsatt i Mandalselva og Audna, men laks satt ut i andre elver inngår også i materialet (**tabell 6.1**).

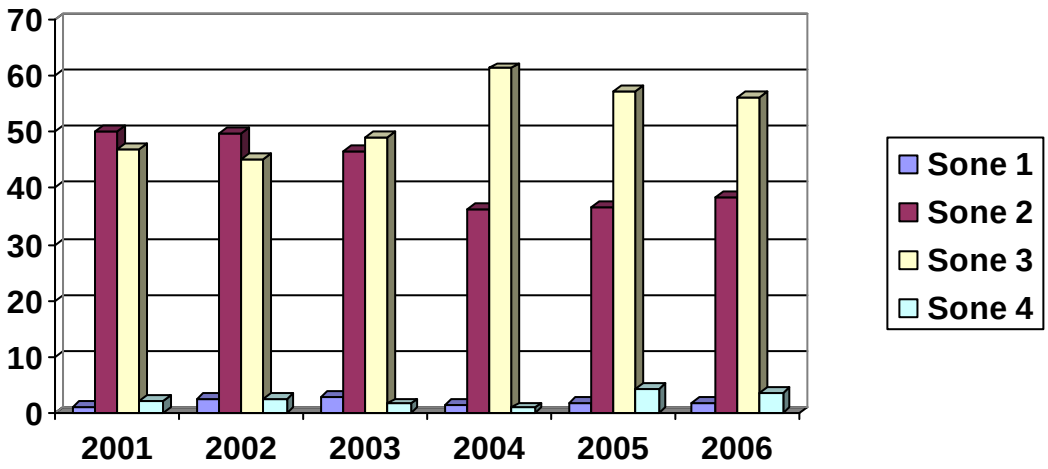
Det ble registrert et økende antall annen utsatt fisk i skjellprøvematerialet i perioden 1998 - 2001. Dette skyldes hovedsakelig en økning i antall fettfinneklipt fisk fra 0 i 1998 til 54 i 2001. Etter 2001 har antall utsatt laks avtatt (**tabell 6.1**) og andelen fettfinneklipt laks i skjellprøvematerialet sank fra 7 % i 2002 til 5 % i 2003, til 4 % i både 2004 og 2005 og til 3 % i 2006 (**tabell 6.2 – 6.7**).

Fangst i ulike soner

Den lakseførende delen av Mandalselva er delt inn i fire soner fra elvas utløp til stopp lakseførende strekning ved Kavfossen i hovedelva og noen km av Kosåna:

Sone 1: Nedre del: Utløp - Vik (Sandnes)
Sone 2: Mandal: Vik (Sandnes) – kommunegrense Mandal/Marnadal
Sone 3: Marnadal: Kommunegrense Mandal/Marnadal - Laudal kraftverk
Sone 4: Øvre del: Laudal kraftverk - stopp lakseførende strekning

De aller fleste laksene i fangststatistikken var stedfestet til ett av disse områdene og i perioden 2001 – 2006 ble de aller fleste laksene (mer enn 90 %) fanget i sonene 2 og 3. Det var liten forskjell i fangstandel mellom disse to sonene i 2001 – 2003, men i 2004 - 2006 var sone 3 klart viktigst. Fangsten i sonene 1 og 4 har i alle år ligget på et svært lavt nivå (**figur 6.3**).



Figur 6.3. *Fordeling (prosentandel av antall) av laks i sportsfiskefangster på ulike soner i Mandalselva i perioden 2001 - 2006.*

Forekomsten av fettfinneklipt fisk ble registrert både av sportsfiskere som leverte fangstoppgaver og av sportsfiskere som leverte skjellprøver. Fangststed var oppgitt for de aller fleste laksene slik at de kunne plasseres innenfor en av sonene 1 – 4. Nedenfor er fangstfordelingen omtalt for hvert av årene i perioden 2001 – 2006.

2001:

I fangstoppgavene ble det innrapportert til sammen 4479 laks som var plassert innenfor en av de fire sonene. Hele 97 % av laksene ble fanget i sonene 2 og 3 og bare 1 % i sone 1 og 2 % i sone 4 (**figur 6.2**). Til sammen 340 (8 %) ble oppgitt å være fettfinneklipt. I sone 1 var det ingen fettfinneklipt fisk, i sonene 2 og 3 var det 7 % fettfinneklipt fisk og i sone 4 ble det rapportert om 30 % fettfinneklipt fisk (**tabell 6.2**).

Av de 450 skjellprøvene lot 442 prøver seg plassere innenfor en sone og 53 (12 %) var fra fettfinneklipt fisk. Det var ingen fettfinneklipt fisk fra sone 1, men fra både sone 2 og 3 var det 9 % fettfinnklipt fisk. I sone 4 var andelen fettfinneklipt fisk 63 % (**tabell 6.2**).

Andelen fettfinneklipt fisk i skjellprøvematerialet var noe høyere enn i fangstoppgavene, 12 % i skjellprøve-materialet mot 8 % i fangstoppgavene. Både i fangstoppgavene og i skjellprøvematerialet var andelen fettfinneklipt fisk vesentlig større i sone 4 sammenliknet med sonene 2 og 3. I fangstoppgavene var det 4 – 5 ganger flere fettfinneklipt fisk i sone 4 enn i sonene 2 og 3 og i skjellprøvematerialet var det 7 ganger flere fettfinneklipt fisk i sone 4 sammenliknet med sonene 2 og 3.

Tabell 6.2. *Totalt antall og antall fettfinneklipt laks i fangstoppgaver og skjellprøver fra ulike soner i Mandalselva i 2001. Prosentandel fettfinneklipt av totalt antall er angitt i parentes i rubrikken "Antall fettfinneklipt".*

Sone	Fangstoppgaver		Skjellprøver	
	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)
1 Nedre del	44	0	1	0
2 Mandal	2250	157 (7 %)	90	8 (9 %)
3 Marnadal	2095	156 (7 %)	327	30 (9 %)
4 Øvre del	90	27 (30 %)	24	15 (63 %)
SUM	4479	340 (8 %)	442	53 (12 %)

2002:

I fangstoppgavene ble det innrapportert til sammen 3122 laks som var plassert innenfor en av de fire sonene. Hele 95 % av laksen ble fanget i sonene 2 og 3 og bare 2,4 % i sone 1 og 2,7 % i sone 4 (**figur 6.2**). Til sammen 173 (5 %) ble oppgitt å være fettfinneklipt. I sone 1 var det 8 % fettfinneklipt fisk, i sonene 2 og 3 henholdsvis 4 og 6 % fettfinneklipt fisk og i sone 4 ble det rapportert om 23 % fettfinneklipt fisk (**tabell 6.3**).

Av 228 laks som det foreligger skjellprøver av ble de aller fleste tatt i sone 3. Det foreligger skjellprøver av 17 fettfinneklipte laks og de fleste ble fanget i sone 1 (**tabell 6.3**).

I 2002 var andelen av fettfinneklipt fisk i skjellprøvematerialet (7 %) temmelig lik andelen fettfinneklipt fisk i fangstoppgavene (5 %). I fangstoppgavene var prosentandelen fettfinneklipt fisk nesten seks ganger høyere i sone 4 sammenliknet med sone 3. I skjellmaterialet var andelen fettfinneklipt fisk høyest i sone 1 (24 %) og lavest i sone 3 (3 %), men antallet skjellprøver av fettfinnklipt fisk var svært lavt.

Tabell 6.3. *Totalt antall og antall fettfinneklipt laks i fangstoppgaver og skjellprøver fra ulike soner i Mandalselva i 2002. Prosentandel fettfinneklipt av totalt antall er angitt i parentes i rubrikken "Antall fettfinneklipt".*

Sone	Fangstoppgaver		Skjellprøver	
	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)
1 Nedre del	75	6 (8 %)	42	10 (24 %)
2 Mandal	1554	59 (4 %)	24	2 (8 %)
3 Marnadal	1411	89 (6 %)	162	5 (3 %)
4 Øvre del	82	19 (23 %)	0	0 (-)
SUM	3122	173 (5 %)	228	17 (7 %)

2003:

I fangstoppgavene ble det innrapportert til sammen 3303 laks som var plassert innenfor en av de fire sonene. Hele 95,6 % av laksen ble fanget i sonene 2 og 3 og bare 2,7 % i sone 1 og 1,6 % i sone 4 (**figur 6.2**). Til sammen 203 (6 %) ble oppgitt å være fettfinneklipt. I sone 1 var det ingen fett-finneklipt fisk, i sonene 2 og 3 henholdsvis 4 og 8 % fettfinneklipt fisk og i sone 4 ble det rapportert om 24 % fettfinneklipt fisk (**tabell 6.4**).

Av 304 skjellprøver kom de fleste fra sone 3 og av 15 skjellprøver av fettfinneklipte laks ble de fleste fanget i sone 3 (**tabell 6.4**).

I 2003 var andelen av fettfinneklipt fisk i skjellprøvematerialet (5 %) temmelig lik andelen fettfinneklipt fisk i fangstoppgavene (6 %). I fangstoppgavene var prosentandelen fettfinneklipt fisk tre ganger høyere i sone 4 sammenliknet med sone 3. I skjellmaterialet var andelen fettfinneklipt fisk høyest i sonene 3 og 4, men totalt antall fettfinnklipt fisk i skjellmaterialet var svært lavt.

Tabell 6.4. *Totalt antall og antall fettfinneklipt laks i fangstoppgaver og skjellprøver fra ulike soner i Mandalselva i 2003. Prosentandel fettfinneklipt av totalt antall er angitt i parentes i rubrikken "Antall fettfinneklipte".*

Sone	Fangstoppgaver		Skjellprøver	
	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)
1 Nedre del	89	0 (0 %)	67	1 (1 %)
2 Mandal	1537	68 (4 %)	45	2 (4 %)
3 Marnadal	1623	122 (8 %)	173	11 (6 %)
4 Øvre del	54	13 (24 %)	19	1 (5 %)
SUM	3303	203 (6 %)	304	15 (5 %)

2004:

Tabell 6.5. *Totalt antall og antall fettfinneklipt laks i fangstoppgaver og skjellprøver fra ulike soner i Mandalselva i 2004. Prosentandel fettfinneklipt av totalt antall er angitt i parentes i rubrikken "Antall fettfinneklipt".*

Sone	Fangstoppgaver		Skjellprøver	
	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)
1 Nedre del	42	0 (0)	28	0 (0)
2 Mandal	1012	10 (1 %)	18	0 (0)
3 Marnadal	1709	87 (5 %)	148	5 (3 %)
4 Øvre del	24	3 (13 %)	20	3 (15 %)
SUM	2787	100 (4 %)	214	8 (4 %)

I fangstoppgavene fra Mandalselva i 2004 ble det innrapportert til sammen 2787 laks som var plassert innenfor en av de fire sonene. Hele 97,6 % av laksen ble fanget i sonene 2 og 3 og bare 1,5 % i sone 1 og 0,9 % i sone 4 (**figur 6.2**). Til sammen 100 laks (4 %) ble oppgitt å være fettfinneklipt. I sone 1 var det ingen fettfinneklipt fisk, i sonene 2 og 3 henholdsvis 1 og 5 % fettfinneklipt fisk og i sone 4 ble det rapportert om 13 % fettfinneklipt fisk (**tabell 6.5**).

I 2004 kom det inn skjellprøver av åtte fettfinneklipte fisk og alle var fanget i sone 3 og 4 (**tabell 6.5**).

I 2004 var andelen av fettfinneklipt fisk i skjellprøvematerialet lik andelen fettfinneklipt fisk i fangstoppgavene. I fangstoppgavene var prosentandelen fettfinneklipt fisk nesten tre ganger høyere i sone 4 sammenlignet med sone 3. I skjellmaterialet var andelen fettfinneklipt fisk på 15 % i sone 4, mens det var 3 % fettfinneklipt fisk fra sone 3.

2005:

I fangstoppgavene fra Mandalselva i 2005 ble det innrapportert til sammen 5134 laks som var plassert innenfor en av de fire sonene. Hele 94,0 % av laksen ble fanget i sonene 2 og 3 og bare 1,8 % i sone 1 og 4,2 % i sone 4 (**figur 6.2**). Til sammen 130 (3 %) laks ble oppgitt å være fettfinneklipt. I sone 1 var det ingen fettfinneklipte fisk, i sonene 2 og 3 henholdsvis 2 og 3 % fettfinneklipt fisk og i sone 4 ble det rapportert om 9 % fettfinneklipt fisk (**tabell 6.6**).

I 2005 var andelen av fettfinneklipt fisk i skjellprøvematerialet (4 %) omtrent lik andelen fettfinneklipt fisk i fangstoppgavene (3 %). I fangstoppgavene var prosentandelen fettfinneklipt fisk tre ganger høyere i sone 4 sammenlignet med sone 3. I skjellmaterialet var andelen fettfinneklipt fisk på 1 % i sone 2 og 3, mens det var 11 % fettfinneklipt fisk i sone 4 (**tabell 6.6**).

Tabell 6.6. *Totalt antall og antall fettfinneklipte laks i fangstoppgaver og skjellprøver fra ulike soner i Mandalselva i 2005. Prosentandel fettfinneklipt av totalt antall er angitt i parentes i rubrikken "Antall fettfinneklipt".*

Sone	Fangstoppgaver		Skjellprøver	
	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)
1 Nedre del	92	0	82	0
2 Mandal	1885	30 (2 %)	60	4 (1 %)
3 Marnadal	2943	81 (3 %)	131	1 (1 %)
4 Øvre del	214	19 (9 %)	80	9 (11 %)
SUM	5134	130 (3 %)	353	14 (4 %)

2006:

Tabell 6.7. *Totalt antall og antall fettfinneklipte laks i fangstoppgaver og skjellprøver fra ulike soner i Mandalselva i 2006. Prosentandel fettfinneklipt av totalt antall er angitt i parentes i rubrikken "Antall fettfinneklipt".*

Sone	Fangstoppgaver		Skjellprøver	
	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)	Totalt antall	Antall fettfinneklipt (%)
1 Nedre del	101	-	65	1 (2 %)
2 Mandal	2020	-	28	0 (0 %)
3 Marnadal	2955	-	129	4 (3 %)
4 Øvre del	188	-	69	3 (4 %)
SUM	5264	-	291	8 (3 %)

I fangstoppgavene fra Mandalselva i 2006 ble det innrapportert til sammen 5264 laks som var plassert innenfor en av de fire sonene. Hele 94,5 % av laksen ble fanget i sonene 2 og 3 og bare 1,9 % i sone 1 og 3,6 % i sone 4 (**figur 6.2**). Det foreligger så langt ikke oppgaver over fettfinneklipt fisk i fangstoppgavene (**tabell 6.7**).

I 2006 var det kun åtte fettfinneklipte fisk i skjellprøvematerialet (3 %). Av de åtte fiskene ble sju fanget i sone 3 og sone 4 (**tabell 6.6**).

6.1.3.3 Tovdalselva

Fangst av villaks og utsatt laks

I Tovdalselva (1998 - 2006) var 69,3 % av skjellprøvene fra villaks og 26,3 % av skjellprøvene fra utsatt laks. Rømt oppdrettslaks utgjorde en ubetydelig andel av totalmaterialet (0,7 %) og gruppen "usikker" utgjorde 3,7 % (**tabell 6.8**).

Tabell 6.8. *Antall skjellprøver av laks fra Tovdalselva fordelt på villaks, utsatt laks, rømt oppdrettslaks og usikker i 1998 - 2006. Antall fettfinneklipt laks er angitt i parentes i rubrikken "annen utsatt".*

År	Antall skjell prøver	VILL-LAKS	UTSATT LAKS			RØMT OPPDRETTS-LAKS	USIKKER
			Carlin-merket	Annen utsatt (fettfinneklipt)	Totalt antall utsatt laks		
1998	61	0	59*	1	60	0	1
1999	2	0	2**	0	2	0	0
2000	27	15	0	10 (10)	10	1	1
2001	32	26	2***	2 (2)	4	0	2
2002	14	13	0	1 (1)	1	0	0
2003	0	-	-	-		-	-
2004	40	35	0	1 (1)	1	1	3
2005	81	79	0	1	1	0	1
2006	43	40	0	0	0	0	3
SUM	300	208	63	16 (14)	79	2	11

*: 57 utsatt i Tovdalselva, 1 utsatt i Bjerkreimselva, 1 med ukjent utsettingssted.
**: utsatt i Tovdalselva.
***: utsatt i Mandalselva

I Tovdalselva var det ingen villaks i skjellprøvene fra 1998 og 1999, men antallet skjellprøver av villaks økte til henholdsvis 15 (56 %) og 26 (81 %) i 2000 og 2001 og i 2002 var 13 av 14 skjellprøver av villaks. I 2004 var det 88 % villaks i skjellprøvematerialet, i 2005 var andelen villaks hele 98 % og i 2006 var det 93 % villaks i skjellprøvematerialet (**tabell 6.8**).

Med unntak av en usikker fisk i 1998 var det kun utsatt laks blant skjellprøvene fra Tovdalselva i 1998 og 1999. Etter det har andelen utsatt laks avtatt sterkt og i 2006 var det ingen utsatt laks i skjellprøvematerialet. De aller fleste Carlin-merkete laksene var satt ut i Tovdalselva (**tabell 6.8**).

I Tovdalselva ble det til sammen registrert 16 lakser i kategorien "annen utsatt" fisk og 14 av disse var fettfinneklipt. Av disse ble 10 individer registrert i 2000 og de utgjorde da 38 % av alle skjellprøver fra elva.

Fangst i ulike soner

Tovdalselva er delt inn i fem soner hvorav sone 1 og 2 ligger nedstrøms Boenfossen og de øvrige ligger ovenfor Boenfossen.

I fangstoppgavene er hver enkelt laks plassert i en av sonene. I tabell 8 har vi slått sammen sone 1 og 2 til en sone (nedstrøms Boenfossen) og de øvrige sonene til en sone (oppstrøms Boenfossen). I perioden 2001 - 2003 ble 98 - 100 % av laksen fanget nedstrøms Boenfossen. I 2004 skjedde det en endring i denne fordelingen, idet 21 % av fangsten kom fra strekningen oppstrøms Boenfossen og i 2005 ble hele 42 % av laksen fanget oppstrøms Boenfossen. I 2006 ble 41 % av laksen fanget oppstrøms Boenfossen (**tabell 6.9**).

Av 284 skjellprøver av laks fra Tovdalselva, var 81 % fra laks som var fanget nedstrøms Boenfossen. I årene 1998, 2000 og 2001 ble 100 % av laksen fanget nedstrøms Boenfossen. Andelen fanget ovenfor Boenfossen økte fra 7 % i 2002 til 56 % i 2006 (**tabell 6.10**).

Tabell 6.9. *Antall laks fanget nedstrøms (sone 1 og 2) og oppstrøms Boenfossen (øvrige soner) i Tovdalselva i perioden 2001 - 2006 (% andel i parentes).*

År	Antall laks fanget		
	Nedstrøms Boenfossen (sone 1 og 2)	Oppstrøms Boenfossen (øvrige soner)	Sum
2001	85 (99 %)	1 (1 %)	86
2002	108 (98 %)	1 (1 %)	109
2003	143 (100 %)	0 (0 %)	143
2004	158 (79 %)	43 (21 %)	201
2005	318 (58 %)	232 (42 %)	550
2006	416 (59 %)	289 (41 %)	705
SUM	1228 (68 %)	566 (32 %)	1794

Tabell 6.10. *Antall laks fanget nedstrøms (sone 1 og 2) og oppstrøms Boenfossen (øvrige soner) i skjellprøvematerialet fra Tovdalselva i perioden 1998 - 2006 (% andel i parentes).*

År	Antall skjellprøver av laks		
	Nedstrøms Boenfossen (sone 1 og 2)	Oppstrøms Boenfossen (øvrige soner)	Sum
1998	48 (100 %)	0	48
2000	27 (100 %)	0	27
2001	31 (100 %)	0	31
2002	13 (93 %)	1 (7 %)	14
2004	35 (88 %)	5 (12 %)	40
2005	57 (70 %)	24 (30 %)	81
2006	19 (44 %)	24 (56 %)	43
SUM	230 (81 %)	54 (19 %)	284

6.1.4 Diskusjon

6.1.4.1 Fangstutvikling etter kalking

Ved overgangen mellom 1800-tallet og 1900-tallet ble det registrert årlige fangster på mer enn 10 tonn laks i Tovdalselva. Som følge av økende forsuring var det utover på 1900-tallet en jevn nedgang i fangstene. Ifølge Sivertsen (1989) forsvant elvas egen laksestamme allerede i 1967. Genetiske studier av lakseskjell fra Tovdalselva fra 1910 og fra 1997 ga så forskjellige resultater at det klart indikerer at den opprinnelige stammen var utdødd (Hindar & Balstad 2003). I perioden 1993 - 1997 var de årlige laksefangstene mindre enn 50 kg (Johnsen m. fl. 1999). Kalkingen kom i gang i 1996 og fram til 2004 økte de årlige fangstene langsomt til 479 kg i 2004 (1998: 68 kg, 1999: 0 kg, 2000: 210 kg, 2001: 345 kg, 2002: 303 kg, 2003: 318 kg). Dette har sammenheng med en langsom reetablering av bestanden i vassdraget etter at kalkingen kom i gang. I 2000 ble det for første gang påvist laksyngel ovenfor Flaksvatn (Larsen 2003). I 2005 og 2006 ble det fanget henholdsvis 1149 kg og 1651 kg laks i følge den offisielle statistikken. Oppvandringen av laks til områdene oppstrøms Boenfossen økte betydelig i perioden 2004 - 2006 sammenlignet med tidligere år og dette vil etter hvert føre til økt produksjon av ville laksunger i vassdraget. Det var også en betydelig økning i antallet utlagte lakserogn i perioden 2000-2004 (Barlaup m. fl. 2005), og dette vil bidra i samme retning. Vi kan derfor forvente at økningen i laksefangstene i Tovdalselva vil fortsette de nærmeste årene.

Mandalselva var tidligere ei svært god laks- og sjøaureelv. Fisket var på topp mellom 1880 og 1890, og størst utbytte ga fisket i 1884 med 34 704 kg laks og sjøaure. Fra 1900 til 1920 var det sterk nedgang i fangstene og i perioden 1970 - 1980 varierte de offisielle fangstene mellom 6 kg og 500 kg. Ifølge Sivertsen (1989) ble den opprinnelige bestanden av laks i Mandalselva betraktet som utdødd. Til tross for dette ble det i perioden 1982 - 1993 årlig fanget gjennomsnittlig 778 kg (Anon.1994). En stor andel av fangstene var laks. Dette var trolig laks av ulike stammer som ble satt ut som smolt i Mandalselva, laks som var satt ut i andre elver, feilvandrende villaks og rømt oppdrettslaks. Merkeforsøk har vist at en del av laksesmolten som er satt ut i naboelva Audna, vandrer opp i Mandalselva (Hansen m. fl. 1997).

Mens Mandalselva har hatt en kraftig og rask økning i laksefisket etter kalking, har fangstutviklingen i Tovdalselva vært mye langsommere. Utsatt fisk har blitt mindre viktig med årene i begge elvene i takt med at villaksbestandene har økt. Resultatene tyder på at utsettingene i Mandalselva har vært særlig viktig for reetableringen i vassdragets

øvre deler. Den raskere reetableringen i Mandalselva sammenliknet med Tovdalselva kan også i noen grad skyldes større tilskudd av laks i form av feilvandrere fra andre vassdrag.

Den offisielle laksestatistikken kom i gang i 1876. Sur nedbør begynte å gjøre seg gjeldende i lakselvene på Sørlandet ved inngangen til 1900 - tallet (Mylona 1993, Kroglund et al. 1994) og fangstene avtok (Matzow & Kleiven 2003). I perioden 1876 - 1899 ble det årlig fanget ca. 9 tonn i Tovdalselva og ca. 16 tonn i Mandalselva. Vi kan ikke uten videre gjøre en direkte sammenlikning mellom denne perioden og dagens situasjon blant annet fordi oppvekstforholdene i havet og beskatningsforholdene i sjøen er forskjellige. I tillegg er begge vassdragene påvirket av vannkraftutbygging. I Mandalselva har særlig Laudal kraftverk som fikk konsesjon i 1975, ført til vanskelige oppvandrings- og utvandringsforhold for laks til og fra vassdragets øvre deler. Etter utbygging av Bjelland kraftverk (1974 - 1975) ble lakseFisket på strekningen Monan - Kavfossen avskrevet fullstendig på grunn av sterk reduksjon i vannføringen på denne strekningen. Men Bjelland kraftverk fører også til betydelige vannføringsvariasjoner på strekningen nedstrøms kraftverket og dermed til negative effekter på produksjonsforholdene for laks. Områdene ovenfor Laudal var tidligere viktige både som oppvekstområder og for fiske etter laks og sjøaure. Reguleringsskadene i Mandalselva må derfor ansees å være betydelige. Tovdalsvassdraget er i mindre grad påvirket av vassdragsreguleringer på lakseførende strekning, men Uldalsgreina er betydelig regulert med flere magasiner.

Men fangsttallene fra det 19. århundre kan allikevel gi oss en pekepinn på hvilket nivå vi kan forvente at fangstene av laks vil ligge på i de to elvene når bestandene er fult ut reetablert. Dersom vi bruker tallene for perioden 1876 - 1899 som uttrykk for en forventningsverdi og antar 30 % reduksjon i lakseproduksjonen som følge av reguleringene i Mandalselva og tilsvarende 10 % reduksjon i Tovdalselva, vil vi forvente at det i et gjennomsnittsår vil bli fanget 11 200 kg laks i Mandalselva og 8 100 kg i Tovdalselva. I de siste fem årene (2002 - 2006) har gjennomsnittlig årlig fangst av laks i Mandalselva vært 9023 kg, dvs 81 % av forventningsverdien. Tilsvarende tall for Tovdalselva er 770 kg, hvilket vil si 10 % av forventningsverdien.

I Mandalselva har det blitt gjennomført et omfattende utsettingsprogram bestående av smolt og settefisk. I Tovdalselva har det kun vært satt ut små mengder smolt og settefisk og bare i en kort periode like etter at kalkingen kom i gang. De omfattende utsettingene er sannsynligvis den viktigste forklaringen på den langt raskere reetableringen i Mandalselva.

6.1.4.2 Mandalselva

Fangst av villaks og utsatt laks

I Mandalselva ble det samlet inn skjellprøver av 55 laks i 1996 i forbindelse med vandringsforsøk. Fisken ble fanget i felle like ovenfor kraftverksutløpet ved Laudal. Av disse ble 7 % klassifisert som villaks, 11 % som utsatt fisk, 29 % som rømt oppdrettslaks, mens 53 % var usikre. Siden det ikke var noen naturlig reproduksjon i Mandalselva på dette tidspunkt, må vi anta at samtlige villaks var feilvandrere fra andre vassdrag. En av laksene var for øvrig Carlinmerket som villsmolt i Audna i 1995 (Thorstad & Heggberget 1997).

Det er naturlig at villaksbestanden øker i et vassdrag som fullkalkes. For eksempel i Sokndalselva kom kalkingen i gang i midten av 1980-årene og i 1996 var alle vassdragets fire greiner nærmest totalkalket. Årsyngel av laks ble påvist første gang i 1990 og seks år senere ble det påvist en markert fangstøkning av laks i vassdraget. Skjellprøver av laks fra vassdraget i 1998 indikerte at bestanden bestod av 70 % villaks. Året etter var denne andelen økt til 80 %, i 2000 til 86 % og i 2003 var det 85 % villaks i materialet.

I Mandalselva økte imidlertid villaks-bestanden raskere enn hva man skulle forvente ut fra naturlig reproduksjon. Mandalselva var fullkalket f.o.m. juni 1997 (Kaste 1999) og allerede samme år ble det funnet årsyngel av laks på åtte av 18 elfiskestasjoner på lakseførende strekning (Larsen 1999). Det ville dermed være rimelig å forvente en økning i antall oppvandrende villaks først i år 2000 (forutsatt 2 års smoltalder). Men det skjedde en betydelig økning i fangstene allerede i 1998 og 1999 da det ble fanget henholdsvis 2572 og 1699 kg laks mot 1246 kg i 1996 og 931 kg i 1997. Andelen villaks i skjellmaterialet var henholdsvis 42 og 40 % i 1998 og 1999. Det indikerer at mye av fangstøkningen skjedde på grunn av en økning i oppgangen av villaks og at denne villaksen må ha kommet fra andre vassdrag. Her er det nærliggende å tenke på nabovassdraget Audna siden det er påvist betydelig feilvandring hos oppdrettet smolt utsatt i Audna til Mandalselva (Hansen et al. 1997). Også villsmolt fra Audna har feilvandret til Mandalselva (Thorstad & Heggberget 1997). I 1998 ble det registrert en betydelig økning i fangsten av laks i Audna sammenliknet med tidligere år. I 1998 og 2000 var fangstene henholdsvis 2393 og 2423 kg laks i Audna (det foreligger ingen fangststatistikk fra 1999). I perioden 1990 - 1997 ble det rapportert om mindre enn 1000 kg de fleste årene (Johnsen m. fl. 1999). I perioden 1994 - 1997 ble det registrert en økning i tettheten av laksunger i Audna (Barlaup m.fl. 1998) og dette var sannsynligvis årsaken til de økte fangstene i vassdraget i 1998 og 2000. På denne bakgrunn er det rimelig å anta at den økte produksjonen av laks i Audna kan forklare noe av den økte fangsten av villaks i Mandalselva i 1998 og 1999.

I år 2000 kom de første villlaksene av egen produksjon inn i fangstene i Mandalselva og dette kan forklare fordoblingen av fangsten dette året (4843 kg) sammenliknet med 1998 og 1999. Og den ytterligere fordoblingen av fangsten i 2001 (10 643 kg) skyldes den positive utviklingen i bestanden av laksunger som fant sted i vassdraget etter kalking (Larsen 2003). I perioden 2000 – 2006 økte andelen villaks i skjellprøvematerialet fra 63,6 % til 93,5 % og dette indikerer en klar styrking av bestanden av villaks. Andelen villaks i skjellprøvematerialet i 2006 inneholder imidlertid en ukjent andel laks utsatt som øyerogn, idet slike utsettinger kom i gang i Lågåna og Kosåna i 2003. Det er ikke mulig å skille slik laks fra naturlig gytt laks ved skjellanalyser. Hvis vi antar at noen av disse fiskene vandrer ut allerede som toårig smolt, vil gruppen "villaks" f.o.m 2006 i Mandalselva kunne inneholde en andel laks som er satt ut som rogn. Vi vet imidlertid ikke hvor stor denne andelen er.

Tidligere utsettinger av Carlin-merket smolt i Audna har resultert i en betydelig feilvandring (23,6 %) til Mandalselva (Hansen m.fl. 1997). Forekomsten av Carlin-merket laks i skjellmaterialet fra Mandalselva bekrefter at det forekommer feilvandrere fra mange vassdrag (Audna, Tovdalselva, Bjerkreimselva, Dirdalselva, Eira) i Mandalselva. Antallet feilvandrere fra Audna var spesielt stort, idet hele 47 av 59 Carlin-merkete laks som ble fanget i Mandalselva i 1998 var feilvandrere fra Audna. De 10 feilvandrende laksene som var merket som villsmolt i Audna og som ble fanget i Mandalselva i 2001, er en klar indikasjon på at villaks fra Audna også feilvandrer til Mandalselva.

Siden 1996 har det årlig blitt satt ut énsomrige, fettfinneklipte laksunger i Audna. Antallet har variert fra 10.000 (1996) til 94.200 (1999) individer, og i perioden 1996 - 1999 ble det satt ut omtrent like mange ensomrige, fettfinneklipte fisk i Audna som i Mandalselva. I årene 2000, 2001 og 2002 ble det satt ut henholdsvis 20.000, 22.000 og 38.000 ensomrige, fettfinneklipte laksunger i Audna. I tillegg ble det satt ut 2.500 ettårige, fettfinneklipte laksunger i 2001. I 2002 begynte man med rognplanting og i perioden 2003 – 2005 ble det årlig lagt ut ca. 50.000 rogn i Audna. Det

er ikke satt ut settefisk etter 2002 (Dag Eikeland pers. medd.). Den dokumenterte feilvandringen av utsatt smolt og villsmolt fra Audna gjør det sannsynlig at en del av den fettfinneklipte fisken i Mandalselva kan stamme fra utsettingene i Audna. I 1999 ble det fanget fire fettfinneklipte laks i Mandalselva. Settefisken i Mandalselva var sannsynlig for små høsten 1997 til at noen kunne ha vandret ut som ett-årig smolt i 1998. Det er derfor svært lite sannsynlig at de fire fiskene stammer fra utsatt fisk i Mandalselva, men mer sannsynlig at de kan stamme fra utsettingene i Audna i 1996. Det er derfor grunn til å tro at også noen av de fettfinneklipte laksene som ble fanget i Mandalselva i senere år stammet fra Audna.

Den relativt høye andelen av fettfinneklipt laks i den oppvandrende bestanden av laks i Mandalselva i 2001 viste at utsatt fisk utgjorde en viktig del av bestanden. Resultatene fra smoltundersøkelsene i 2001 bekreftet dette idet 40 % av bestanden av utvandrende smolt i var fettfinneklipt (Hvidsten m. fl. 2002). Etter 2001 har andelen utsatt fisk avtatt og dette skyldes sannsynligvis hovedsakelig en betydelig styrking av villaksbestanden i den samme perioden. Det er også sannsynlig at større konkurranse fra villaks på de områdene hvor det settes ut fisk kan ha resultert i dårligere overlevelse for den utsatte fisken.

Fangst i ulike soner

Fordelingen av antall laks mellom de ulike sonene i fangstoppgavene varierte lite fra år til år idet mer enn 90 % av laksen ble fanget i sone 2 (Mandal: Vik (Sandnes) – kommunegrense Mandal/Marnadal) og sone 3 (Marnadal: Kommunegrense Mandal/-Marnadal – Laudal kraftverk). Andelen i sone 2 har imidlertid vært synkende mens andelen i sone 3 har økt tilsvarende i perioden. Siden laksen ønsker å vandre tilbake til det området av elva hvor den er vokst opp, kan dette tyde på at produksjonen av smolt har økt i sone 3 sammenliknet med sone 2. Men det kan også være uttrykk for at fisk som har vokst opp i sone 4 (Øvre del: Laudal kraftverk – stopp lakseførende strekning) for en stor del blir fisket i sone 3 fordi den nøler med å vandre opp i sone 4.

Fordelingen av antall laks mellom de ulike sonene i skjellmaterialet var noe forskjellig fra fordelingen av antall laks i fangstoppgavene da det i alle år kom inn flest skjellprøver fra sone 3. Dette kan skyldes at de fleste sportsfiskerne som samler inn skjellprøver fisker på sone 3 eller at fiskerne på sone 3 er de ivrigste til å ta skjellprøver. Andelen skjellprøver fra sone 3 har også vært synkende i perioden (i motsetning til andelen laks i fangst-oppgavene) fra 74 % og 71 % henholdsvis i 2001 og 2002 til 37 % i 2005 og 44 % i 2006. Siden antall laks i fangstoppgavene var 10 – 15 ganger høyere enn antall laks i skjellmaterialet, er det grunn til å anta at fangstoppgavene gir det mest riktige bildet av fangstfordelingen i vassdraget.

Andelen fettfinneklipt fisk i fangstoppgaver i 2001 var betydelig høyere på delstrekning 4 oppstrøms Laudal kraftverk sammenlignet med områdene nedstrøms utløpet av Laudal kraftverk. Det samme var tilfelle med andel fettfinneklipt fisk i fangstoppgaver i 2002, 2003, 2004 og 2005 (for 2006 har vi foreløpig ingen oppgaver over fettfinneklipt fisk). Dette indikerer at den fettfinneklipte fisken vandret opp til de øvre delene i større grad enn annen fisk. Tellinger av oppvandrende laks i fisketrappa på dam Mannflåvann viste også en høg andel av fettfinneklipt fisk i både 2000 (45 %) og 2001 (41 %) (Hvidsten & Lamberg 2003). I alle år har den ensomrige settefisken blitt satt ut i områdene oppstrøms utløpet fra Laudal kraftverk. Bakgrunnen for dette var at erfaring tilsier at laks vil vandre tilbake til den elvestrekning hvor den har vokst opp (Heggberget 1989) eller satt ut (Hvidsten m.fl. 1994). Utsettingene ville dermed bidra til å øke oppvandringen til vassdragets øvre deler og gi en raskere reetablering av laks i vassdraget. Den høyere andelen fettfinneklipt fisk i vassdragets øvre deler tyder på at den valgte utsettingsstrategien var riktig. Andelen fettfinnklipte fisk i

fangstoppgavene fra sone 4 avtok imidlertid jevnt i perioden, fra 30 % i 2001, til 23 % i 2002 og 24 % i 2003 til 13 % i 2004 og til 9 % i 2005 (data fra 2006 mangler foreløpig). Dette har sannsynligvis sammenheng med økende villaksproduksjon i sone 4. Antall laks fanget i sone 4 sank i perioden 2001 - 2004 fra 90 laks i 2001 til 24 laks i 2004 og andelen laks fanget i sone 4 sank også i samme periode fra 2,7 % i 2002 til 1,6 % i 2003 og 0,9 % i 2004. Dette til tross for at skjedde en økning i tettheten av laksunger på disse områdene i perioden 1998 – 2003 og de største tetthetene av eldre laksunger i Mandalselva i 2003 ble funnet i Kosåna og ved Monan. I 2005 økte imidlertid fangsten av laks betydelig i sone 4 sammenlignet med tidligere år til 214 laks. Dette kan ha sammenheng med at det i løpet av sommeren 2005 ble gjennomført til sammen åtte forsøk med varierende vannslipp over dam Mannflåvann. Forsøkene var en videreføring av innledende forsøk som ble gjennomført i 2004 og var rettet inn mot å få fisken til å vandre forbi utløpet av Laudal kraftstasjon og samtidig få fiskene til å vandre opp gjennom hele minstevann-føringsløpet. Totalt gikk det opp mellom 1300 og 1500 fisk og mesteparten av vandringen var knyttet til 4 - 5 av forsøkene. Laks dominerte og det ble funnet godt samsvar mellom oppvandringen til Mannflåvann og fangsten i sone 4. Økningen i fangsten kom imidlertid vel en uke forsinket i forhold til oppgangen (Lura 2006).

I 2006 ble det fanget 188 laks i sone 4 og tendensen til økt fangst i sonen holdt seg dermed fra 2005. I 2006 ble forsøkene med varierende vannslipp over dam Mannflåvann videreført med til sammen 10 forsøk i løpet av sesongen. Regimet var noe endret i forhold til 2005 på bakgrunn av de resultatene som ble oppnådd da. Kontroll av antall oppvandrende fisk viste at det gikk opp noe mer enn halvparten av det som gikk opp i 2005 (Harald Lura pers. medd.).

6.1.4.3 Tovdalselva

Fangst av villaks og utsatt laks

De første villaksene ble fanget i Tovdalselva i 2000 og dette var sannsynligvis de første villaksene som hadde vokst opp i vassdraget etter at kalkingen kom i gang. Det kan imidlertid også ha vært villaks fra andre vassdrag blant dem siden det er registrert feilvandrere fra andre vassdrag også i Tovdalselva. Men det er registrert langt færre feilvandrere fra Audna til Tovdalselva enn til for eksempel Mandalselva (Hansen m. fl. 1997). Alle 15 laks som det kom inn skjellprøver av i 2000, hadde vært to år i elv og ett år i sjøen. De hadde m.a.o. vandret ut som toårig smolt i 1999 og var dermed gytt høsten 1996. Det stemmer godt med at dette var den første høsten Tovdalselva var fullkalket (Nøst 1999). 1997 var det første året det ble påvist laksyngel i Tovdalselva (Larsen 1998).

Andelen villaks i skjellprøvematerialet økte fra 0 % i 1998 og 1999 til 56 % i 2000 og til 98 % i 2005 og 93 % i 2006. På grunn av omfattende rognplantinger i Tovdalselva, er det imidlertid grunn til å anta at gruppen ”villaks” inneholder mye laks som er satt ut som rogn. Undersøkelser av utvandrende smolt fra vassdraget i 2004 viste at 81 % av smolten stammet fra rognplantinger (Barlaup m. fl. 2005).

Utsatt fisk utgjorde en meget vesentlig del av den oppvandrende bestanden av laks i Tovdalselva de første årene etter kalking og dannet et viktig grunnlag for den bestanden som nå er under utvikling. Samtlige ti fettfinneklipte laks som ble fanget i Tovdalselva i 2000 hadde vært ett år i sjøen og hadde vandret ut som to-årig smolt i 1999. De stammet derfor høyst sannsynlig fra utsettingen av ensomrig settefisk øverst i vassdraget i 1997 (kfr Johnsen 2003).

Rognplantingen som kom i gang i 2000 fungerer også etter hensikten og gir et vesentlig bidrag til reetableringen av laks i Tovdalsvassdraget (Barlaup m. fl. 2005).

Registreringer av Carlin-merket laks viser at det forekommer feilvandrere fra andre vassdrag (Bjerkreimselva, Mandalselva), men at feilvandringen til Tovdalselva av laks fra andre vassdrag synes å ha langt mindre omfang enn tilsvarende feilvandring til for eksempel Mandalselva.

Fangst i ulike soner

Boenfossen har vært et betydelig hinder for oppvandring i minst 150 år, først og fremst som følge av inngrep i forbindelse med utnytting av vannkraften (Matzow & Kleiven 2003). Det meste av fangstene ble derfor gjort nedstrøms Boenfossen. I tidsrommet 1884 - 1886 ble bare 4,6 % eller 600 kg fanget oppstrøms fossen, mot totalt 13 135 kg i hele vassdraget (Landmark 1889 etter Matzow & Kleiven 2003). I følge Saltveit (1984) kan ikke laks passere Boenfossen før vannføringen er nede i 10 - 12 m³/s. Video-overvåking av hvor mye fisk som samlet seg opp ved fire kamera-posisjoner i bunnen av Boenfossen i 2002, ble tolket til at mesteparten av fisken ikke vandret uten at vannføringen var under 5 m³/s i fossen (Lamberg 2003). På lav vannføring deler fossen seg i tre løp og fisken kan vandre opp alle løpene. I 2001 ble det laget noen terskelkulper for å lette oppgangen i det østligste løpet (Matzow 2003) og i september 2003 ble det åpnet en ny fisketrapp øst for fossen (Lamberg 2005). Denne trappa har avgjort lettet oppgangen og fisken kan nå vandre ved alle vannføringer (Dag Matzow pers. medd.)

I perioden 2001 - 2003 ble 98 - 100 % av laksen fanget nedstrøms Boenfossen. I 2004 skjedde det en endring, idet 21 % av fangsten ble gjort oppstrøms Boenfossen. I 2005 og 2006 ble henholdsvis 42 % og 41 % av laksen fanget oppstrøms Boenfossen. Også skjellprøvene fra Tovdalselva peker i samme retning idet 12 % av prøvene i 2004 kom fra strekningen oppstrøms Boenfossen. Tilsvarende tall for 2005 og 2006 var henholdsvis 30 % og 56 %. Dette tyder på at Boenfossen ikke lenger er det betydelige vandringshindret som den tidligere ble ansett å være. Dette skyldes sannsynligvis delvis at tiltakene som er gjennomført i fossen har virket og delvis at andelen laks som har vokst opp oppstrøms Boenfossen har økt betydelig i de senere årene.

Foreløpige analyser av skjellmaterialet fra 2005 tyder på at det var få to-sjøvinterlaks i materialet og at alle var fanget nedstrøms Boenfossen.

I november/desember 2004 ble det gjennomført en kartlegging av gytegroper av laks og sjøaure i hele den lakseførende delen av Tovdalselva, fra Herefossfjorden ned til øvre grense for brakkvannspåvirkningen nedenfor Boenfossen (Lund m. fl. 2005). Det ble funnet til sammen 271 gytegroper av laks oppstrøms Boenfossen. Gytegropene var temmelig jevnt fordelt i vassdraget.

6.1.5 Konklusjon

- Mandalselva har hatt en kraftig økning i laksefisket etter kalking og gjennomsnittsfangsten i de siste fem årene lå på 81 % av en antatt forventningsverdi ved full reetablering.

- Fangstene av laks i Tovdalselva var svært lave de første årene etter at kalkingen kom i gang, men har nå begynt å øke. Gjennomsnittsfangsten i de siste fem årene lå imidlertid bare på 10 % av en antatt forventningsverdi for fangst ved full reetablering.

- De omfattende utsettingene er sannsynligvis den viktigste årsaken til den langt raskere reetableringen av laks i Mandalselva.

- Fordelingen av laksefangstene i Mandalselva tyder på at minstevannføringsstrekningen mellom Laudal og Mannflåvann er en betydelig hindring for laksens oppvandring til de øvre delene i fiskesesongen.

- Fordelingen av fangsten i Tovdalselva i 2004 - 2006 tyder på at Boenfossen ikke

lenger er det betydelige vandrings-hinderet som den tidligere ble ansett å være.

- Utsatt fisk utgjorde en meget vesentlig del av den oppvandrende bestanden av laks i begge elvene de første årene etter kalking og har utgjort et viktig grunnlag for bestanden i Mandalselva og for den bestanden som nå er under utvikling i Tovdalselva.

- Utsatt fisk har blitt mindre viktig med årene i Mandalselva i takt med at villaksbestandene har økt. I Tovdalselva er det grunn til å tro at laks utsatt som rogn fortsatt utgjør en betydelig del av bestanden.

- Utsettingene i Mandalselva har vært særlig viktig for reetableringen i vass-dragets øvre deler.

6.1.6 Litteratur

Anon. 1994. Flerbruksplan for Mandalsvassdraget. Faggruppe for fisk og forurensning. - Sluttrapport fra fag-gruppen, januar 1994: 1 - 28.

Barlaup, B., Raddum, G.G. & Sundt, R.C. 1998. Audna. Fisk. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. DN-Notat nr. 3-1998: 117-120.

Barlaup, B., Gabrielsen, S.E., Skoglund, H., Kleven, E. & Moen, V. 2005. Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget. Årsrapport for 2004. - I: Hesthagen, T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004. DN-Utredning 2005-10: 8 - 14.

Carlin, B. 1955. Tagging of salmon smolts in the river Lagan. - Institute of Freshwater Research, Drottningholm. Report no. 36: 57-74.

Hansen, L.P., Staurnes, M., Fugelli, K. & Haraldstad, Ø. 1997. Overlevelse og vandring av laks utsatt som smolt i Audna og Lygna. - NINA Oppdragsmelding 469: 1 - 17.

Heggberget, T.G. 1989. Population structure and migration system of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the River Alta, North Norway. - A summary of the studies 1981 - 1986. In: Brannon, E. & Jonsson, B. (eds.). Proceedings of the Salmonid migration and distribution symposium, June 23-25, 1987, Trondheim, Norway.

Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991. Tap av laks i forsurede lakseelver i Norge. – NINA Oppdragsmelding 094: 1 - 12

Hindar, K. & Balstad, T. 2003. Genetiske studier av reetablering av laks i Mandalselva og Tovdalselva. - I: Laksen er tilbake i kalkede sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997 – 2002. DN – Utredning 2003 – 5: 40 – 42.

Hvidsten, N.A. & Lamberg, A. 2003. Telling av laks i Mandalselva med Logie fisketeller med undervanns videoover-våking som kontroll. - I: Laksen er tilbake i kalkede sørlandselver – Reetablerings-prosjektet 1997 – 2002. DN – Utredning 2003 – 5: 94 – 96.

Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. & Hansen, L.P. 1994. Homing and straying of hatchery-reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L., released in three rivers in Norway. - Aquaculture and Fisheries Management 25, Supplement 2: 9 - 16.

Hvidsten, N.A., Kroglund, F., Holst, J.C. & Johnsen, B.O. 2002. Undersøkelser av smoltøkologi i Mandalselva. - NINA Oppdragsmelding 730: 1 - 23.

Johnsen, B.O. 2003. Utsetting av ensomrige laksunger i Mandalselva og Tovdalselva: Overlevelse, vekst og spredning. - I: Laksen er tilbake i kalkede sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997 – 2002. DN – Utredning 2003 – 5: 58 – 62.

Johnsen, B.O., Nøst, T., Møkkelgjerd, P.I, & Larsen, B.M. 1999. Rapport fra Reetableringsprosjektet: Status for laksebestander i kalkede vassdrag. - NINA Oppdragsmelding 582: 1 - 79.

Kaste, Ø. 1999. Mandalsvassdraget. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1998. DN-Notat 1999-4: 102-127.

Kroglund, F., Hesthagen, T., Hindar, A., Raddum, G.G., Staurnes, M., Gausen, D. & Sandøy, S. 1994. Sur nedbør i Norge. Status, utviklingstendenser og tiltak. - Utredning for DN nr. 1994-10: 1-100.

Lamberg, A. 2003. Videoovervåking av laks og sjøaure under Boenfossen i 2002 - forholdet mellom fiskens atferd og vannføring. - Rapport til DN: 1 - 15.

Lamberg, A. 2005. Videoovervåking av oppvandrende laks og sjøaure i Boenfossen, Tovdalsvassdraget, 2003. I: Hesthagen, T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004. DN-Utredning 2005-10: 58 - 75.

Larsen, B.M. 1998. Tovdalselva. Anadrom fisk. - I: Kalking i vann og vassdrag. Mandalsvassdraget. Overvåking av større prosjekter 1997. . DN-Notat 1998-3: 85 - 87.

Larsen, B.M. 1999. Fisk. - I: Kalking i vann og vassdrag. Mandalsvassdraget. Overvåking av større prosjekter 1998. . DN-Notat 1999-4: 109 - 112.

Larsen, B.M. 2003. Utviklingen i tetthet av laks- og aureunger i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking. - I Laksen er tilbake i kalkede sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997 – 2002. DN – Utredning 2003 – 5: 53 – 57.

Lund, R. & Hansen, L.P. 1991. Identification of wild and reared Atlantic salmon using scale characters. – Aquaculture and Fisheries Management 22: 499 – 508.

Lund, R., Berger, H.M., Hoem, S.A. & Ugedal, O. 2005. Kartlegging av gyteområder og fysiske forhold i Tovdalselva. - NINA Minirapport 112: 1 - 12.

Lura, H. 2006. Oppvandring av fisk fra Laudal til Mannflåvann i 2005. - Ambio Miljørådgivning Rapport 25117-1: 1 - 38.

Matzow, D. 2003. Tovdalsvassdraget. - I: Laksen er tilbake i kalkede sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997 – 2002. DN – Utredning 2003 – 5: 20 - 23.

Matzow, D. & Kleiven, E. 2003. Laksebestanden I Tovdalselva - utvikling og historikk før kalking. - I: Laksen er tilbake i kalkede sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997 – 2002. DN – Utredning 2003 – 5: 27 - 30.

Mylona, S. 1993. Trends of sulphur dioxide emissions, air concentrations and depositions of sulphur in Europe since 1880. - EMEP/MSC-W Report 2/93: 1-35.

Nøst, T. 1999. Tovdalsvassdraget. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1998. DN-Notat 1999-4: 79-101.

Saltveit, S.J. 1984. Fiskeundersøkelser i Tovdal. Del IV. En vurdering av den lakseførende del av Tovdalselva. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske. Oslo 64: 1 - 27.

Sivertsen, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak. - NINA Utredning 10: 1 - 28.

Thorstad, E.B. & Heggberget, T.G. 1997. Oppvandring hos radiomerket laks og sjøørret i Mandalsvassdraget i forhold til minstevannføring, lokkeflommer, terskler og kalking. – NINA Oppdragsmelding 470: 1 – 41.

7 Analyser av grunnstoffer i otolitter

7.1 Foreløpige analyser av feilvandring hos laks på basis av grunnstoffer i otolitter

Nils Arne Hvidsten, Peder Fiske, Syverin Lierhagen og Bjørn Ove Johnsen

NINA-Trondheim

Sammendrag

Vi er usikre på om det er mulig å skille ungfisken fra Mandelselva, Tovdalselva, Otra og Numdedalslågen fra hverandre tilfredsstillende på grunnlag av brei screening av grunnstoffer i otolittene. Å finne heimelva til den voksen laksen blir derfor vanskelig, fordi det kan være betydelig forskjeller i innhold i flere av disse grunnstoffene mellom år i den samme elva. Vi har generelt større forventninger til at Sr ratio vil gi informasjon om heimelva til voksen laks enn grunnstoffene som ble benyttet i den breie screeningen. Det var bare Numedalslågen som lot seg identifisere i forhold til de tre andre elvene på grunnlag av Sr ratio målinger. Det er derfor ikke mulig å gi et sikkert svar på heimelva til voksenlaksen i disse elvene på grunnlag av grunnstoffene og Sr ratio i otolittene.

7.1.1 Innledning

Det er mange studier som viser at det kan være mulig på grunnlag av sporstoffer i otolitter å identifisere leveområdet for fisken i tidligere livsstadier (for eksempel Bacon m.fl. 2004). Den grunnleggende premissen for å gjøre denne analysen er at otolittene avspeiler miljøet som fisken har vokst opp i, og at otolittene er metabolsk stabile og derved avspeiler signaturen av ioner i det miljøet som den oppholder seg i (Campana & Neilson 1985; Fowler m.fl. 1995). Det har imidlertid vist seg at opptaket av ulike grunnstoffer kan bli diskriminert slik at kjemisk innhold i miljøet er forskjellig fra innholdet i otolitten (Campana 1999).

I Sørlandselvene, kanskje spesielt Otra, er det en betydelig fangst av voksen laks uten at det synes å være en stor nok produksjon av ungfisk i elvene som tilsier at voksenfisken stammer fra disse elvene. Det er derfor mulig at fisket for en stor del er basert på feilvandrere som kan komme fra elver som f.eks Numedalslågen eller Mandalselva. Med bakgrunn i at sporstoffanalyser av otolitter var lovende for elve-spesifikk identifisering, ble det igangsatt et prosjekt for om mulig å benytte dette til å se om det var mulig å komme en nærmere forklaring på herkomsten til voksen laks fanget i Otra, Tovdalselva og Mandalselva.

7.1.2 Metode og materiale

Ungfiskmaterialet fra Otra ble innsamlet ved elfiske, mens smolt ble fanget i feller i Numedalslågen, Tovdalselva og Mandalselva. Voksen laks ble dels fisket i ordinært sportfiske eller under stamfiske. Otolitter fra ungfisken kunne benyttes direkte i kjemisk analyse siden disse ikke hadde vært i sjøen. Otolittene fra voksen laks har vokst vesentlig i sjøen etter at den forlot elva. For å få tak i ferskvannsavsetningene i otolitten, var det nødvendig å slipe vekk soner på otolitten som var dannet i sjøfasen. Vi slipte otolitten ned til sentrum og boret ut et 1,1 mm tykt lag innenfor smoltsonen. Nedsliping av otolitten ble gjennomført av NINA personell, mens utboringen ble gjennnomført ved SINTEF's laboratorier. Utboringen er gjennomført etter konferanse med Kennedy (Kennedy m.fl. 2002).

Otoilittene ble oppsluttet i 2 ml 6 M HNO_3 i mikrobølgeovn, volumet ble så justert til 20 ml med 18,2 megaohm destillert vann. Dette tilsvarer en 0,6 M HNO_3 løsning. Analysene er gjennomført av NTNU ved hjelp av HR-ICP-MS. Konsentrasjonen av elementene på vektbasis ble beregnet ut fra konsentrasjonene av kalsium i prøvene som ble antatt å være konstant 38% med kalsium i otolittene. Det ble gjennomført en brei

screening som omfattet i alt 30 grunnstoffer i alt ungfiskmaterialet og noen kjerneprøver fra voksen laks fra alle elvene.

Analyser av innhold av stabile isotoper ($^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio) har vist seg å være en mulig bedre metode for å identifisere oppvekstlokaliteten til laks og annen fisk enn sporstoffanalyse (for eksempel Kennedy m.fl. 2002). Det ble derfor analysert på stabile isotoper av Sr på det samme materialet som ble undersøkt for sporstoffer. En oversikt over innsamlet og bearbeidet materiale er vist i **tabell 7.1**. Detaljert oversikt over metoden benyttet for bestemmelse av $^{87}Sr/^{86}Sr$, er vist i **vedlegg 7.1**. Oppgitt ratio for hver enkelt prøve, er gjennomsnittet av 1600 enkelt ratioer. Hver prøve ble analysert 2 eller 3 ganger, dvs av et gjennomsnitt av 3200/4800 ratioer total. Nøyaktighet og presisjon på metodene er utført mot sertifisert referansemateriale NIST 987.

De kjemiske analysene av sporstoffene er behandlet statistisk ved hjelp av stegvis diskriminantanalyse for å finne fram til kombinasjoner av grunnstoffer som i størst mulig grad bidro til å skille fisk fra ulike lokaliteter. Innholdet av stabile isotoper av Sr (Sr -ratio) ble testet med ANOVA. De statistiske testene ble gjennomført i SPSS (ver.14.0).

Tabell 7.1. *Oversikt over elv/lokalitet, laksestadiu, totalt antall otolitter og antall otolitter brukt til å analysere grunnstoffer anlagt i otolitter i ferskvannsfasen hos laks.*

Elv/lokalitet	Statium	Hel otolitt: antall	Kjerne otolitt tatt ut: antall	Screening: antall	Ratio $^{87}Sr/^{86}Sr$: antall
Mandalselva	Smolt	15	-	15	15
Mandalselva	Voksen laks	-	16	3	3*
Otra, rusefanget	Smolt	9	-	9	9
Otra, Vigelandsfossen	Presmolt	10	-	10	10
Otra, Lonane	Presmolt	10	-	9	9
Otra	Voksen laks	-	15	3	3*
Tovdalselval, ruse-fanget	Smolt	10	-	10	10
Tovdalselva	Voksen laks	-	5	3	3*
Numedalslågen, fellefanget	Smolt	11	-	10	10
Numedalslågen	Voksen laks	-	9	-	9

**Gjelder hele otolitter (sjøfasen er med).*

7.1.3 Resultater

7.1.3.1 Analyse av mulige potente grunnstoffer for å identifisere heimelva

Ungfisken i Mandalselva, Otra, Tovdalselva og Numedalslågen hadde forskjellige gjennomsnittsverdier av sporstoffer i otolittene (**tabell 7.2**). Det var store forskjeller i gjennomsittlig innhold mellom elvene i strontium (Sr), ytterium (Y), tallium (Tl) og barium (Ba), men det er betydelig overlapp mellom verdiene.

Tabell 7.2. *Gjennomsnittskonsentrasjoner, standard feil (SE), minimumsverdi, maksimumsverdi og forskjell (F) mellom elvene i innhold av grunnstoffer i otolitter fra laksunger i Mandalelva, Otra, Tovdalselva og Numedalslågen. Antall fisk i hver gruppe er minimum 9 stk. (Tl= tallium, K= kalium, Sr= strontium, Y= ytterium, Ba= Barium, Rb= rubidium, Zn= sink).*

Grunn-stoff	Elv	Gj.snitt (µg/g)	SE	Min	Maks	F	P
Tl	Mandal	0,37	0,023	0,22	0,49	16,71	0,000
	Tovdal	0,33	0,043	0,16	0,53		
	Otra	0,23	0,010	0,12	0,34		
	Numedal	0,18	0,010	0,13	0,25		
K	Mandal	1266,78	35,467	1044,24	1531,91	4,01	0,011
	Tovdal	1150,24	97,329	579,48	1623,56		
	Otra	1303,58	39,585	1023,98	1968,00		
	Numedal	1451,75	38,162	1293,50	1672,98		
Sr	Mandal	446,97	19,124	316,36	590,98	17,22	0,000
	Tovdal	695,04	90,220	446,57	1106,59		
	Otra	1023,89	67,403	529,33	1761,00		
	Numedal	624,45	7,106	581,00	658,00		
Y	Mandal	0,01	0,000	0,00	0,01	16,048	0.000
	Tovdal	0,01	0,001	0,01	0,02		
	Otra	0,01	0,001	0,00	0,02		
	Numedal	0,00	0,000	0,01	,01		
Ba	Mandal	7,74	0,454	4,80	10,53	13,953	0,000
	Tovdal	18,36	3,206	9,52	34,20		
	Otra	25,85	2,137	10,76	44,23		
	Numedal	18,71	1,307	9,39	24,78		
Rb	Mandal	1,62	0,098	1,11	2,44	3,148	0,031
	Tovdal	1,36	0,180	0,60	2,49		
	Otra	1,47	0,048	0,98	2,12		
	Numedal	1,82	0,143	1,26	2,89		
Zn	Mandal	34,84	3,944	19,67	83,88	2,787	0,048
	Tovdal	25,75	1,393	15,94	32,00		
	Otra	38,36	3,255	13,91	73,57		
	Numedal	28,09	0,731	23,50	32,40		

Med en stegvis diskriminantanalyse av sporstoffene i otolittene fra ungfisken var det i begrenset grad mulig å kjenne igjen heimelva (**tabell 7.3**). I den stegvise diskriminantfunksjonen var det Tl205, Sr88, Y89, Rb85 som utgjorde variablene i modellen. I de fire elvene Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen plasserte fisken seg i riktig elv i 69 % av tilfellene, mens all Numedalsfisk plasserte seg korrekt. Av 15 Mandalssmolt plasserte det seg en i Tovdalselva og to i Numedalslågen, mens resten var rett plassert. Av 10 Tovdalsfisk plasserte 3 seg riktig, med 4 fisk i Mandalselva og 3 i Otra. Otrafisk ble plassert i alle elvene, av 29 fisk havnet 19 i riktig elv, 5 i Mandalselva, 3 i Numedalslågen og 2 i Tovdalselva.

Otolittanalysene av ungfisken viser at fisk fra Tovdalselva og Otra ikke skiller seg godt nok ut fra de øvrige. Å finne heimelva til den voksne fisken fanget i disse elvene på bakgrunn av sporstoffene i otolittene er for dårlig, med mindre de er fra Numedalslågen eller Mandalselva. Imidlertid viser det seg at otolitter fra Lonane bekk i Otra har en avvikende kjemi sammenliknet med resten av elva. Dersom en tar ut ungfiskmaterialet fra Lonane bekk får en et bedre treff for heimelv, med en treffprosent på 80 % for de fire elvene (**tabell 7.4**).

Når en tar ut materialet fra Lonane bekk plasseres 18 av 20 ungfisk fra Otra seg i riktig elv, mens to blir plassert i feil elv.

Tabell 7.3. *Predikert gruppemedlemskap med bakgrunn i kjent heimelv hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen på bakgrunn av innholdet av 7 grunnstoffer i otolittene. Kryssvalidering er benyttet* (se* ***tabell 7.1****)*

	Elv	**Predikert gruppe medlemskap**				**Totalt**
Enhet		Mandal	Tovdal	Otra	Numedal	
Antall	Mandal	12	1	0	2	15
	Tovdal	4	3	3	0	10
	Otra	5	2	19	3	29
	Numedal	0	0	0	10	10
%	Mandal	80,0	6,7	,0	13,3	100,0
	Tovdal	40,0	30,0	30,0	,0	100,0
	Otra	17,2	6,9	65,5	10,3	100,0
	Numedal	,0	,0	,0	100,0	100,0

*I kryss-validering er hvert tilfelle klassifisert ved funksjonene fra alle elvene untatt den det gjelder. 68,8% av de kryssvaliderte elvene er korrekt klassifisert.

***Tabell 7.4**. Predikert gruppemedlemskap med bakgrunn i kjent heimelv hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen på bakgrunn av innholdet av 7 grunnstoffer i otolittene. (se tabell 2). Ungfisken fra Lonane i Otra er tatt ut av ved denne analysen. Kryssvalidering er benyttet.**

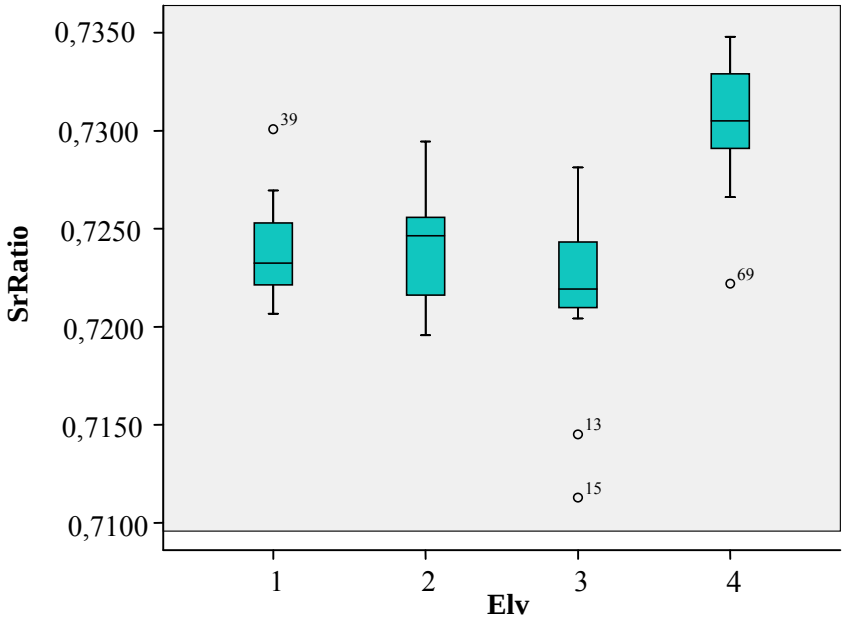
		Predikert gruppemedlemskap				**Totalt**
	Elv	Mandal	Tovdal	Otra	Numedal	
Antall	Mandal	13	1	0	1	15
	Tovdal	5	3	1	1	10
	Otra	0	1	18	1	20
	Numedal	0	0	0	10	10
%	Mandal	86,7	6,7	,0	6,7	100,0
	Tovdal	50,0	30,0	10,0	10,0	100,0
	Otra	,0	5,0	90,0	5,0	100,0
	Numedal	,0	,0	,0	100,0	100,0

*I kryss-validering er hvert tilfelle klassifisert ved funksjonene fra alle elvene untatt den det gjelder.80,0 % av de kryssvaliderte elvene er korrekt klassifisert.

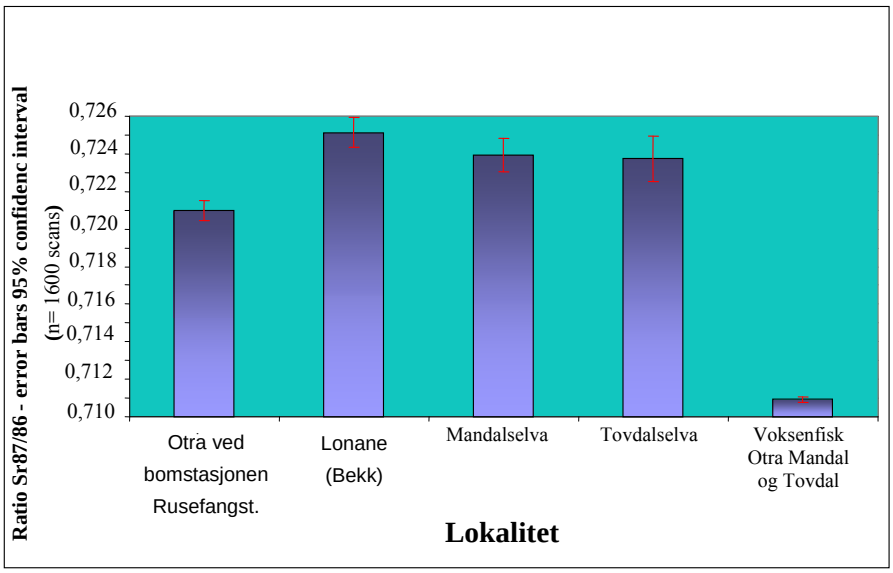
7.1.3.2 Analyse av stabile strontium isotoper, $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio

Innholdet av Sr isotoper i otolitter fra ungfisk og smolt i fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen viser at fisk fra Numedalslågen skiller seg fra de øvrige elvene (**figur 7.1**.)

Gjennomsnittsverdiene for $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio var hhv 0,7239, 0,7241, 0,7221 og 0,7301 for Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen. Det var stor grad av overlappende verdier hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva og Otra. Dersom en tar ut Lonane bekk fra Otra-materialet, skiller ungfisk fra Otra seg fra Mandalselva, Tovdalselva og Numedalslågen (**figur 7.2**).



***Figur 7.1**. Boksplott av $^{87}Sr/^{86}Sr$ forholdet i otolitter fra ungfisk i Mandalselva (1), Tovdalselva (2), Otra (3) og Numedalslågen (4).*



***Figur 7.2**. Histogram over Sr-ratio i Otra med og uten Lonane bekk, Mandalselva og Tovdalselva. Analyse av hele otolitter voksen fisk fra Otra, Mandal og Tovdalselva er også vist.*

Imidlertid var det umulig å skille ungfisk fra Mandalselva og Tovdalselva på bakgrunn av Sr-ratio. En diskriminantanalyse på grunnlag av Sr-ratio ga en treffsannsynlighet for alle elvene på hhv 58 og 50% for all ungfisken uten og med Lonane bekk i Otra (**vedlegg 7.2**).

7.1.3.3 Kombinert diskriminantanalyse av grunnstoffanalyse og Sr ratio

Kombinert screening av grunnstoffene i otolittene og Sr ratio målingene i en diskriminantanalyse, hvor en utelater materialet fra Lonane bekk i Otra, er meget bra med en total treffsannsynlighet på 87% (**tabell 7.5**).

En samlet oversikt over treffsannsynlighet til riktig elv med og uten materialet fra Lonane bekk i Otra ved kombinasjon av analysene fra screening av 7 grunnstoffer og Sr ratio er vist i **tabell 7.6**.

Tabell 7.5. *Predikert gruppemedlemskap med bakgrunn i kjent heimelv hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen på bakgrunn av innholdet av 7 grunnstoffer (se* ***tabell 7.2****) og Sr ratio i otolittene. Ungfisken fra Lonane bekk i Otra er tatt ut av ved denne analysen. Kryssvalidering er benyttet**

	Elv	Predikert gruppe medlemskap				Totalt
		Mandal	Tovdal	Otra	Numedal	
Antall	Mandal	13	1	0	1	15
	Tovdal	3	6	0	1	10
	Otra	0	0	19	0	19
	Numedal	1	0	0	8	9
%	Mandal	86,7	6,7	,0	6,7	100,0
	Tovdal	30,0	60,0	,0	10,0	100,0
	Otra	,0	,0	100,0	,0	100,0
	Numedal	11,1	,0	,0	88,9	100,0

*I kryss validering er hvert tilfelle klassifisert ved funksjonene fra alle elvene untatt den det gjelder. 86,8 % av de kryssvaliderte elvene er korrekt klassifisert.

Tabell 7.6. *Kombinert diskriminantanalyse av 7 grunnstoffer og Sr ratio. Treffsannsynlighet for riktig plassering til elv med og uten materialet fra Lonane bekk i Otra er vist.*

Diskriminant analyse	Med Lonane bekk i Otra	Uten Lonane bekk i Otra
Sporstoff 7 grunnstoffer	68,8	80,0
Sr ratio	50,0	58,2
Sporstoff / grunnstoffer og Sr ratio	71,0	86,8

7.1.3.4 Analyse av ferskvannsdelen av voksen laks otolitter

Vår metode for uttak av kjerneprøver av otolittene på voksen laks (ferskvannsfasen av otolitten) viste at prøvevolumet fra kjernen var for liten til å gi tilfredsstillende målesikkerhet både for sporstoff- og Sr ratio analyse.

Hele otolitter av voksen laks fra (Mandalselva, Tovdalselva og Otra) viste en lavere verdi av Sr ratio enn otolitter fra ungfisken (**figur 7.2**). Høy Sr ratio indikerer yngre bergarter enn lav Sr ratio. Det vil si at berggrunnen i områdene vi har undersøkt er yngre enn berggrunnen som gjenspeiles i sjøvann.

7.1.4 Samlet vurdering

Vi er usikre på om det er mulig å skille ungfisken fra Mandelselva, Tovdalselva, Otra og Numdedalslågen fra hverandre tilfredsstillende på grunnlag av brei screening av grunnstoffer i otolittene. Å finne heimelva til den voksne fisken fanget i disse elvene på bakgrunn av sporstoffene i otolittene kan derfor bli vanskelig. Dette med bakgrunn i at det kan være betydelig forskjeller mellom år i flere av disse grunnstoffene. Innledende analyser av sporstoffer i elver i Trondheimsfjorden tydet på at det var mulig å lage et signaturkart. Imidlertid viste senere tester av fisk med kjent opphav at de i stor grad ble plassert i feil elv (upublisert data).

Strontium ratio er sannsynligvis mer stabil over tid og i utgangspunktet bedre egnet til å

klassifisere elvene enn en brei screening av mange grunnstoffer. Imidlertid viste det seg at Sr ratioene i otolittene var for udifferensierte mellom Sørlandselvene til å skille fisken fra hverandre.

Vi har generelt større forventninger til at Sr ratio vil gi informasjon om heimelva til voksen laks enn grunnstoffene som ble benyttet i den breie screeningen. Siden Sr ratioene i liten grad kan brukes til å identifisere heimelva, og at det er lite sannsynlig at sporstoffnivåene er repeterbare, vurderer vi det som usikkert om en vil kunne identifisere heimelva til voksenlaksen tilfredsstillende. Dersom sporstoffanalysene imidlertid er repeterbare over år, og en kan kombinere analysen med Sr ratiomålinger, vil det teoretisk være mulig å identifisere heimelva til laksen som blir fisket i disse elvene. Det er imidlertid foreløpig ikke mulig å gi et sikkert svar på heimelva til voksenlaksen i disse elvene. Det kan være mulig å angi hovedtrekkene i feilvandringen mellom elvene. Dette skyldes at fisk fra Numedalslågen og Mandalselva, som de antatt viktigste ungfiskprodusentene på Sørlandet, i stor grad lar seg identifiseres. I tillegg har fisk fra Otra også høy grad av riktig plassering.

Ved en videreføring av undersøkelsene må metoden for uttak av kjerneprøver fra otolittene på voksen laks (ferskvannsfasen) forbedres. Prøvemengden var for liten til å gi tilfredsstillende målesikkerhet både for sporstoff- og Sr isotopanalysen.

7.1.5 Litteratur

Kennedy, B.P., Klaue, A., Blum, J.D., Folt C.L. & Nislow, K.W. 2002. Reconstructing the lives of fish using Sr isotopes in otoliths. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 925-929.

Bacon, R.C., Weber, P.K., Larsen K.A., Reisenbichler, R., Fitzpatrick, J.A., & Wooden, J.L. 2004. Migration and rearing histories of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) determined by ion microprobe Sr isotope and Sr/Ca transects of otoliths. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 2425-2439.

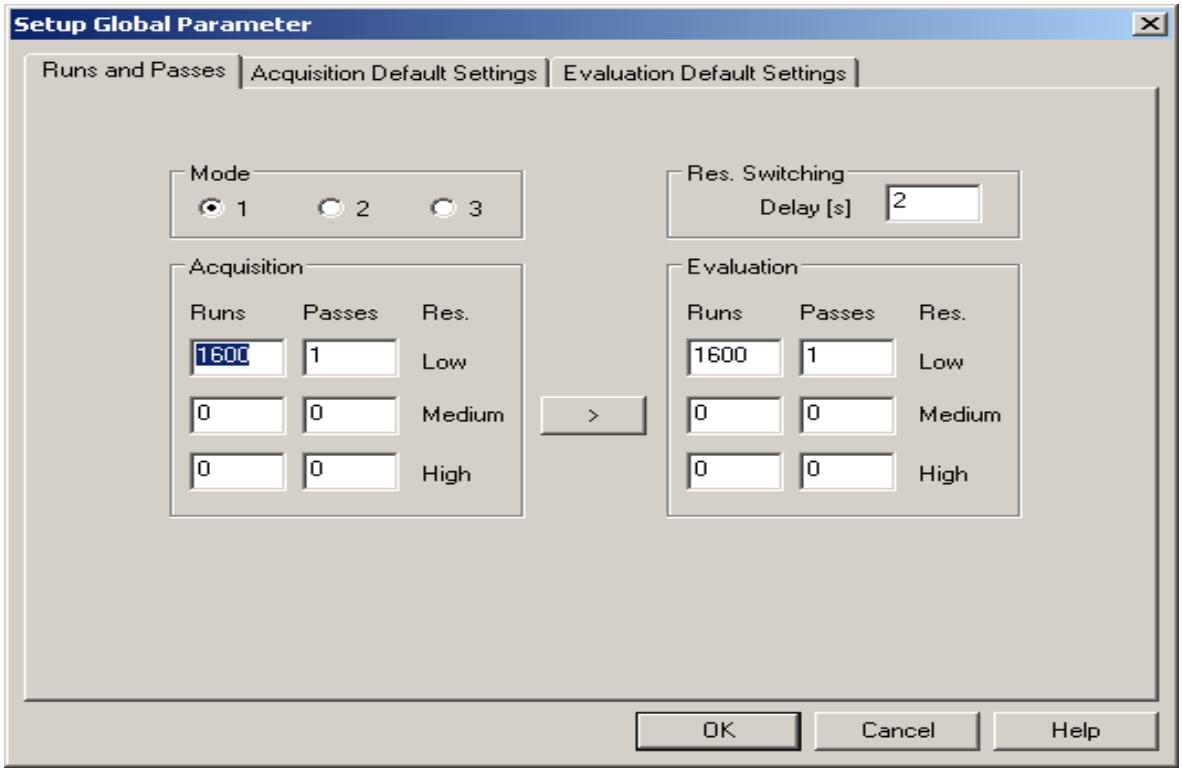
Campana, S.E. 1999. Chemistry and composition of fish pathways, mechanisms and applications. – Mar. Ecol. Prog. Ser. 188: 263-297.

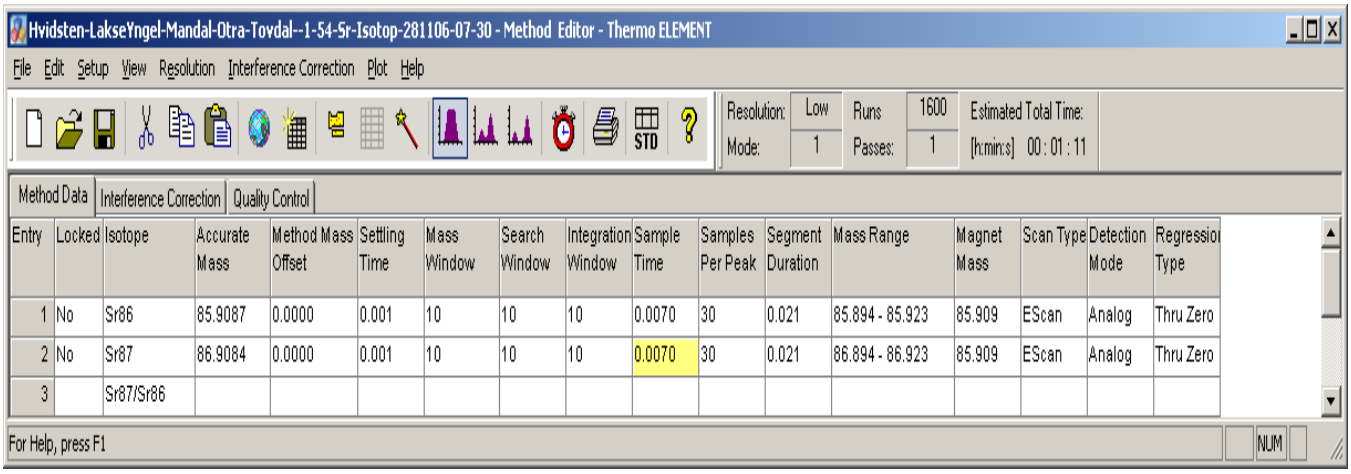
Campana, S.E. & Neilson, J.D. 1985. Microstructure of fish otoliths. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1014-1032.

Fowler, A.J., Campana, S.E., Jones, C.M. & Terrold, S.R. 1995. Experimental assessment of the effect of temperature and salinity on elemental composition of otoliths using soiution-based ICPMS. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1421-1430.

Vedlegg

Vedlegg 7.1. *Metode benyttet ved måling av Sr ratio i otolitter.*





Korrigering av masbias, ble utført mot sertifisert referansemateriale NIST 987. En slik korrigering er standard prosedyre ved isotopratiomålinger, fordi resultatene da er direkte sammelignbare med isotopratio-målinger utført av andre laboratorier.

***Vedlegg 7.2**. Predikert gruppemedlemskap med bakgrunn i kjent heimelv hos ungfisk fra Mandalselva, Tovdalselva, Otra og Numedalslågen på bakgrunn av Sr ratio i otolittene. Ungfisken fra Lonane bekken i Otra er tatt ut av ved denne analysen. Det er benyttet kryssvalidering**

	Elv	Predikert gruppe medlemskap				Total
		Mandal	Tovdal	Otra	Numedal	
Antall	Mandal	5	5	4	1	15
	Tovdal	0	4	4	2	10
	Otra	3	1	16	0	20
	Numedal	1	1	1	7	10
%	Mandal	33,3	33,3	26,7	6,7	100,0
	Tovdal	,0	40,0	40,0	20,0	100,0
	Otra	15,0	5,0	80,0	,0	100,0
	Numedal	10,0	10,0	10,0	70,0	100,0

*I kryss-validering er hvert tilfelle klassifisert ved funksjonene fra alle elvene untatt den det gjelder.
58,2 % av de kryssvaliderte elvene er korrekt klassifisert.

Utredninger oversikt

2004

2004-1:	Store og Lille Hovvatn i Aust-Agder - en samlerapport etter 25 år med forsuringsundersøkelser og kalking	50,-
2004-2:	Sportsfiske etter sjøørret i Trondheimsfjorden. Deltakelse i fisket og estimering av fangst	50,-
2004-3:	Satellittdata til kartlegging av arealdekke. Utprøving av beslutningstremetodikk i Østfold fylke	50,-
2004-4:	Vannkjemisk og biologisk utvikling i innsjøen Vegår i Aust-Agder etter 17 år med kalking	50,-
2004-5:	Moser i kulturlandskapet og registreringer i åkerkanter og beitemark i Trondheimsfjordområdet.	.50,-
2004-6:	Bestandsstatus for laks i Norge 2003. Rapport fra arbeidsgruppe	50,-
2004-7:	Vossolaksen - bestandsutvikling, trusselfaktorer og tiltak	50,-

2005

2005-1:	Report of the workshop on introduced marine organisms: Risks and management measures	50,-
2005-2:	Nasjonal overvåking av marint biologisk mangfold i kystsonen	50,-
2005-3:	Bleka i Byglandsfjorden - bestandsstatus og tiltak for økt naturlig rekruttering	50,-
2005-4:	Bestandsstatus for laks i Norge 2004. Rapport fra arbeidsgruppe	50,-
2005-5:	Effekter av kalking på biologisk mangfold. Undersøkelser i Tovdalsvassdraget 1999-2001	nettversjon
2005-6:	Endringer i norsk flora	50,-
2005-7:	Utvärdering av Norges nationella övervakningsprogram för stora rovdjur	nettversjon
2005-8:	Satellittbilder til kartlegging av arealdekke endringer - en utprøving av metodikk for utvalgte inngrepstyper	50,-
2005-9:	Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2001-2003	50,-
2005-10:	Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004	50,-

2006

2006-1:	Effects on the marine environment of ocean acidification resulting from elevated levels of CO_2 in the atmosphere	50,-
2006-2:	Effekter av klimaendringer på økosystemer og biologisk mangfold	50,-
2006-3:	Bestandsstatus for laks	50,-
2006-4	Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2005	50,-
2006-5	Satellittdata til kartlegging av arealdekke. Utprøving av tilgjengelige kartdata for klassifisering av Sør-Trøndelag	50,-

2007

2007-1:	Den norske våtmarksarven. Styrket forvaltning og utvidelse av nettverket av Ramsarområder og andre vernede våtmarker i Norge. Tiltaksplan 2007-2010	50,-
2007-2:	Bestandsstatus for laks 2007. Rapport fra arbeidsgruppe	50,-
2007-3:	Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2006	50,-

Utredning er utarbeidet av andre på oppdrag av DN eller i et samarbeid med DN. Innholdet har karakter av råd til DN.

Rapport er utarbeidet av DN, og gir uttrykk for direktoratets forslag eller standpunkter.

Notat er enklere oversikter, sammenstillinger, referater og lignende.

Håndbok gir veiledning og konkrete råd om forvaltning av naturen, som regel til bruk for lokale forvaltningsorganer

Temahefte gir en popularisert framstilling av et tema.

Mer info:
www.dirnat.no/publikasjoner

Direktoratet for naturforvaltning (DN) er det sentrale, utøvende og rådgivende forvaltningsorganet innenfor bevaring av biologisk mangfold, friluftsliv og bruk av naturressurser. DNs visjon, **For liv i naturen og natur i livet,** er et uttrykk for dette. DN er administrativt underlagt Miljøverndepartementet.

Myndigheten til å forvalte naturressurser er gitt gjennom ulike lover og forskrifter. Ut over lovbestemte oppgaver har direktoratet også ansvar for å identifisere, forebygge og løse miljøproblemer ved samarbeid, rådgivning og informasjon overfor andre myndigheter og grupper i befolkningen.

ISBN Trykt versjon 978-82-7072-718-6 - Elektronisk versjon 978-82-7072-719-3 ISSN 0804-1504 TE 1231 **NOK 50,-** Omslag: Guri Jermstad Print: Norservice

Direktoratet for
naturforvaltning

7485 Trondheim Telefon: 73 58 05 00 Telefaks: 73 58 05 01 www.dirnat.no