Direktoratet for **naturforvaltning**

Utredning 2005-9

Reetablering av laks på Sørlandet

Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2001-2003


Miljøsamarbeid


Naturområder og arealbruk


Dyr og planter


Friluftsliv



Reetablering
av laks på Sørlandet
Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2001-2003

Ustredning 2005-9

Utgiver:
Direktoratet for naturforvaltning

Dato:
November 2005

Antall sider:
83

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 1128

Refereres som:
Hesthagen, Trygve, redaktør. 2005. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2001-2003. DN-utredning 2005-9

Foto forside: Ørnulf Haraldstad
Bilde av Haugefossen i Mandalselva

Ekstrakt:
Mandalselva hadde rekordfangst av laks i 2001 med 10,6 tonn. I 2002 og 2003 var utbyttet henholdsvis 7,5 og 8,1 tonn. I Tovdalselva ble det bare tatt 300-350 kg laks i samme periode. Hovedtygden av laksen i begge elvene er nå naturlig rekruttert, idet villfisken utgjorde henholdsvis 95 og 89 % av totalen. Mandalselva og Tovdalselva koloniseres av genetisk ulik laks. I Tovdalselva ble det i 2002-03 lagt ut 528.000 øyerogn av laks i gruskasser av Storelvastammen. Seksti prosent av ettårigene (1+) fra elva høsten 2002 var plantet som rogn, basert på fargemerke i otolitten. Høsten 2003 var andelen utsatt fisk i ulike aldersgrupper slik: 20 % hos 0+, 38 % hos 1+ og 78 % hos 2+. Våren 2003 ble det lagt ut 176.000 øyerogn av Bjerkreimsstammen i Lågåna og venfor lakseførende strekning i Kosåna i Mandalsvassdraget. Høsten 2003 var tettheten av yngel i de to elvene henholdsvis 33 og 27 individ pr. 100 m^2. I Lågåna stammet bare 17 % av yngelen fra utlagt rogn, mot 100 % i Kosåna (ikke laks tidligere). Rognoverlevelsen var høy i alle tre elvene, med 95-97 %. I perioden 2001-03 ble det satt ut nærmere 100.000 énsomrige laksunger (finneklipt) i Mandalselva. Én måned seinere i de tre åra var gjennomsnittlig tetthet henholdsvis 8,4, 13,7 og 7,5 individ pr. 100 m^2. I 2001 og 2002 var tettheten av ettårig settefisk henholdsvis 3,9 og 0,9 individ pr. 100 m^2. I Mandalselva skjer smoltutvandringen hovedsakelig i perioden 10. mai til 10. juni. Smolt som stammet fra utsatt fisk (yngel) ble fanget seinere enn naturlig produsert fisk. Andelen utsatt fisk blant smolten har avtatt i de siste åra; fra 40 % i 2001, 26% i 2002 til 10 % i 2003. Smoltsens fysiologiske status i Mandalselva våren 2003 var tilfredsstillende. Videoovervåking viste at Boenfossen virker som et vandringshinder for laks og sjøaure ved vannføringer over 20 m^3/sek.

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 the River Mandalselva, salmon catches amounts to 10.6 tons in 2001, i.e. four years after liming started. In 2002 and 2003, the catches were 7.5 and 8.1 tons, respectively. In the River Tovdalselva, the annual catches of salmon have been low, with only 0.3-0.4 tons during the period 2001-03. The proportion of natural produced salmon in the rivers Tovdalselva and Mandalselva have increased highly in recent years, reaching 89 and 95 % among adults in 2003, respectively. The salmon that are colonizing these two rivers are genetically different. The upper part of River Tovdalselva have been stocked with eyed eggs in the river bed since 2000, based on brood stock from a nearby river (River Storelva). In 2002 and 2003, a total of 528.000 specimens were released into the river. Stocked fish now constitutes a relatively large part of the salmon in River Tovdalselva. In 2003, the proportion of released individuals among young fish (0+ to 2+) ranged between 20-7 8%.
In 2003, two tributary streams to River Mandalselva, Lågåna and Kosåna, were also stocked with eyed eggs (n=176.000), based on brook stock from a nearly river (River Bjerkreimselva). The survival of eyed eggs were large in all three rivers (95-97 %). River Mandalselva has been stocked with more than 1,5 million one-summer-old salmon after liming in 1997. This fish is based on brood stock from River Bjerkreimselva, and they could be recognized by fin-clipping. Analysis of the smolt catches show a reduced proportion of stocked fish in recent years, from 40 % in 2001 to 10 % in 2003. The health status for presmolt/smolt in River Mandalselva using gill-Al concentration indicate a satisfactory water quality after liming.

Forord

Agderfylkene hadde opprinnelig sju større lakseførende vassdrag. I løpet av første halvdel av 1900-tallet førte sur nedbør til at laksestammene i alle disse vassdragene ble utryddet. De siste individene fra de opprinnelige laksestammene på Sørlandet regner en med forsvant rundt 1970. Sur nedbør har utryddet laksestammene i minst 18 vassdrag i Sør-Norge, mens 12 stammer regnes som utryddingstruet på grunn av forsuring. I 1996 og 1997 kom det igang fullkalking på lakseførende strekning i henholdsvis Tovdals- og Mandalsvassdraget. Dette var to av de betydeligste laksevassdragene på Sørlandet før forsuringen startet. Målsettingen med kalkingsprosjektene var å skape en god nok vannkvalitet til at sjølreproduserende laksebestander kunne reetablere seg i de to elvene. I 1997 opprettet Direktoratet for naturforvaltning (DN) Reetableringsprosjektet, som de leder i samarbeid med fylkesmennene i Vest-Agder og Aust-Agder. Flerbruksplan for Mandalsvassdraget/Agder Energi og forskningsinstitusjonene 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. Målsettingen med prosjektet er å gjennomføre en genetisk og veterinærmessig forsvarlig fiskekultivering av vassdragene, samt sikre en vitenskapelig basert kunnskapsoppfølging gjennom ulike FoU-aktiviteter. Denne rapporten gir en oppsummering av resultatene fra Reetableringsprosjektet for perioden 2001 til 2003.

Trondheim, november 2005

Yngve Svarte
Direktør Artsforvaltningsavdelingen

Innledning

Forsuringen har påført laksebestandene i Sør-Norge store tap. Ut fra utviklingen i fangststatistikken ble trolig laksen i elvene på Sørlandet forsuringsskadet på slutten av 1800-tallet. Det skjedde nemlig en klar nedgang i fangstene etter laks i alle elvene i denne landsdelen allerede før århundreskiftet. Reduksjonene i laksebestandene fortsatte også etter 1900, og på 1920-tallet var utbyttet bare en brøkdel av nivået noen tiår tidligere. Samtidig med den negative utviklingen i laksefangstene tidlig på 1900-tallet, ble det rapportert om omfattende fiskedød i flere elver. Midten på 1920-tallet skjedde det imidlertid et gjennombrudd i forskningen på området, idet surt vatn ble identifisert som årsaken til fiskedøden. Etter dette ble det i flere klekkerier med hell innstallert kalkingsfiltre for å avsyre det sure vatnet, og dette hindret stor dødelighet på rogn og yngel. Men kalking av lakselver på Sørlandet ble imidlertid ikke satt igang før i 1985, da Audna ble fullkalket. Ytterligere to lakselver ble kalket på 1980-talet, nemlig Vikedalselva og Soknedalselva i Rogaland. I dag blir 22 lakseførende vassdrag her i landet fullkalket.

Tovdals- og Mandalsvassdraget er blant de lakseførende vassdragene på Sørlandet som nå fullkalkes, med oppstart i henholdsvis 1996 og 1997. I 1997 opprettet Direktoratet for naturforvaltning (DN) et forskningsprosjekt med basis i disse to elvene, som blir kalt Reetableringsprosjektet. Målsettingen med prosjektet var å gjennomføre en faglig forsvarlig fiskekultivering av vassdragene, samt sikre en vitenskapelig basert kunnskapsoppfølging og forvaltning.

Det ble etablert sjølreproduserende laksestammer i både Mandalselva og Tovdalselva allerede året etter kalkingsstart. I 2003 ble det gitt en oppsummering av resultatene fra prosjektet så langt (Haraldstad & Hesthagen, red., 2003). Rapporten beskriver hva som er gjort av kalkings- og kultiveringstiltak i de to vassdragene, og viser status for reetableringen av laks i prosjektets første fase. Kultiveringstiltakene omfatter både utlegging av øyerogn og utsetting av én-somrig settefisk og smolt. Rapporten gir også en dokumentasjon av vannkvaliteten før og etter kalking, fiskens helsetilstad, genetisk karakterisering, samt utviklingen i tettheten av ungfisk og fangstutbytte av voksen fisk ved sportsfiske. Utviklingen i laksebestandene i de to elvene har imidlertid vært forskjellig. Mandalsvassdraget hadde en kraftig økning i mengden laksunger kort tid etter kalking, og i 2001 ble det registrert et oppfisket kvantum laks på hele 10,4 tonn. I Tovdalselva er tettheten av laksunger fortsatt relativt lav, og fangstene av voksen fisk er bare noen hundre kilo.

Den omfattende reguleringen av Mandalsvassdraget til kraftformål er ei anna utfordring ved reetableringen av laks i elva. Laudal kraftverk, som er den nederste og nyeste kraftverket, fikk konsesjon i 1975. Reguleringen medførte blant anna at vatnet på lakseførende strekning blir tatt inn i en tunnel ved utløpet av Mannflåvann, som har ført til svært redusert vassføring på strekningen nedenfor inntaket (5 km). Tilstanden i vassdraget med sterk forsuring og en utryddet laksestamme var viktige årsaker til at minstevassføringen ble satt så lav for 30 år siden. NVE har nå satt i gang en prosess med en eventuell revisjon av manøvrings-reglementet, mens DN og Agder Energi 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 er Uldalsgreina betydelig regulert med flere magasiner.

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra Reetableringsprosjektet for perioden 2001 til 2003. Dette omfatter genetiske studier (karakterisering), forsterkningstiltak (rognplanting og utsetting av énsomrige laksunger), smoltundersøkelser (utvandring og helsestatus) og bestandsundersøkelser av voksen fisk (opphav og vandringsatferd). Det blir også presentert en plan for videre undersøkelser i de to vassdragene. Det er tidligere publisert fire rapporter fra Reetableringsprosjektet (Johnsen 1999, red. Hesthagen, red. 2001a,b og Haraldstad & Hesthagen, red. 2003).

Litteratur

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

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

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

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

Innhold

1 Beskrivelse av vassdragene **8**
2 Genetiske undersøkelser **9**
2.1 Genetiske undersøkelser av reetablering av laks på Sørlandet 9
2.2 Innledning 9
2.3 Metoder 9
2.4 Resultater 10
2.5 Diskusjon 10
2.6 Litteratur 11
3 Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for reetablering av laks 12
3.1 Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget. Resultater fra prosjektet i 2002 og 2003 12
3.2 Utlegging av øyerogn i Kosåna og Lågåna i Mandalsvassdraget våren 2003 – beskrivelse og evaluering av tiltaket 20
4 Utsetting av laksunger 27
4.1 Utsetting av ensomrige laksunger i Mandalselva 2001-2003. 27
4.2 Innledning 27
4.3 Materiale og metoder 27
4.4 Resultater 28
4.5 Diskusjon 32
4.6 Litteratur 33
5 Smoltundersøkelser 34
5.1 Smoltutvandring i Mandalselva, 2001-2003. 34
5.2 Smoltstatus hos laks i Mandalsvassdraget og Tovdalsvassdraget våren 2003 40
6 Voksen fisk 50
6.1 Overvåking av bestandene av voksen laks i Mandalselva og Tovdalselva 50
6.2 Videoovervåking av oppvandrende laks og sjøaure i Boenfossen, Tovdalsvassdraget, 2003 58
7 Plan for videre undersøkelser 76
7.1 Sammenliknende undersøkelser av Mandals- og Bjerkreimslaks i Mandalselva 76
7.2 Simuleringer av gjenfangster av laks satt ut i Mandalselva 81

1 Beskrivelse av vassdragene

Mandalsvassdraget ligger i Vest-Agder og Aust-Agder fylker. Nedbørfeltet er på 1.800 km^2, med ei gjennomsnittlig vannføring ved utløpet på 89 m^3/sek. Anadrom fisk kan vandre opp til Kavfossen i Bjelland, ei strekning på 48 km. Kalkingen startet i Logåna i 1982, og på 1980 og 90-tallet ble flere innsjøer kalket. På midten av 1990-tallet ble det satt opp 4 kalkdoseringsanlegg i sidelvene Høyeåna, Hesså og Kosåna. Våren 1997 ble det satt igang kalking av hovedvassdraget, med anleggene på Smeland, Håverstad og Bjelland. Det vankjemiske målet for kalkingsvirksomheten i Mandalsvassdraget er satt til pH 6,0 fra 1. juni til 28. februar og til pH 6,2 fra 1. mars til 31. mai.

Det er foretatt betydelige vassdragsreguleringer i Mandalsvassdraget. 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 vannføring som følge av reguleringene: elva mellom Kavfossen og utløpet av Bjelland kraftverk, og elva mellom dam Mannflå og Laudal. Minstevannføringen om vinteren på de to strekningene er nå henholdsvis 1,0 og 1,5 m^3/sek. Strekningen Laudal-Mannflå på 5 km har tre fisketrapper og flere løsmasseterskler, noe som vanskeliggjør oppgangen for laks.

Tovdalsvassdraget ligger hovedsakelig i Aust-Agder, med deler i Vest-Agder og en liten del i Telemark. Tovdalsvassdraget består av to hovedgreiner i øvre del; Tovdalsgreina i øst og Uldalsgreina i vest. Nedbørfeltet er på 1.885 km^2, og med ei gjennomsnittlig vannføring ved utløpet på 65 m^3/sek. Uldalsgreina er regulert (Hanefoss kraftverk), mens Boenfossen ved utløpet er regulert til kraftproduksjon for Boen Bruk. Tovdalselva har ei lakseførende strekning på 45,5 km, til øvre ende av Herefossfjorden. 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) og dosereren i Kateåsåna, kalkes innsjøene Ogge, Høvringsvatn og åtte andre innsjøer. Det vankjemiske målet for kalkingsvirksomheten er satt til pH 6,0 fra 1. juni til 14. februar og til pH 6,2 fra 15. februar til 31. mai.

2 Genetiske undersøkelser

2.1 Genetiske undersøkelser av reetablering av laks på Sørlandet

Kjetil Hindar, Torveig Balstad, Kirsti Kvaløy og Kjartan Østbye
Norsk institutt for naturforskning-Trondheim

2.2 Innledning

Den genetiske delen av undersøkelsene av reetablering av laks på Sørlandet legger vekt på tre hovedpunkter:

1. Genetisk karakterisering av stamfisk, eller også av utsettingsmaterialet fra denne stamfisken.
2. Genetisk karakterisering av naturlig reprodusert ungfisk i vassdragene.
3. Bruk av genetiske metoder til å assistere de økologiske undersøkelsene av reetablering.

Det langsiktige målet er å følge den genetiske utviklingen av bestandene under reetableringsfasen, og sammenlikne resultatet med den historiske kunnskapen om laksebestandene i de kalkede elvene.

Fokus for undersøkelsene er Tovdalselva og Mandalselva, der det foregår reetablering både ved utsettinger og naturlig rekolonisering. Vi studerer også laks fra omkringliggende vassdrag, deriblant Sokndalselva der rekolonisering skjer uten utsetting, samt Vegårsvassdraget (Storelva i Holt) og Bjerkreimselva som brukes som kilde for utsettinger i henholdsvis Tovdalselva og Mandalselva.

Utsettingsmaterialet i Tovdalselva har vært avkom av vill laks fra Vegårsvassdraget, og avkom av førstegenerasjons stamfiskpopulasjon av Vegårsstamme på Finnså. Naturlig rekruttering var begrenset til de nederste delene av elva ved kalkingsstart i 1997, og har spredt seg sakte oppover på lakseførende strekning. Utsettingsmaterialet i Mandalselva har vært avkom av ville feilvandrere fanget i elva. Naturlig rekruttering er registrert fra 1996 og har etter kalking i 1997 spredt seg raskt til hele elva. Fra og med år 2003 har stamfiskpopulasjonen av Bjerkreimsstamme på Ims, gitt øyerogn for utsetting i Mandalselva.

2.3 Metoder

Prøver for genetiske analyser er samlet inn av voksen laks fra Vegårsvassdraget, Mandalselva og Bjerkreimselva. Videre er det samlet inn prøver av laksunger i Mandalselva og Tovdalselva, samt i omkringliggende elver. Prøver til de genetiske analysene samles inn i sammenheng med andre prosjekter i Reetableringsprosjektet.

Vi har sammenliknet laksebestandene fra det forsurete området på Sørlandet med nærliggende naturlige laksebestander, samt enkelte bestander som ligger geografisk langt unna. Vi har tidligere rapportert genetisk slektskap mellom en rekke bestander på og nær Sørlandet i enzymkodende gener, samt i såkalt restriksjonsfragmentanalyse av ett segment i det mitokondrielle DNAet. Her rapporterer vi en mer komplett analyse av mtDNA-mønstre hos laks fra (nevnt i rekkefølge langskysten fra Sør-Norge og nordover) Numedalslågen, Skiensvassdraget/Bøelva, Vegårsvassdraget, Tovdalselva, Mandalselva, Sokna i Rogaland, Imsa, Nærøyelva og Mørkriselva i Sogn, Gaula og Orkla i Trøndelag, og Tanavassdraget. Vi har også karakterisert en stamme av oppdrettslaks fra Sunndalsøra og av østersjølaks som holdes på Ims (Neva). Denne analysen inkluderer i alt tre sekvenser à 2000 basepar av mtDNA, kuttet med restriksjonsenzymer som vi har funnet nyttige fra litteraturen (Nielsen m.fl. 1998; Nilsson m.fl. 2001) og i egne undersøkelser. Metoden, som kan inndele laksen i én av flere genetisk ulike haplotypr. i det mitokondrielle DNAet, er nærmere beskrevet i tidligere årsrapporter. Samme metode er også brukt til å studere variasjon over tid i rekoloniserte bestander (Mandalselva og Tovdalselva).

Vi bruker også såkalte DNA-mikrosatellitter til å studere et historisk materiale fra de samme elvene. Mikrosatellitter er genetisk høyt variable steder i kjerneDNAet som er så korte at de er velegnet til å gi informasjon selv fra

delvis nedbrutt DNA. Videre kan den høye variabiliteten brukes til å identifisere familie- og/eller populasjonstilhørigheten til enkeltindivider. Vi har brukt mikrosatellitter til å vise at Tovdalselva i 1997 ble rekolonisert av laks som ikke likner særlig på den bestanden som var i elv a i 1910 og på 1950-tallet. Vi er nå i ferd med å bruke mikrosatellitter på annet gammelt materiale fra Sørlandet, og på nyere materiale fra de utsettingsstammene som brukes for reetablering. Dette vil bli rapportert senere.

2.4 Resultater

2.4.1 Genetisk variasjon og slektskap mellom laksebestander i mtDNA

Slektskap mellom laksestammer målt ved hjelp av restriksjonsfragmentanalyse av tre segmenter av mtDNA er illustrert i **figur 2.1**. Figuren er basert på restriksjonsfragmentanalyse av ND1 (NADH-dehydrogenase 1), ND3/4 og ND 5/6, som har gitt i alt 14 ulike haplotypr. (illustrert med 14 ulike farger i figuren).

Fordelingen av de 14 ulike haplotypene i de 14 stikkprøvene er høyt signifikant heterogen ($P < 0,001$). De bestandene som skilte seg mest ut, er Tovdalselva (høy frekvens av haplotype nr 3), Tana (som har høy frekvens av haplotype nr 12 og dessuten andre haplotypr. som vi ikke har funnet andre steder) og oppdrettslaks fra Sunndalsøra (høy frekvens av haplotype nr 7). Numedalslågen skiller seg ut som den bestanden som har den største diversiteten i mtDNA, mens en bestand fra østsiden av Østersjøen (Neva) var uten variasjon i vårt materiale.

Vi testet også hvorvidt fordelingen av haplotypr. var signifikant forskjellig mellom Tovdalselva og Mandalselva (begge stikkprøver gjelder naturlig rekruttert 0+ fra 1997). Vi fant at disse var høyt signifikant forskjellige ($p < 0,001$). Videre testet vi om disse to elvene var ulike sine nærmeste analyserte nabobestander: Tovdalselva er høyt signifikant forskjellig fra Storelva i Holt ($p < 0,001$) og Mandalselva er signifikant forskjellig fra Sokna i Rogaland ($p < 0,05$).

2.4.2 Genetisk variasjon over tid i rekoloniserte vassdrag

Vi har karakterisert ungfisk fra Tovdalselva i fire påfølgende år i mtDNA: 1997, 1998, 1999 og 2000. I denne perioden er fordelingen av mtDNA haplotypr. signifikant heterogen ($P < 0,001$). Mellom par av år er det også signifikant forskjell, med unntak av 1998 og 1999.

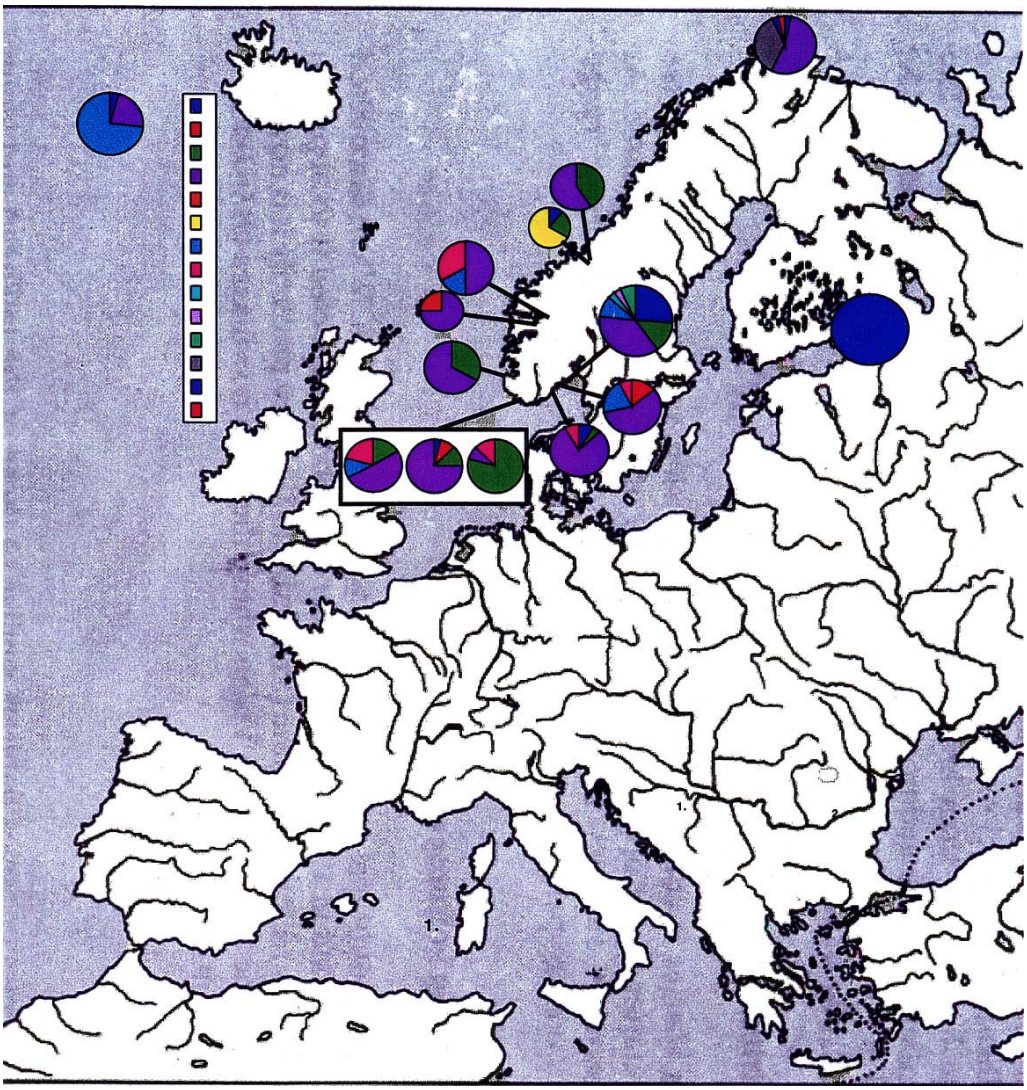
I løpet av samme tidsrom fant vi ikke signifikant forskjell mellom to stikkprøver av laks fra Vegårsvassdraget (stamfisk 1996 og 1999), og ikke signifikant forskjell mellom to stikkprøver fra Mandalselva (ungfisk 1997 og stamfisk 1998). Studiet av temporal variasjon vil bli utvidet med stikkprøver fra flere år, der vi ved å bruke mikrosatellitter også kan gi en mer presis sammenlikning av de rekoloniserte bestandene i forhold til utsettingsmaterialet.

2.5 Diskusjon

De genetiske undersøkelsene viser at Mandalselva og Tovdalselva koloniseres av genetisk ulik laks. Hvorvidt disse to laksebestandene vil bli likere hverandre over tid, vet vi ikke ennå. Utsettingsmaterialet som er valgt for de to vassdragene vil – dersom det gir et godt tilslag i elva – føre til at bestandene vil likne på de som fins i de nærmeste vassdragene som har beholdt selvreproduserende laksebestander gjennom forsuringsperioden. Ingen av Sørlandselvene ser imidlertid ut til å bli rekolonisert kun av "nærmeste nabo", så langt vi kan teste dette i vårt materiale.

Mitokondrielt DNA har en liten effektiv populasjonsstørrelse i forhold til kjerne-DNA. Dette medfører at vi lettere vil finne variasjon over tid i mtDNA enn (for eksempel) i enzymkodende gener. Den signifikante variasjonen som vi finner over fire år i Tovdalselva, ser ut til å passe med et forholdsvis lite antall gytefisk i denne perioden. Det er også sannsynlig at denne kan ha hatt ulikt opphav.

Vi fant ingen tilsvarende heterogenitet mellom to år i Mandalselva. Her har rekoloniseringen gått raskere, med et langt større antall gytefisk. Det er også en mulighet for at de to



***Figur 2.1**. Fordeling av 14 ulike haplotypr. av mitokondrielt DNA i laksebestander. Pilene indikerer hvor stikkprøven er tatt fra (se liste i Metoder). I en boks fra Sørlandet er det plassert tre bestander: Sokna i Rogaland, Mandalselva og Tovdalselva. En stikkprøve av oppdrettslaks er plassert helt til venstre i figuren.*

stikkprøvene har hatt et betydelig innslag av fisk som stammer fra utsettingsforsøk i elva på 1990-tallet.

2.6 Litteratur

Nielsen, E.E., Hansen, M.M. & Loeschcke, V. 1998. Improved primer sequences for the mitochondrial ND1, ND3/4 and ND5/6 segments in salmonid fishes: application to RFLP analysis of Atlantic salmon. - J. Fish Biol. 53: 216-220.

Nilsson, J., Gross, R., Asplund, T., Dove, O., Jansson, H., Kelloniemi, J., Kohlmann, K., Löytynoja, A., Nielsen, E.E., Paaver, T., Primmer, C.R., Titov, S., Vasemägi, A., Veselov, A., Öst, T., & Lumme, J. 2001. Matrilinear phylogeography of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Europe and postglacial colonization of the Baltic Sea area. - Molecular Ecology 10: 89-102

3 Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for reetablering av laks

3.1 Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget. Resultater fra prosjektet i 2002 og 2003

Forfattere: Bjørn T. Barlaup[1] , Helge Skoglund[1], Einar Kleiven[2] og Vidar Moen[3]
Medarbeidere: Jim Guttrup[4], Rune Eikeland[5], Kristian Hestvåg[6] og Kai Severinsen[7]

[1]Laboratorium for Ferskvannsøkologi og Innlandsfiske (LFI), UiB, Allegt. 4, 5007 Bergen.
[2]NIVA-Sørlandsavdelingen, Televeien 3, 4890 Grimstad, [3]VESO Trondheim, Tungasletta 2, 7485 Trondheim, [4]Tvedestrand kommune, 4900 Tvedestrand, [5]Audna fiskeanlegg, 4525 Konsmo,[6]Finså klekkeri AS, 4534 Marnardal, [7]Topdalsveien 317, 4658 Tveit

Sammendrag
I regi av Reetableringsprosjektet har det siden 2000 blitt lagt ut øyerogn som en alternativ kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalselva. I 2002 og 2003 ble det lagt ut henholdsvis 249 400 og 279 000 øyerogn i gruskasser. For rognplantingen i 2002 ble det strøket fisk i tidsrommet 16.11.01-04.01.02, som ble lagt ut i kasser i perioden 11.03.02-08.04.02. For rognplantingen i 2003 ble det strøket stamfisk i tidsrommet 21.11.2002-16.12.2002, som ble lagt ut i perioden 10.04.2003-28.04.2003. Gjennomsnittlig overlevelse i de undersøkte kassene var 95,6 % i 2002 og 96,6 % i 2003. Tidspunkt for første næringsopptak hos utlagt yngel i 2002 ble ut i fra temperatur beregnet til perioden 27.05.2002-04.06.2002, da temperaturen i elva var fra 12,7-13,8°C. I 2003 var tilsvarende periode mellom 09.06.2003-11.06.2003, da temperaturen var mellom 15,7-16,4°C. I begge årene var således temperaturen godt over det som anses som den nedre kritiske grensen for at lakseyngel skal kunne ta til seg næring. Ved elektrisk fiske høsten 2002 ble det fanget 166 ensomrige lakseyngel som ble kontrolert for otolittmerker, hvorav bare tre var merket. Dette kan skyldes dårlig overlevelse etter at yngelen har forlatt kassene, eller at yngelen i stor grad har spredt seg bort fra utleggingsområdene. Noe av den lave gjenfangsten kan imidlertid forklares ved at noen av fiskene hadde tapt fargemerket i otolitten. Dette skyldes trolig uheldige omstendigheter under merkeprosessen. Ved det elektrisk fiske høsten 2002 ble det også funnet at 18 av 30 tosomrige laks (60%) var fargemerket i otolitten. Disse stammer fra rognutleggingene i 2001. Ved elektrisk fiske høsten 2003 ble det funnet fargemerke hos 2 av 10 (20%) ensomrige laks, 48 av 127 tosomrige laks (38%), og 11 av 14 tresomrige laks (78%). Gjenfangstene av ungfisk med fargemerkede otolitter viser at rognplantinga gir et betydelig bidrag til ungfiskbestanden på elvestrekningene hvor plantingen blir utført og at rognplantingen fungerer etter hensikten.

3.1.1 Innledning
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. Resultatene fra rognplantingen i årene 2000 og 2001 er rapportert i Barlaup m.fl. (2003). Hensikten med forsøkene har vært å prøve ut ulike metoder for å gi anbefalinger om videre bruk av rognplanting for reetablering av laks i Tovdalselva. Det ble lagt vekt på at forsøkene skulle brukes til å gi konkrete retningslinjer for hvordan øyerogna bør legges ut for å sikre et best mulig resultat. Her presenteres hovedresultatene fra prosjektet i 2002 og 2003.

3.1.2 Metoder

3.1.2.1 Stamfisk og rogn
Til utsetting av øyerogn i Tovdalselva ble det brukt lakserogn fra Storeelvastammen i Vegårsvassdraget (Storelva i Holt). Stamfisken produseres på fiskeanlegget på Finså. Etter befruktning ble rogna desinfisert med buffodin,

og lagt inn i klekkesylindre for svelling. Det ble plukket død rogn dagen etter innlegging (før 100 timegrader) og deretter hver 14. dag fram til øyerognstadiet. Temperaturen i klekkeriet ble avlest og notert daglig. Antallsberegning ble foretatt ved hjelp av tellerenne og Brofeldts skala.

3.1.2.2 Fargemerking av rogn

Før utlegging ble rogna merket med kjemisk kodemerking ved sekvensiell merking for senere visuell deteksjon av kode i otolitt. Det ble benyttet spesifikke merkekoder for de ulike gruppene inndelt etter stryketidspunkt.

3.1.2.3 Utlegging av rogn

Etter en gjennomgang av ulike metoder for utlegging av rogn (se Barlaup & Moen 2001), og metodeutprøving i foregående år (Barlaup m.fl. 2003), har det vist seg at den mest hensiktsmessige metoden er å legge ut rogna i kasser fylt med grus. Det ble da benyttet pr.forerte plastkasser (21 cm høy, 40 cm bred og 60 cm lang), som på forhånd blir fylt med grus og transportert til de aktuelle lokalitetene. I hver kasse er det plassert fire drensrør som stikker ned i grusen. I hvert rør helles det porsjoner à 500 rogn, før drensrørene forsiktig løftes opp slik at grusen legger seg over eggene. Resultatet er da at rogna blir liggende i fire lommer nedgravd i gruskassen. Hver kasse inneholder med andre ord totalt 2 000 rogn. Kassene ble så plassert på steder i elva som ble vurdert som egnet i forhold til ulike hydrologiske forhold, og ut i fra erfaringer de forrige årene. Dette for å sikre at kassene ikke ble utsatt for tørrlegging, utspyling og/eller sedimentering, og at yngelen har tilgang til egnet habitat etter at å ha forlatt kassene. På enkelte områder med stri strøm ble kassene sikret ved å grave dem delvis ned i elvegrusen.

I 2002 og 2003 ble rognkassene fordelt på henholdsvis 16 og 14 stasjoner.

3.1.2.4 Evaluering av tilslag

Overlevelse fram til yngelen forlater grusen ble målt ved å telle opp antall døde rogn og plommesekkyngel funnet igjen i kassene. Dette arbeidet ble gjort medio juni da det var forventet at all yngel hadde kommet opp av grusen og forlatt gropene. Da en del døde egg kan ha gått i oppløsning kan det tenkes at overlevelsen blir noe overestimert. Det generelle inntrykket ved undersøkelse av kassene tyder imidlertid på at dette ikke er noe større problem. I august ble det utført et elektrisk fiske etter yngel på hver stasjon, og et areal på minimum 100 m^2 ble fisket. Otolittene fra innsamlet laks ble sendt til VESO for identifisering av fargemerke.

Tidspunktet for når første næringsopptak i hver gruppe ble beregnet ved å bruke temperatur, stryketidspunkt og ligning 1b fra Crisp (1981, 1988). Denne ligningen beregner utviklingshastigheten til egg og plommesekkyngel ved ulike temperaturer og angir når en kan forvente at 50% av yngelen har begynt første næringsopptak. Temperaturgrunnlaget er daglige målinger i klekkeriet frem til rogna blir lagt ut, og temperaturloggere lagt i en av rognkassene for perioden etter rogna er lagt ut.

3.1.3 Resultater og diskusjon

3.1.3.1 Rognplanting

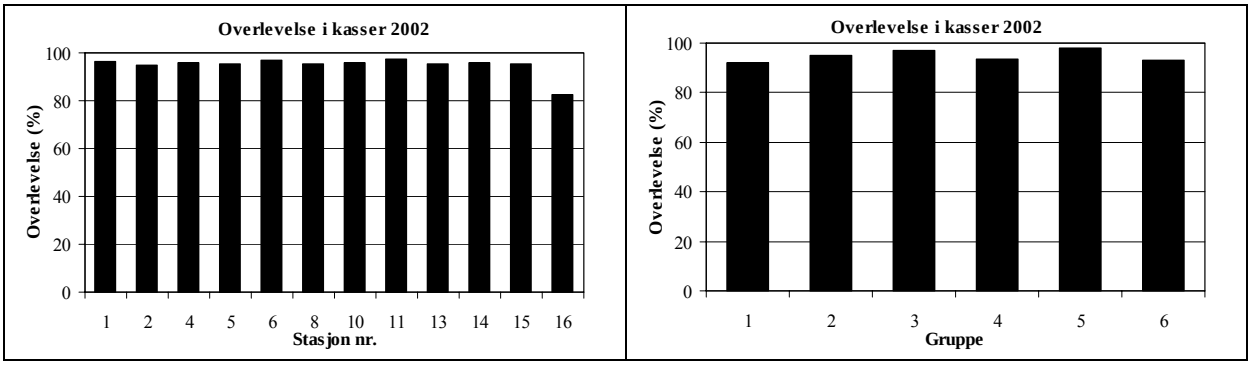
I 2002 og 2003 ble det lagt ut henholdsvis 249.400 og 279.000 øyerogn i Tovdalselva (**tabell 3.1 og 3.2**). En del av dødeligheten i anlegget skyldes soppinfeksjon som følge av dårlig rognkvalitet og mye humus i vannet.

Tabell 3.1. *Oversikt over rognmaterialet som ble benyttet for utplanting i Tovdalselva i 2002.*

Gruppe nr.	Strykedato	Antall rogn lagt inn	Død rogn i anlegg	Dødelighet anlegg (%)	Antall plantet	Plantedato
1	16.11.01	38.180	14. 680	38,4	23.500	11.03.02
2	23.11.01	68.620	44.620	65,0	24.000	14-15.03.02
3	29.11.01	114.540	46.540	40,6	68.000	15-19.03.02
4	04.12.01	67.230	38.830	57,7	28.400	18-21.03.02
5	13.12.01	93.840	19.840	21,1	74.000	02-05.04.02
6	04.01.02	54.020	22.520	41,6	31.500	08.04.05
Sum		436.430	187.030	42,8	249.400	

Tabell 3.2. *Oversikt over rognmaterialet som ble benyttet for utplanting i Tovdalselva i 2003.*

Gruppe nr.	Strykedato	Antall rogn lagt inn	Dødrogn i anlegg	Dødelighet anlegg (%)	Antall plantet	Plantedato
1	21.11.02	78.110	21.610	27,7	56.500	10.04.03
2	2-6.12.02	265.980	57.980	21,8	208.000	23-28.04.03
3	16.12.02	54.400	39.900	73,3	14.500	28.04.03
Sum		398.490	119.490	30,0	279.000	

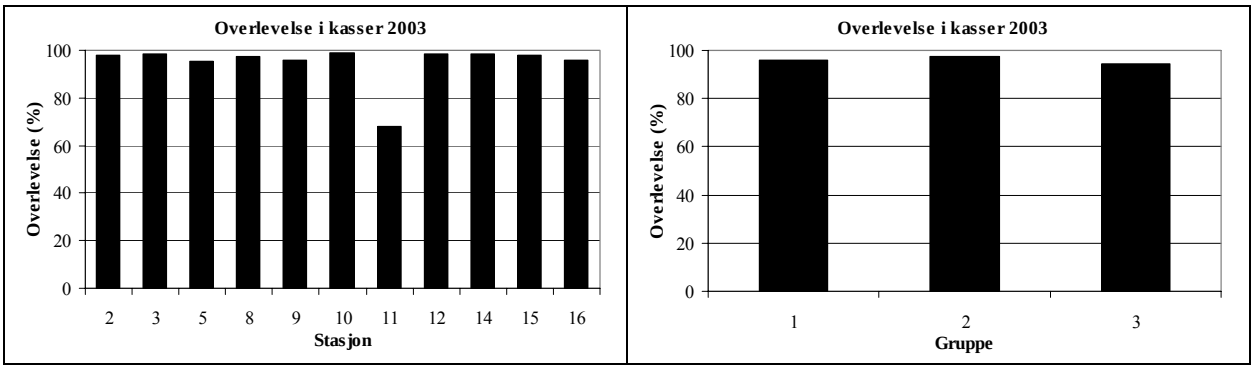


Figur 3.1. *Overlevelse i rognkassene på de ulike stasjonene som ble undersøkt og i de ulike gruppene i Tovdalselva i 2002.*

3.1.3.2 Overlevelse i kassene

I 2002 var gjennomsnittlig overlevelse i alle de undersøkte kassene 95,6 %. Overlevelsen på de ulike stasjonene og for de ulike gruppene er vist på **figur 3.1**.

I 2003 var den gjennomsnittlige overlevelsen i de undersøkte kassene 96,6 %. Overlevelsen på de ulike stasjonene og for de ulike gruppene er vist på **figur 3.2**. Her ser en at stasjon 11 peker seg ut til å ha noe lavere overlevelse enn de andre stasjonene. På denne stasjonene ble bare telt opp døde egg i en kasse, og det kunne se ut som om det var enda lavere overlevelse i de resterende kassene. Overlevelsen på denne stasjonen er derfor mest sannsynlig overestimert. Årsaken til høy dødelighet på denne stasjonen skyldes sedimentering av sand i kassene.

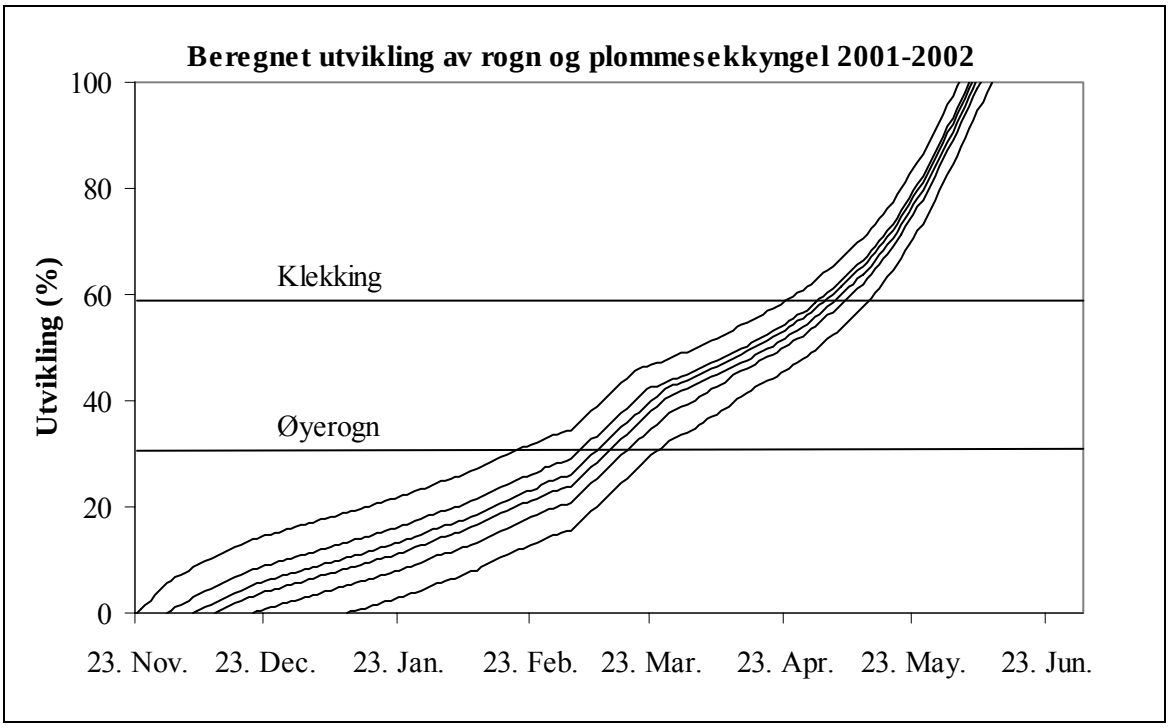


Figur 3.2. *Overlevelse i rognkassene på de ulike stasjonene som ble undersøkt og i de ulike gruppene i Tovdalselva i 2003.*

3.1.3.3 Tidspunkt for første næringsopptak

Stryketidspunktet mellom den først og siste gruppen som ble lagt ut i 2002 varierte med omtrent halvannen måned (**tabell 3.1**). Utviklingsforløpet for de ulike gruppene fra stryking og frem til øyerogn, klekking og første næringsopptak er vist på **figur 3.3**. En ser her at tidsforskjellen mellom de ulike gruppene blir mindre etter hvert som utviklingen går sin gang. Når gruppene har nådd tidspunktet der de skal opp av grusen og ta til seg næring, skiller det bare åtte dager mellom den første og den siste gruppen (**tabell 3.3**). Forskjellen i stryketidspunkt mellom gruppene er derfor blitt kraftig redusert. Dette skyldes blant annet temperaturen i klekkeriet var en del høyere enn i elva etter at de første gruppene ble lagt ut. De gruppene som ble strøket sist klarte derfor å ta igjen en god del forspranget i utviklingen. Samtidig øker temperaturen i elva kraftig i den siste delen av utviklingen, noe som fører til rask uvikling for alle gruppene etter klekking.

Hvis temperaturen ved første næringsopptak er for lav, kan en risikere at lakseyngelen ikke klarer å ta til seg føde. Tidspunktet for første næringsopptak bør derfor ikke forekomme før elvetemperaturen overstiger om lag 8 °C for å sikre god overleve hos lakseyngelen (Jensen m.fl. 1991). Vanntemperaturen ved første næringsopptak varierte mellom 12,7 °C og 13,8 °C for de ulike gruppene i 2002, og er dermed godt over den kritiske grensen.

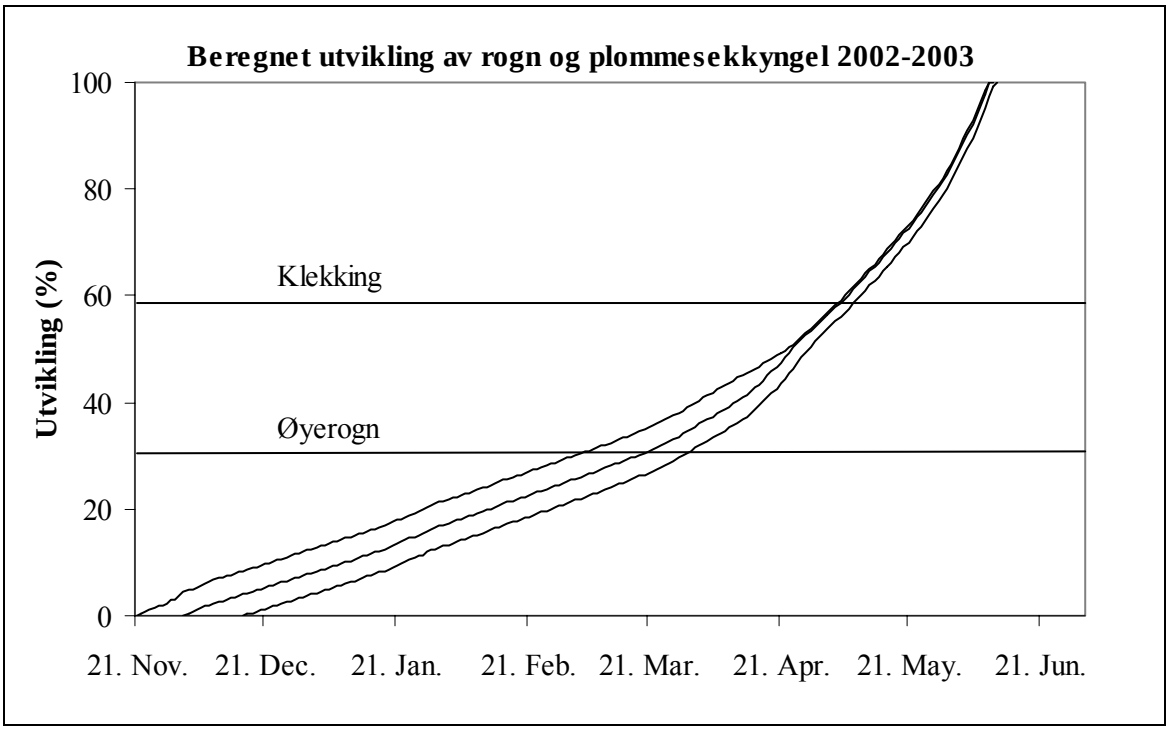


Figur 3.3. *Utviklingsforløpet til fisk i de seks ulike gruppene lagt ut i Tovdalselva 2002 beregnet ut i fra temperaturen i Finså klekkeri frem til utlegging og deretter elvetemperaturen. Begynnelsen av hver kurve angir stryketidspunktet, og slutten av kurven (ved 100% utvikling) angir når 50% av yngelen forventes å starte første næringsopptak. Beregnet tidspunkt for øyerogn og klekking foregår der kurvene krysser de angitte linjene.*

Tabell 3.3. *Beregnet tidspunkt for når 50% av yngelen i hver gruppe starter første næringsopptak i Tovdalselva 2002, ut i fra temperaturen i Finså klekkeri og elvetemperatur, og vanntemperaturen i elva på dette tidspunktet.*

Gruppe nr.	Tidspunkt for første næringsopptak	Temperatur ved første næringsopptak (°C)
1	27.05.02	12,7
2	30.05.02	13,5
3	30.05.02	13,5
4	31.05.02	13,2
5	01.06.02	13,4
6	04.06.02	13,8

Stryketidspunktene for de ulike gruppen som ble lagt ut i 2003 varierte med mindre en måned (**tabell 3.2**). Utviklingsforløpet for disse gruppene frem til øyerogn, klekking og første næringsopptak er vist på **figur 3.4**. Tidsforskjellen mellom gruppene i stryketidspunkt synes å bli helt spist opp, da tidsforskjellen for første næringsopptak mellom gruppe 1 og gruppe 3 kun er beregnet å være to dager (**tabell 3.4**). Også her synes det som om temperaturforskjellen mellom klekkeriet og elva i perioden etter den første gruppen ble lagt ut og frem til den siste gruppen ble lagt ut å være årsaken til at tidsforskjellen blir mindre. Vanntemperaturen ved første næringsopptak var fra 15,7°C til 16,4°C, og dermed godt over det som regnes for den kritiske temperaturen for at yngelen skal klare å ta til seg næring.



Figur 3.4. *Utviklingsforløpet til rogn og yngel i de seks ulike gruppene lagt ut i 2003 beregnet ut i fra temperaturen i Finså klekkeri frem til utlegging og deretter elvetemperaturen. Begynnelsen av hver kurve angir stryketidspunktet, og slutten av kurven (ved 100% utvikling) angir når 50% av yngelen forventes å starte første næringsopptak. Beregnet tidspunkt for øyerogn og klekking foregår der kurvene krysser de angitte linjene.*

Tabell 3.4. *Beregnet tidspunkt for når 50% av yngelen starter første næringsopptak i Tovdalselva 2003, ut i fra temperaturen i Finså klekkeri frem til utlegging og deretter elvetemperatur, og temperaturen i elva på dette tidspunktet.*

Gruppe nr.	Tidspunkt for første næringsopptak	Temperatur ved første næringsopptak (°C)
1	09.06.03	15,7
2	10.06.03	16,2
3	11.06.03	16,4

3.1.3.4 Gjenfangst av yngel fra rognplanting

Kvantitativt elektrisk fiske i forbindelse med rognplantingsstasjonene har tidligere gitt lave fangster av ungfisk. Trolig skyldes dette høyst varierende vannføring i løpet av høsten pga. reguleringen. For å få nok materiale til å undersøke gjenfangst av otolittmerket fisk har det derfor blitt utført kvalitativt elektrisk fiske ved lav vannføring. Det har da blitt fisket over større områder på elvestrekningene i nærheten av en eller flere rognplantingsstasjoner.

Ved elektrisk fiske høsten 2002 ble det fanget totalt 166 ensomrige lakseyngel, hvorav bare tre var otolittmerket og dermed med sikkerhet stammer fra rognplantingen våren 2002 (**tabell 3.5**). En så lav gjenfangst kan tolkes på flere måter. En mulighet er at yngelen har hatt lav overlevelse etter å ha forlatt kassene, eller at yngelen har spredt seg og dermed forlatt utleggingsområdene. Deler av den lave gjenfangsten kan derimot også skyldes at en del av fiskene har mistet merkene. Av et kontrollmateriale på 19 otolittmerket fisk som var blandet inn i materiale, ble bare merket identifisert på 9 av fiskene. Med andre ord synes fiskene å ha blitt dårlig merket, eller tapt merket. Årsaken til dette er ikke kjent, men skyldes i dette tilfellet sannsynligvis endringer

***Tabell 3.5**. Gjenfangst av otolittmerket ungfisk av totalt antall undersøkt fisk (N) av hver årsklasse samlet inn ved kvalitativt elektrisk fiske på elvestrekningene rundt de ulike rognplantingsstasjonene i Tovdalselva høsten 2002.*

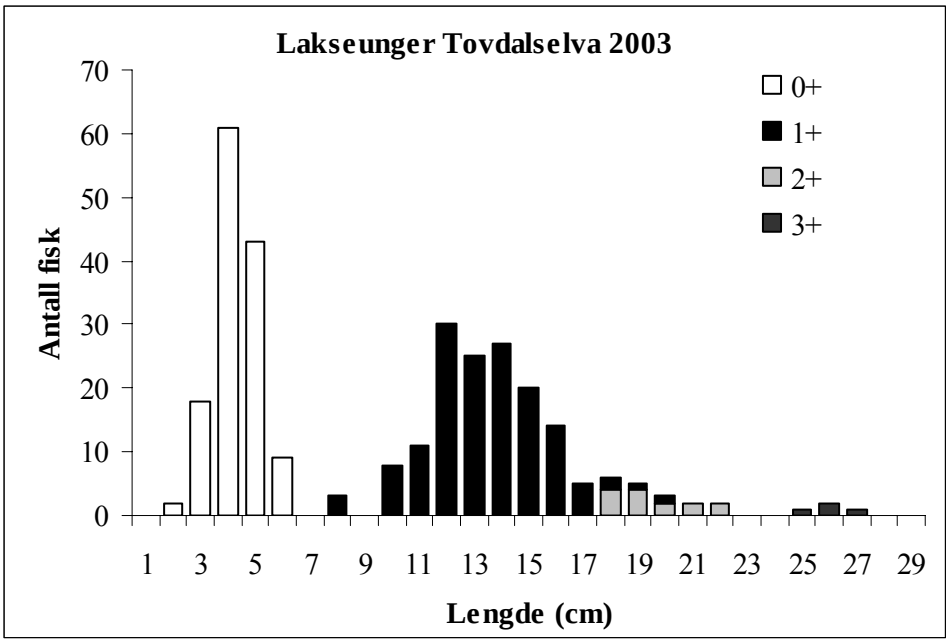
Stasjon	Andel merket 0+	*3.1.3.4.1 N*	Andel merket 1+	*3.1.3.4.2 N*	Andel merket 2+	*3.1.3.4.3 N*
Mellom st. 1 og 2	0%	24	100%	1		0
Mellom st. 4 og 5	0%	12	100%	1		0
Buhølen, st. 9	0%	35	0%	1		0
Østre Flå st. 16	2,1%	48	50%	2	100%	1
Laksefoss st. 11	0%	31	100%	1		0
Sideløp, st. 17	12,5%	16	58,3%	24	0%	1
Totalt	1,8%	166	60%	30	50%	2

***Tabell 3.6**. Gjenfangst av otolittmerket ungfisk av totalt antall undersøkt fisk (N) av hver årsklasse samlet inn ved kvalitativt elektrisk fiske på elvestrekningene rundt de ulike rognplantingsstasjonene i Tovdalselva høsten 2003.*

Stasjon	Andel merket 0+	*3.1.3.4.4 N*	Andel merket 1+	*3.1.3.4.5 N*	Andel merket 2+	*3.1.3.4.6 N*	Andel merket 3+	*3.1.3.4.7 N*
Mellom st. 1 og 2	20%	10	11,1%	27		0		0
Nedstrøms st. 6		0	20,7%	29	66,7%	3	100%	2
Buhølen, st. 9		0	63,5%	52	81,8%	11	50%	2
Flå, st. 8 og 16		0	42,9%	7		0		0
Sideløp, st. 17		0	25,0%	12		0		0
Totalt	20%	10	37,8%	127	78,6%	14	75%	4

i de vannkjemiske parametrene i merkebadet, eller at merkebadet ble utilstrekkelig lagret (Moen 2003). Det er derfor sterk grunn til å tro at den lave gjenfangsten av ensomrige yngel høsten 2002 skyldes utilstrekkelig merking og at andelen av yngel som stammer fra rognplantingen derfor er underestimert. Den store usikkerheten med merkekvaliteten under rognplantinga i 2002 har ført til en innskjerping i merkeprosedyrene for å hindre lignende tilfeller i fremtiden (Moen 2003).

I tillegg til de ensomrige fiskene ble også eldre ungfisk undersøkt for otolittmerke høsten 2002. Av 30 tosomrige laks som ble undersøkt var 18 otolittmerket, mens en av de to tresomrige fisken som ble undersøkt var også otolittmerket. Otolittmerket tosomrig og



Figur 3.5. *Lengdefordeling for ulike aldersgrupper av lakseunger samlet inn ved kvalitativt elektrisk fiske i Tovdalselva 18.08.03.*

tresomrig laks stammer med andre ord fra rognplantingen i henholdsvis 2001 og 2000.

Av ensomrige fisk som ble samlet inn ved kvalitativt elektrisk fiske i 2003 var to av 10 otolittmerket (**tabell 3.6**). Av de 127 tosomrige lakseungene som ble undersøkt, var 37,8% merket. Dette må sees som en relativt stor andel med hensyn til den lave merkeeffektiviteten som ble funnet for denne årsklassen året før. For tre- og firesomrige lakseungene som ble undersøkt ble det også funnet en betydelig andel otolittmerket fisk (hhv. 78,6% og 75%), men antall gjenfangster er lavt.

Lengdefordeling for det totale materialet samlet inn ved kvalitativt elektriske fiske høsten 2003 er vist på **figur 3.5**. Det elektriske fisket ble utført den 18.08.03, og gjennomsnittlig lengde for ensomrig laks var 4,9 cm (std 0,4), tosomrige 9,4 cm (std 1,0), tresomrige 12,5 cm (std 0,7) og firesomrige 15,7 cm (std 0,4). Blant den tosomrige fisken som ble undersøkt for otolittmerker var det en tendens til at otolittmerket fisk (gjennomsnitt 9,72 cm) var litt større enn umerket fisk (gjennomsnitt 9,35 cm), men forskjellen var ikke signifikant (enveis ANOVA, p = 0,051). Det ble ikke funnet en slik tendens blant de andre årsklassene, eller for materialet samlet inn i 2002. Her er derimot materialet noe begrenset og derfor uegnet til å fange opp eventuelle små forskjeller.

Den høye andelen av otolittmerket tosomrige og eldre ungfisk i både 2002 og 2003 viser at fisken som stammer fra rognplantinga utgjør en betydelig andel av ungfiskbestanden på elvestrekningene hvor de blir plantet ut, og tilsier at rognplantingen fungerer etter hensikten.

3.1.4 Litteratur

Barlaup B.T., Guttrup, J.,Hestvåg, K., Hindar, K., Kleiven, E., Kroglund, F., Moen, V. & Næss, T. 2003. Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget – resultater fra prosjektet i 2000 og 2001. – S. 46-50 i: Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver- Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN-Utredning 2003-5.

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

Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of
five species of salmonidfishes. – Freshwat. Biol. 11: 361-368.

Crisp, D.T. 1988. Prediction, from temperature, of eyeing, hatching and "swim up" times for
salmonid embryos. – Freshwat. Biol. 19: 41-48.

Jensen, A. J., Johnsen, B. O., & Heggberget, T. G. 1991. Initial feeding time of salmon, Salmo salar, alevins compared to river flow and water temperature in Norwegian streams. - Environ. Biol. Fish. 30: 379-385.

Moen, V. 2003. Avvik i merkekvalitet registrert hos yngel utlagt som øyerogn i Tovdalsvassdraget i 2002. Notat fra VESO, Trondheim 04.02.2003.

3.2 Utlegging av øyerogn i Kosåna og Lågåna i Mandalsvassdraget våren 2003 – beskrivelse og evaluering av tiltaket

Forfattere: Bjørn T. Barlaup[1] , Sven Erik Gabrielsen[1], Helge Skoglund[1],Vidar Moen[2] og Tore Wiers[3]
Medarbeidere: Jim Guttrup[4], Rune Eikeland[5] og Kristian Hestvåg[6]

[1]Laboratorium for Ferskvannsøkologi og Innlandsfiske (LFI), UiB, Allegt. 4, 5007 Bergen.
[2]VESO Trondheim, Tungasletta 2, 7485 Trondheim, [3]Naturoppdrag, 5722 Dalekvam, [4]Tvedestrand kommune, 4900 Tvedestrand, [5]Audna fiskeanlegg, 4525 Konsmo, [6]Finså klekkeri AS, 4534 Marnardal

Sammendrag

I regi av Reetableringsprosjektet ble det våren 2003 lagt ut 176.000 øyerogn fra Bjerkreimstammen i Kosåna og Lågåna, som er to sidevassdrag til Mandalselva. I Kosåna ble det lagt ut 100.000 øyerogn fordelt på fem stasjoner ovenfor anadrom strekning, mens det i Lågåna ble lagt ut 76.000 øyerogn fordelt på åtte stasjoner i anadrom strekning. Rogna ble lagt ut i kasser med grus der hver kasse hadde fire egglommer á 500 rogn. Gjennomsnittlig overlevelse i kassene fra utlegging og frem til yngelen kom opp av grusen var totalt 94,9 % (std=2,6) i Kosåna og 97,3 % (std=1,9) i Lågåna. Basert på temperaturlogging fra fiskeanlegget på Ims og fra elvelokalitetene etter utlegging, er yngelen beregnet å starte første næringsopptak omlag 02.06.03 i Kosåna, og 06.06.03 i Lågåna. Temperaturen på de to lokalitetene var da henholdsvis 17,7 °C og 13,0 °C, dvs. godt over den nedre kritiske grensen for at yngelen skal klare å ta til seg næring. Ved elektrisk fiske høsten 2003 var de estimerte tetthetene av ensomrig laks i Kosåna 27 pr. 100 m^2. Siden rognplantingen i Kosåna ble utført ovenfor anadrom strekning stammer all yngel fra rognplantingen. I Lågåna var de tilsvarende tetthetene 33 ensomrige laks og 34 eldre laks pr. 100 m^2. Funn av eldre laksunger tilsier at det også forekommer naturlig rekruttering av laks i Lågåna. Ved analyse av otolittene ble det funnet at 17% (dvs. 6 av et utvalg på 36 undersøkte yngel) stammet fra rognplantingen. Dette viser at yngelen fra rognplantinga har klart å etablere seg i Lågåna, men at den trolig møter sterk konkurranse fra naturlig rekruttert fisk. Ved undersøkelsestidspunktet i midten av september hadde ensomrig laks en lengde på 6,9 cm (std = 0,6) i Kosåna og 4,8 cm (std = 0,7) i Lågåna. Basert på de foreløpige resultatene vurderes rognplanting som en egnet metode for å styrke laksebestanden i Mandalsvassdraget. Tilslaget for rognutlegget i Lågåna kan imidlertid være begrenset grunnet konkurranse med naturlig rekruttert laks.

3.2.1 Innledning

Utsetting av laks fra Bjerkreimsstammen inngår som en del av kultiveringsarbeidet for å reetablere en laksestamme i Mandalsvassdraget. Basert på positive erfaringer med rognplanting i Tovdalsvassdraget ble det besluttet også å benytte rognplanting for å sette ut Bjerkreimslaks i Mandalsvassdraget. På dette grunnlaget ble det for første gang benyttet rognplanting i Mandalsvassdraget våren 2003. Undersøkelsene presentert i denne rapporten har hatt som hensikt å evaluere om rognplanting er en egnet kultiveringsmetode ved overføring av Bjerkreimslaks til Mandalselva.

3.2.2 Metoder

3.2.2.1 Stamfisk og rogn

Til utlegging av øyerogn i Kosåna og Lågåna ble det brukt lakserogn fra Bjerkreimstammen (Bjerkreimselva i Rogaland). Rogna var produsert på fiskeanlegget på Ims. Før utlegging ble all rogna kjemisk merket for visuell deteksjon i otolitt, utført av Veterinærmedisinsk oppdragssenter (VESO).

3.2.2.2 Utlegging av rogn

Rognutleggingen ble utført i to sidevassdrag til Mandalselva, Kosåna og Lågåna. I Kosåna ble rogna lagt ut ovenfor anadrom strekning, mens den i Lågåna ble lagt ut i anadrom strekning. Etter en gjennomgang av ulike metoder for utlegging av rogn (Barlaup & Moen 2001), ble utlegging i gruskasser vurdert som den enkleste og mest robuste metoden. Pr.forerte plastkasser (21 cm høy, 40 cm bred og 60 cm lang) ble på forhånd fylt med grus og transportert til utvalgte lokaliteter i Kosåna og Lågåna. Under transporten fra anlegget var rogna pakket i rognkasser av isopor med rognbrett og is. På forhånd var det målt opp ferdige porsjoner á 500 rognkorn. Rogna ble så gravd ned i fire lommer i gruskassene, der hver egglomme inneholder 500 rogn. Hver kasse inneholder med andre ord totalt 2.000 rogn. Kassene ble så plassert på steder i elva som ble vurdert som egnet i forhold til ulike hydrologiske forhold. Dette for å sikre at kassene ikke ble utsatt for tørrlegging, utspyling og/eller sedimentering, og at yngelen har tilgang til egnet habitat etter at å ha forlatt kassene. På enkelte områder med stri strøm ble kassene sikret ved å grave dem delvis ned i elvegrusen.

3.2.2.3 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. Dette ble gjort i slutten av juni (23-25.6.2003) når det var forventet at all yngelen hadde forlatt kassene.

I tillegg ble det utført et kvantitativt elektrisk fiske på de ulike lokalitetene for å registrere laksunger etter utlegget. Det elektriske fisket ble utført etter standard metode i henhold til Bohlin m.fl. (1989). Det ble fisket på tre stasjoner i Kosåna og tre stasjoner i Lågåna, hver stasjon med et areal på 100 m^2. All fisk ble artsbestemt og lengdemålt. Otolittene av ensomrig laks ble sendt til VESO for identifisering av fargemerke.

Tidspunktet for når første næringsopptak i hver gruppe ble beregnet ved å bruke temperatur, stryketidspunkt og ligning 1b fra Crisp (1981; 1988). Denne ligningen beregner utviklingshastigheten til egg og plommesekkyngel ved ulike temperaturer og angir når en kan forvente at 50% av yngelen har begynt første næringsopptak. Temperaturgrunnlaget er daglige målinger i klekkeriet frem til rogna blir lagt ut, og temperaturloggere lagt i en av rognkassene for perioden etter rogna er lagt ut.

3.2.3 Resultater

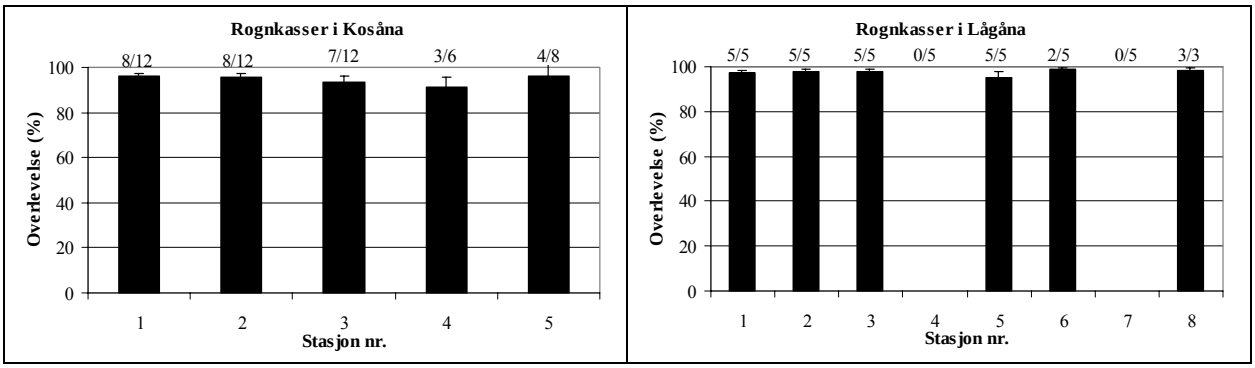
3.2.3.1 Rognplanting

Det ble totalt lagt ut ca. 176.000 øyerogn av laks fordelt på 88 kasser den 27.03.2003. Kassene ble fordelt i de to sideelvene som vist i **tabell 3.7**. I Kosåna ble kassene fordelt på fem stasjoner, med 12 kasser på tre av stasjonene, og seks og åtte kasser på de to resterende stasjonene. Alle stasjonene lå i forbindelse med innløp eller utløp av mindre vann/store kulpr., som var forbundet med korte elvestrekninger. Alle stasjonene ble vurderet som gode oppvekstområder for laks.

I Lågåna ble kassene lagt ut på totalt åtte stasjoner, med fem kasser på syv av stasjonene og tre kasser på den siste stasjonene. De fire øverste stasjonene var lokalisert i en del av sidevassdraget som var preget av kulp og strykpartier, og således gode oppveksthabitat for laks. De fire nederste stasjonene var lokalisert i områder med roligere og jevn strøm.

Tabell 3.7. *Oversikt over antall kasser og hvor mye øyerogn av laks som ble lagt ut i Kosåna og Lågåna i Mandalsvassdraget den 27.02.2003.*

Lokalitet	Antall stasjoner	Antall kasser	Antall rogn pr.kasse	Totalt Antall rogn
Kosåna	5	50	2.000	100.000
Lågåna	8	38	2.000	76.000
Totalt	13	88	2.000	176.000



Figur 3.6*. Estimert overlevelse av utlagt rogn frem til yngelen har forlatt grusen i rognkassene i Kosåna og Lågåna. Hver søyle angir gjennomsnittlig overlevelse på hver stasjon med standard avvik. Tallene over hver kolonne angir hvor mange av kassene som ble sjekket av totalt antall kasser på stasjonen. På stasjon 4 og 7 i Lågåna ble det ikke estimert overlevelse i noen av kassene.*

3.2.3.2 Eggoverlevelse

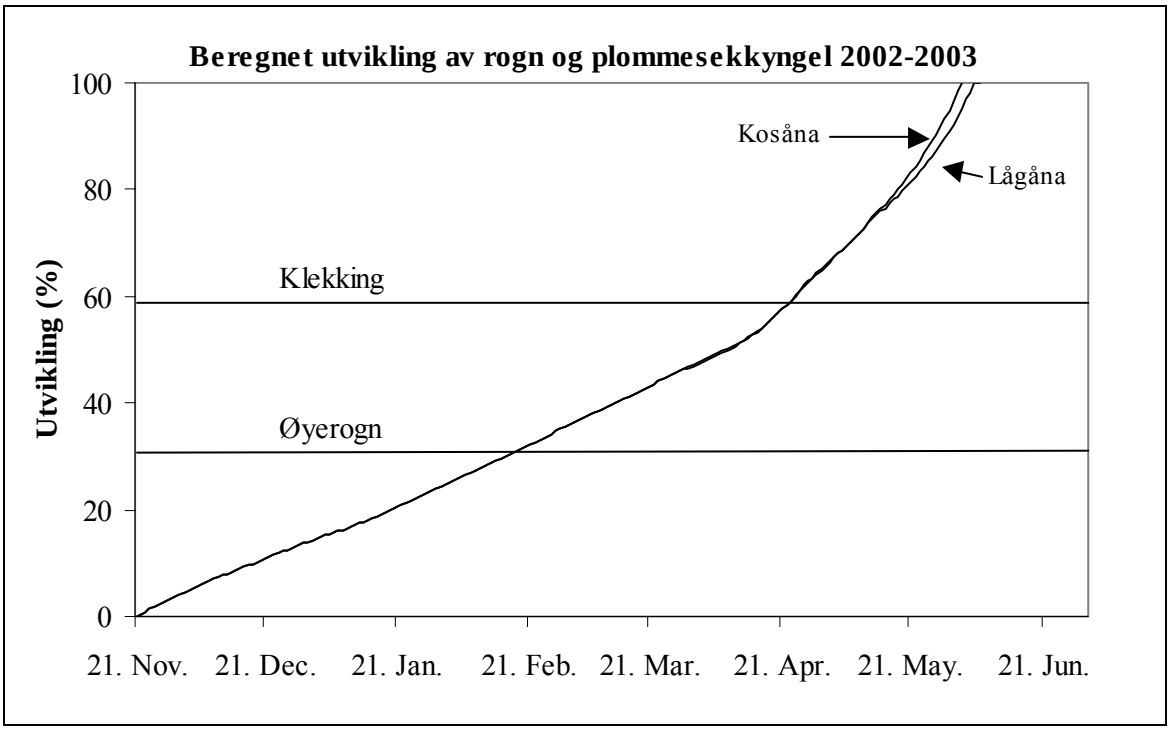
I uke 26 ble overlevelsen i 30 kasser fra Kosåna og 25 kasser fra Lågåna undersøkt. Overlevelsen på de ulike stasjonene er gitt i **figur 3.6**.

Den gjennomsnittlige estimerte overlevelsen i alle kassene på begge lokalitetene var 96,0 % (std=2,6), hvor overlevelsen i Kosåna var 94,9 % (std=2,6), og i Lågåna 97,3 % (std=1,9). Det ble observert veldig få døde egg i de kassene som ble tømt ut uten at overlevelsen ble estimert. Det synes derfor som om overlevelsen var tilsvarende høy i alle kassene. Samlet sett gir resultatene inntrykk av at overlevelsen fra utlegging og frem til yngelen forlater kassene var svært god på alle stasjonene.

3.2.3.3 Tidspunkt for første næringsopptak

Når plommesekkyngelen har brukt opp mesteparten av plommesekken må den opp av grusen for å ta til seg næring. På dette stadiet er yngelen svært sårbar, og den gjennomgår en kritisk periode med høy dødelighet de første ukene etter å ha kommet opp av grusen (Elliott 1994, Einum & Fleming 2000). Over tid har derfor gytetidspunktet i laksebestander trolig blitt tilpasset slik at yngelen skal komme opp av grusen og starte første næringsopptak til et tidspunkt som er gunstig for overlevelsen i det gitte vassdraget (Godin 1982, Heggberget 1988). Ved rognplanting kan stryketidspunktet til stamfisken som brukes, samt temperaturen på anlegget før rogna legges ut, føre til at plommesekken er oppbrukt og at yngelen må starte første næringsopptak til et tidspunkt der forholdene i elva er ugunstige. Spesielt kritisk synes det om yngelen må starte første næringsopptak når elvetemperaturen er så lav at yngelen ikke klarer å ta til seg næring. For lakseyngel bør temperaturen være over omtrent 8°C ved første næringsopptak for å sikre god overlevelse (Jensen m.fl. 1991).

Det beregna utviklingsforløpet for rogna fra stryking og frem til øyerogn, klekking og første næringsopptak er vist på **figur 3.7**. En ser her at yngelen i Kosåna utvikler seg litt



Figur 3.7. *Utviklingsforløpet til rogna som ble lagt ut i Kosåna og Lågåna våren 2003, beregnet ut i fra temperaturen i fiskeanlegget på Ims frem til utlegging og deretter elvetemperaturen i Kosåna og Lågåna. Begynnelsen av hver kurve angir stryketidspunktet, og slutten av kurven (ved 100% utvikling) angir når 50% av yngelen forventes å starte første næringsopptak. Beregnet tidspunkt for øyerogn og klekking foregår der kurvene krysser de angitte linjene.*

Tabell 3.8. *Estimert tidspunkt for når 50% av yngelen startet første næringsopptak i 2003, beregnet ut i fra temperaturen i fiskeanlegget på Ims frem til utlegging og deretter elvetemperaturen i Kosåna og Lågåna, og temperaturen i elva på dette tidspunktet.*

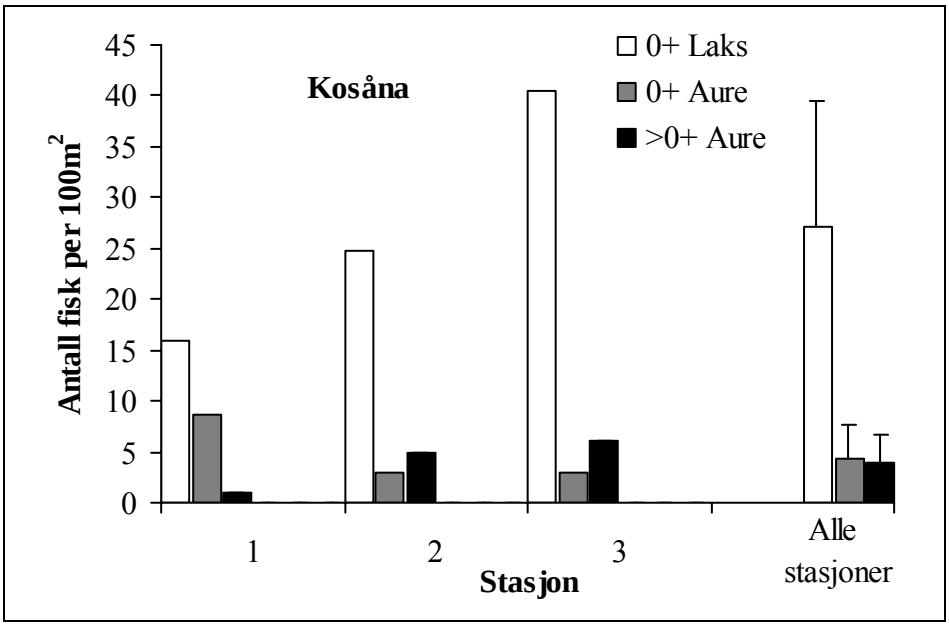
Lokalitet	Tidspunkt for første næringsopptak	Temperatur ved første næringsopptak (°C)
Kosåna	02.06.03	17,7
Lågåna	06.06.03	13,0

raskere etter utlegging enn i Lågåna, og er beregnet å komme opp av grusen omtrent fire dager før yngelen i Lågåna (**tabell 3.8**). Dette skyldes noe høyere temperatur i Kosåna. Temperaturen ved beregnet første næringsopptak er 17,7°C og 13,0°C i henholdsvis Kosåna og Lågåna, og er dermed godt over det som regnes for kritisk for at lakseunger skal kunne ta til seg føde.

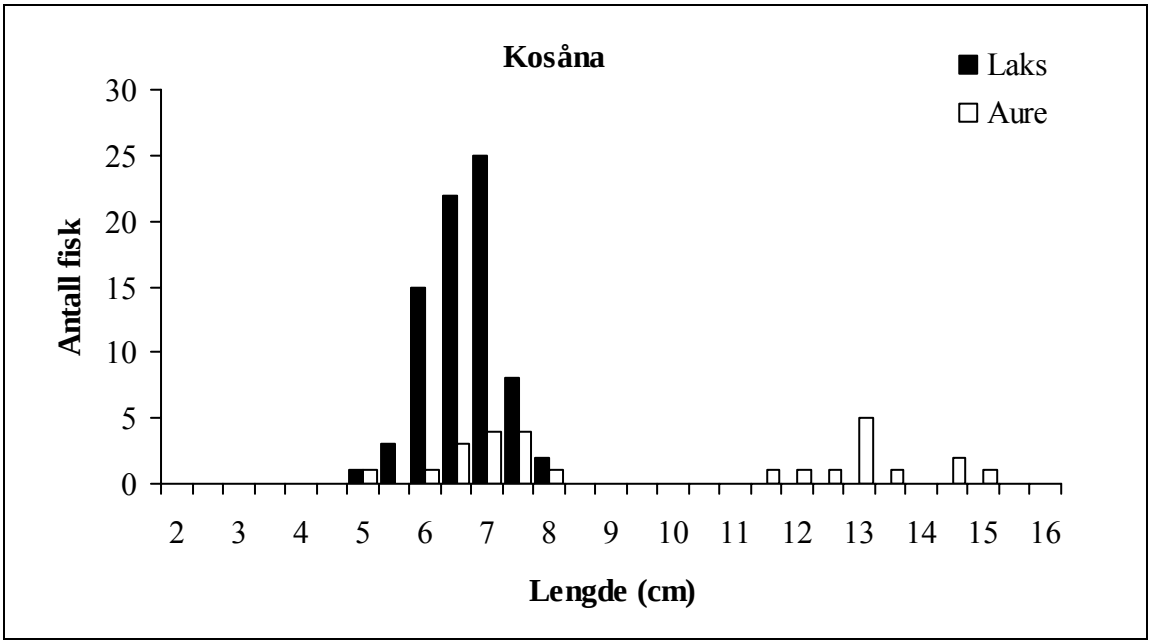
3.2.3.4 Tettheter av ungfisk

3.2.3.5 Kosåna

Det ble funnet en gjennomsnittlig tetthet på 27 ensomrige laks pr. 100 m^2 på de tre elfiskestasjonene i Kosåna den 18.09.2003 (**figur 3.8**). I tillegg ble det funnet en gjennomsnittlig tetthet på 5 ensomrige aure og 4 eldre aure pr. 100 m^2 på de samme stasjonene. Da det aktuelle området for rognutlegging og stasjonene for elektrisk fiske ligger ovenfor anadrom strekning i Kosåna, kan man med sikkerhet si at alle lakseungene stammer fra rognutlegget. Følgelig var også all undersøkt yngel otolittmerket. De gode tetthetene av lakseunger viser dermed at lakseyngelen har klart å etablere seg på elvestrekningen i Kosåna etter å ha kommet opp av kassene.



Figur 3.8. *Tettheter av laks og aure pr. 100 m^2 på de tre undersøkte stasjonene i Kosåna 18.09.2003, og den estimerte gjennomsnittlige fisketettheten for stasjonene (alle stasjoner) med standard avvik. Hvit søyle angir ensomrig laks (0+), grå søyle angir ensomrig aure (0+) og sort søyle angir tosomrige og eldre aure (≥ 1+).*

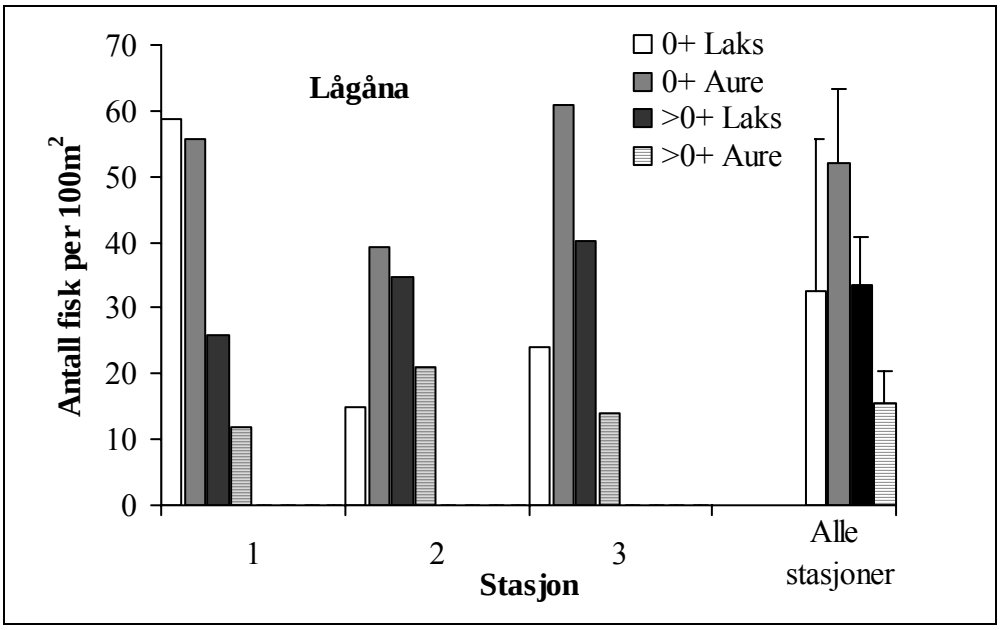


Figur 3.9. *Lengdefordeling for laks og aure tatt på elfiske i Kosåna den 18.09.2003.*

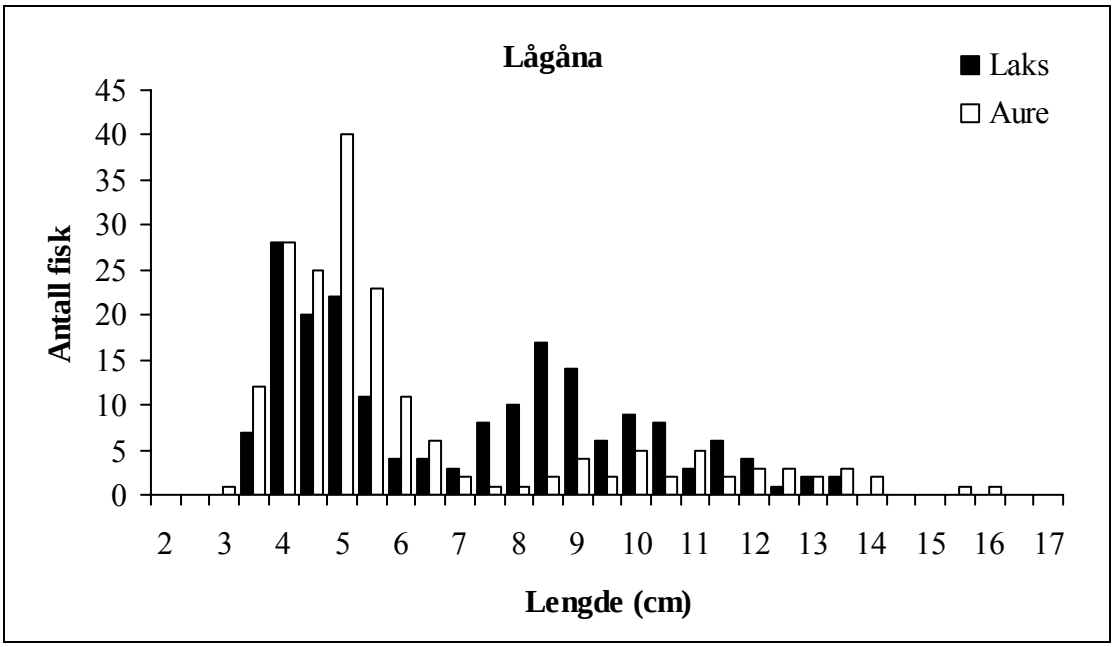
Den gjennomsnittlige lengden for ensomrig laks var 6,9 cm (std = 0,6), mens tilsvarende tall for ensomrig aure var 7,1 cm (std = 0,8). Gjennomsnittlig lengde for aure eldre enn ensomrig var 13,5 cm (std = 1,0). Lengdefordelingen for de ulike gruppene er gitt i **figur 3.9**.

3.2.3.6 Lågåna

Det ble funnet en gjennomsnittlig tetthet på 33 ensomrig laks og 34 eldre laks pr. 100 m^2 på de tre elfiskestasjonene i Lågåna den 18.09.2003. I tillegg ble det funnet en gjennomsnittlig tetthet på 52 ensomrige aure og 16 eldre aure pr. 100 m^2 på de samme



Figur 3.10. *Fisketettheter av laks og aure tatt på de tre undersøkte stasjonene i Lågåna 18.09.2003, og den estimerte gjennomsnittlige fisketettheten for stasjonene (alle stasjoner). Hvit søyle angir ensomrig laks (0+), grå søyle angir ensomrig aure (0+), sort søyle angir tosomrige og eldre laks (≥ 1+) og skravert søyle angir tosomrige og eldre aure.*



Figur 3.11. *Lengdefordeling for laks og aure fanget ved elfiske i Lågåna den 18.09.2003.*

stasjonene (**figur 3.10**). Stasjonene for rognutlegg og elektrisk fiske i Lågåna ligger på anadrom strekning, og tettheten av eldre lakseunger viser at det er naturlig rekruttering av laks i dette sidevassdraget. Av et utvalg på 36 ensomrige laks ble det funnet otolittmerke i 6, dvs. 16,6% av den undersøkte yngelen stammet fra rognutlegget.

Den gjennomsnittlige lengden for ensomrig laks var 4,8 cm (std = 0,7), mens tilsvarende tall for ensomrig aure var 4,9 cm (std = 0,7).

Gjennomsnittlig lengde for laks eldre enn ensomrig ble funnet å være 9,5 cm (std = 1,4) og tilsvarende for aure 11,0 cm (std = 3,0). Lengdefordelingen for de ulike gruppene er gitt i **figur 3.11**. Det var ingen forskjell i lengde mellom ensomrig fisk som stammer fra rognplanting (otolittmerket) og naturlig rekruttering (umerket) (t-test, p = 0,76).

3.2.4 Diskusjon

Resultatene viser at overlevelsen av rogn frem til klekking, og videre frem til yngelen skal opp av grusen var høy i både Kosåna og i Lågåna. I Kosåna kan man også med sikkerhet si at yngelen har klart seg bra etter at den er kommet opp av kassene, og har etablert seg i vassdragsavsnittene rundt utleggingsområdet. Også i Lågåna har yngelen fra rognplantinga klart å etablere seg, men her kan konkurranse fra naturlig rekruttert laks- og aureunger være en begrensende faktor for tilslaget.

Det ble funnet betydelig forskjeller i vekstvilkårene mellom de to lokalitetene. Ensomrig laks i Kosåna var i gjennomsnitt 2,1 cm lengre enn tilsvarende i Lågåna. Det er noe uklart om dette skyldes miljøforhold, for eksempel forskjeller i temperatur eller vannkvalitet mellom lokalitetene, eller om det skyldes at laksen i Kosåna har bedre vekst som følge av lavere konkurranse.

Totalt sett vurderes rognplanting som et robust kultiveringsalternativ for å etablere laks i Kosåna og Lågåna. Spesielt vurderes Kosåna å ha et stort potensial ettersom området ligger ovenfor anadrom strekning i vassdraget, og at yngelen fra rognutlegget dermed ikke kommer i konflikt med naturlig rekruttert fisk. I Lågåna er trolig tilslaget fra rognutlegget begrenset av konkurranse fra naturlig rekruttert fisk.

3.2.5 Litteratur

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

Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of five species of salmonidfishes. – Freshwat. Biol. 11: 361-368.

Crisp, D.T. 1988. Prediction, from temperature, of eyeing, hatching and ”swim up” times for salmonid embryos. – Freshwat. Biol. 19: 41-48.

Einum, S. & Fleming, I.A. 2000. Selection against late emergence and small offspring in Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Evolution 54:628-639.

Elliott, J. M. 1994. Quantitative ecology and the brown trout. - Oxford University Press Inc., New York. 286 s.

Godin, J.-G. J. 1982. Migrations of salmonid fishes during early life history phases: daily and annual timing. S. 22-50 i: Brannon, E.L. & Salo, E.O. (red.) Proceedings of the Salmon and Trout Migratory Behaviour Symposium.

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

Jensen, A. J., Johnsen, B. O. & Heggberget, T. G. 1991. Initial feeding time of salmon, *Salmo salar*, alevins compared to river flow and water temperature in Norwegian streams. –Environ. Biol. Fishes 30: 379-385.

4 Utsetting av laksunger

4.1 Utsetting av ensomrige laksunger i Mandalselva 2001-2003.

Bjørn Ove Johnsen
Norsk institutt for naturforskning-Trondheim

4.2 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 for eksempel å finne mat i naturen enn fisk som har tilbrakt mer enn ett år eller lengre i anlegg (kfr. Johnsen 1989, Johnsen & Ugedal 1990). Samtidig er ensomrig settefisk stor nok til at den enkelt kan merkes ved fettfinneklipping og er dermed lett å skille fra villfisk både som ungfisk og som voksen fisk. De øvre delene av vassdraget ble valgt som utsettingsområder fordi erfaring tilsier at fisken lettere vil vandre tilbake til øvre deler av vassdrag dersom den er vokst opp der (Heggberget 1989) eller satt ut der (Hvidsten m.fl. 1994). Dermed ville reetableringen i vassdragets øvre deler gå raskere. Resultatene for utsettingene i perioden 1997-2000 ble rapportert av Johnsen (2003). I denne årsrapporten gjengis resultatene fra utsettingene i 2001-2003, men for oversikten og sammenhengens skyld er en del av resultatene fra perioden 1997-2000 tatt med i tabellene.

4.3 Materiale og metoder

All settefisk har blitt satt ut i øvre del av elva på strekningen Laudal kraftverk - Bjelland kraftverk. Tre ulike delstrekninger har vært benyttet til utsettinger. Det er strekningen mellom terskel 1 (like oppstrøms utløpet fra Laudal kraftverk) og Klevelandsbrua, strekningen mellom Sanøy (like oppstrøms Mannflåvann) og Trygsland og strekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk (**tabell 4.1, 4.2**). Delstrekningen mellom terskel 1 og Klevelandsbrua er delt i en nedre 325 m lang del ned mot terskel 1 og en øvre 625 m lang del opp mot Klevelandsbrua. Det ble satt ut fisk annethvert år på disse to strekningene. Delstrekningen mellom Sanøy og Trygsland er delt inn i tre kortere strekninger. I 1997 ble settefisken fordelt på hele delstrekningen mellom Sanøy og Trygsland. De øvrige år har den blitt satt ut på ulike strekninger annethvert år (**tabell 4.1, 4.2**). Mellom Grasholmen og Bjelland kraftverk har settefisken hvert år blitt fordelt over hele delstrekningen.

Siden 1995 har NINA drevet et overvåkingsprosjekt i Mandalselva som gjennomfører ungfiskundersøkelser med elektrisk fiskeapparat på 18 lokaliteter. Hver stasjon blir fisket over tre ganger og tettheten av fisk blir beregnet etter en metode beskrevet av Zippin (1958) og Bohlin m.fl. (1989). Kontrollfisket etter utsatt fisk ble gjennomført i regi av Overvåkingsprosjektet.

Tabell 4.1. *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

*: I 1997 ble 18 500 settefisk fordelt på delstrekningen Sanøy - Trygsland. Disse er skjønnsmessig fordelt på de tre strekningene i tabellen.

***Tabell 4.2**. Antall ensomrige laksunger satt ut på ulike delstrekninger og strekninger i Mandalselva i prerioden 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.

I perioden 1998-2002 ble et antall lokaliteter på alle tre delstrekningene hvor det ble satt ut fisk undersøkt. I 2003 ble dette kontrollfisket begrenset til kun å omfatte delstrekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk.

Elfiskemetoden har sine klare begrensninger i store elver, blant annet er det bare en 4-6 m bred sone langs land som undersøkes. Arealet av de stasjonene som kontrolleres er også små sammenliknet med de arealer som fisken settes ut på. I tillegg kommer variasjoner i vannføringen innenfor vassdraget det enkelte år og mellom år. Det vil derfor være store usikkerheter knyttet til beregninger av tetthet av fisk, spesielt i store vassdrag som Mandalselva. For å komme fram til et uttrykk for settefiskens overlevelse har vi beregnet en "gjenfangstprosent" ved å sammenlikne utsettingstettheten med gjennomsnittlig tetthet av utsatte laksunger på samme elvestrekning en måned eller ett år senere. De metodiske begrensningene som er nevnt ovenfor gjør at "gjenfangstprosenten" kun kan betraktes som et grovt estimat av settefiskens overlevelse.

4.4 Resultater

4.4.1 Gjenfangster ett år etter utsetting

Den gjennomsnittlige tettheten av settefisk på ulike strekninger ett år etter utsetting varierte mellom 0 og 9,6 individ pr. 100 m². Det var stor variasjon mellom de ulike strekningene innen samme år, men mindre variasjon mellom år på den enkelte strekning. For eksempel på øvre del av delstrekningen "Terskel 1 - Klevelandsbrua" var tettheten av 1997-, 1999- og 2001-årsklassene henholdsvis 9, 10 og 3 individ pr. 100 m². På delstrekningen Grasholmen - Bjelland kraftverk var tettheten av 1997-årsklassen 0,2 individ pr. 100 m², mens for de øvrige årsklassene 1998-2002 varierte tettheten mellom 0,9 og 4 individ pr. 100 m². På delstrekningen Sanøy-Trygsland varierte tettheten mellom 0 og 0,8 pr. 100 m² for de fire årsklassene (**tabell 4.3**).

På grunn av variasjoner i utsettingstetthetene fikk vi større variasjoner i gjenfangstprosentene enn i de rene tetthetstallene. Dette resulterte i svært varierende gjenfangstprosenter på de ulike strekninger innen samme år. Det mest ekstreme eksemplet var 1997-årsklassen med 27,5 % gjenfangst på strekningen Terskel 1 – Klevelandsbrua, øvre del mens det ikke ble gjenfanget fisk på delstrekningen Sanøy - Trygsland. Det var også betydelige variasjoner innen en og samme strekning mellom år (**tabell 4.3**).

4.4.2 Gjenfangster og utsettingstetthet

På delstrekningen Terskel 1 – Klevelandsbrua er årsklassene 1997, 1999 og 2001 direkte sammenliknbare og det samme er årsklassene 1998 og 2000 siden utsettingene disse årene foregikk henholdsvis på øvre og nedre del av delstrekningen. En dobling av utsettingstettheten på øvre del i 1999 i forhold til 1997 ga ingen vesentlig økning i tettheten ett år senere. En ytterligere økning i utsetingstettheten i 2001 ga lavere tetthet av utsatt fisk ett år etterpå sammenlignet med de tidligere utsettingene. En tredobling av utsettingstettheten på nedre område i 2000 i forhold til 1998 ga heller ingen økning i tettheten ett år etter utsettingen (**tabell 4.3**).

På delstrekningen Sanøy – Trygsland har utsettingstetthetene vært svært lave sammenliknet med de øvrige strekningene. På denne strekningen har vi også hatt de laveste tetthetene ett år etter utsetting (0 og 0,8 individ pr.100 m²). En dobling av utsettingstettheten fra 1998 til 1999 resulterte ikke i vesentlig økning i tettheten ett år senere og det gjorde heller ikke en ytterligere dobling av utsettingstettheten fra 1999 til 2000 og 2001 (**tabell 4.3**).

På delstrekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk har nøyaktig samme utsettingsområde vært benyttet alle fire år. Utsettingstettheten har variert mellom 19 i 1997 til 94 settefisk pr. 100 m² i 2000. Den laveste utsettingstettheten ga den laveste gjenfangsten, men ved utsettingstettheter mellom 28 og 94 settefisk pr. 100 m² var det ingen sammenheng mellom utsettingstetthet og tetthet ett år senere (**tabell 4.3**).

Gjennomsnittlig gjenfangstprosent har variert mellom 1,8 for 2000 - årsklassen og 15,4 for 1997-årsklassen, mens gjennomsnittlig tetthet ett år etter utsetting har variert mellom 1,2 individ pr. 100 m² for 2000 - årsklassen og 4 individ pr. 100 m² for 1999-årsklassen (**tabell 4.3**).

***Tabell 4.3**. Utsettingstetthet (antall pr. 100 m²), tetthet ett år etter utsetting (antall pr. 100 m²) og gjenfangstprosent etter ett år for ensomrige laksunger utsatt på ulike strekninger i Mandalselva i 1997 - 2002.*

		Tetthet pr. 100 m^2		
Årsklasse	Strekning	Ved utsetting	Ett år etter utsetting	Gjenfangst-prosent
1997	Terskel 1 – Klevelandsbrua, øvre del	32,0	8,8	27,5
	Sanøy-Trygsland	7,4	0	0
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	19,2	0,2	1,0
	Gjennomsnitt 1997-årsklassen	19,5	3,0	15,4
1998	Terskel 1 – Klevelandsbrua, nedre del	39,6	0,4	1,0
	Sanøy-Trygsland	3,8	0,7	18,4
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	28,1	3,0	10,7
	Gjennomsnitt 1998-årsklassen	23,8	1,4	5,9
1999	Terskel 1 – Klevelandsbrua, øvre del	60,8	9,6	15,8
	Sanøy-Trygsland	9,8	0,8	8,2
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	42,7	1,5	3,5
	Gjennomsnitt 1999-årsklassen	37,8	4,0	10,6
2000	Terskel 1 – Klevelandsbrua, nedre del	131,5	0,6	0,5
	Sanøy-Trygsland	18,9	0,4	2,1
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	94,1	2,7	2,9
	Gjennomsnitt 2000-årsklassen	81,5	1,2	1,8
2001	Terskel 1 – Klevelandsbrua, øvre del	83,1	2,7	3,2
	Sanøy – Trygsland	22,2	0,5	2,3
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	66,0	3,9	5,9
	Gjennomsnitt 2001-årsklassen	57,1	2,4	3,8
2002	Terskel 1 – Klevelandsbrua, nedre del	97,9	*	-
	Sanøy-Trygsland	30,8	*	-
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	47,9	0,9	1,9
	Gjennomsnitt 2002-årsklassen	58,9	-	-

*:Ikke undersøkt

***Tabell 4.4**. Utsettingstetthet (antall pr. 100 m²), tetthet en måned etter utsetting og ett år etter utsetting (antall pr. m²) for utsatt fisk på strekningen Grasholmen-Bjelland kraftverk i Mandalselva i 1999-2003.*

Årsklasse	Utsettingstetthet	Tetthet en måned etter utsetting	Tetthet ett år etter utsetting
1999	42,7	24,4	1,5
2000	94,1	17,4	2,7
2001	66,0	8,4	3,9
2002	47,9	13,7	0,9
2003	27,4	7,5	-

***Tabell 4.5**. Gjennomsnittlig tetthet (antall pr. 100 m²) av årsyngel og av ettårige og eldre ville laksunger på strekingen strekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk i Mandalselva i 1998-2003.*

År	Årsyngel	Ettårig og eldre
1998	0	0
1999	3,4	0,2
2000	4,1	0
2001	4,6	0,4
2002	61,7	0,4
2003	29,0	7,1

Tettheten av utsatt fisk en måned etter utsetting på strekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk varierte mellom 8 (2003) og 24 individ (1999) pr. 100 m². Dersom vi ser bort fra 1999 ser det ut til å være sammenheng mellom utsettingstetthet og tetthet av utsatt fisk en måned etter utsetting. Som tidligere nevnt var det imidlertid ingen sammenheng mellom utsettingstetthet og tetthet etter ett år etter utsetting (**tabell 4.4**).

Tettheten av årsyngel av villaks var lav i perioden 1998-2001 på delstrekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk. I 2002 skjedde det en betydelig økning i tettheten (**tabell 4.5**). Dette hadde sannsynligvis sammenheng med en vesentlig økning i gytebestanden i Mandalselva i 2001. Denne økningen i tetthet av årsyngel i 2002 ble fulgt av en økning i tetthet av eldre laksunger på delstrekningen i 2003 (**tabell 4.5**).

4.4.3 Vekst

Gjennomsnittslengden ved utsetting har variert avhengig av utsettingstidspunktet for de ulike årsklassene i Mandalselva. 1997- og 1998-årsklassene som ble satt ut henholdsvis i periodene 25.august - 2. september og 12. - 19. august hadde gjennomsnittslengder på henholdsvis 68 og 59 mm. 1999-, 2000-, 2001-, 2002- og 2003-årsklassene som ble satt ut tidligere i sesongen, henholdsvis i perioden 1. - 13. juli 1999, 5. - 13. juli 2000, 9. – 16. juli 2001, 30. juni – 5. juli 2002, 30. juni – 3. juli 2003, hadde gjennomsnittslengder på 51-56 mm. 1999 - 2002-årsklassene hadde imidlertid bedre gjennomsnittlig tilvekst i elva slik at gjennomsnittslengde etter et år var omtrent den samme (**tabell 4.6**). Gjennomsnittslengden etter ett år var høyest for 1997-årsklassen og lavest for 1998- og 2000 - årsklassene.

***Tabell 4.6**. Lengde ved utsetting og lengde ett år etter utsetting for 1997- ,1998- ,1999-, 2000-, 2001-, og 2002-årsklassene av settefisk i Mandalselva. n = antall lengdemålt, L = gjennomsnittslengde (min - max)*

Årsklasse	Lengde ved utsetting.		Lengde ett år etter utsetting.		Gjennomsnittlig tilvekst (mm)
	N	L (mm)	n	L (mm)	
1997		68*	23	104 (91–123)	36
1998	1323	59 (31 – 85)	27	97 (78–109)	38
1999	4787	51 (30 – 85)	24	99 (82–116)	48
2000	3812	51 (30 – 72)	20	97 (73 -119)	46
2001	4265	51 (32 – 73)	33	99 (75 –118)	48
2002	4698	56 (31 – 81)	5	100 (89 – 112)	44
2003	640**	55 (40 – 67)	-	-	-

*: lengden er beregnet på grunnlag av gjennomsnittsvekt og en k-faktor på 1,07. **: gjelder kun fisk utsatt på strekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk

***Tabell 4.7**. Lengde ved utsetting for settefisk utsatt på strekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk og lengde ca. en måned etter utsetting for 1999-, 2000-, 2001-, 2002 og 2003-årsklassene. N = antall individ lengdemålt, L = gjennomsnittslengde (min - max)*

Årsklasse	Lengde ved utsetting.		Lengde en måned etter utsetting.		Gjennomsnittlig tilvekst (mm)
	N	L (mm)	N	L (mm)	
1999	1.458	51 (30 – 75)	111	56 (39 – 77)	5
2000	1.870	52 (30 – 70)	62	60 (46 – 74)	10
2001	1.535	48 (32 – 70)	39	55 (35 – 76)	7
2002	1.230	55 (37 – 75)	64	60 (43 – 73)	5
2003	640	55 (40 – 67)	30	66 (59 – 74)	11

For alle årsklasser mellom 1999 og 2003 ble det gjennomført et kontrollfiske allerede en måned etter utsetting og vi har sett nærmere på tilveksten hos settefisk utsatt på strekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk. Settefiskens gjennomsnittslengde ved utsetting varierte mellom 48 (2001) og 55 mm (2002 og 2003). Gjennomsnittlig tilvekst i løpet av den første måneden etter utsetting varierte mellom 5 (1999) og 11 mm (2003) (**tabell 4.7**). Disse tallene kan være et resultat av reell tilvekst for hele populasjonen av settefisk og/eller en større dødelighet hos den minste settefisken.

Størrelsesforskjellen mellom minste og største settefisk ved utsetting varierte mellom 27 (2003) og 45 (1999) mm. For alle årsklassene unntatt 2001-årsklassen, hadde denne størrelsesforskjellen blitt noe mindre en måned etter utsetting. Forskjellen mellom minimumslengdene ved utsetting og en måned etter utsetting var betydelig større enn forskjellen mellom maksimumslengdene på de to tidspunktene. Dette kan tyde på større dødelighet hos den minste settefisken eller at den minste settefisken var vanskeligere å gjenfange eller en kombinasjon av begge deler.

4.4.4 Spredning

Strekningen terskel 1 - Klevelandsbrua er delt i et 325 m langt nedre, et 350 m langt midtre og et 625 m langt øvre utsettingsområde. På det midtre området er det ikke satt ut fisk. Tetthet en måned etter utsetting ble ikke målt for 1997- og 1998-årsklassene, men en måned etter utsettingene i 1999, 2000, og 2001 ble det elfisket på de 5 faste stasjonene på strekningen. Det ble da gjenfanget settefisk på lokalitetene innenfor utsettingsområdet, men ikke på strekningen hvor det ikke var satt ut fisk. Unntaket var 2001 da det ble funnet svært lav tetthet av settefisk i nedre del til tross for at det ikke var satt ut fisk der. For samtlige årsklasser ble det gjenfanget settefisk i utsettingsområdet ett år etter utsetting, men ikke på strekningen hvor det ikke var satt ut fisk (**tabell 4.8**).

***Tabell 4.8**. Utsettingstetthet (antall pr. 100 m²) og tetthet en måned og ett år etter utsetting for fem årsklasser av settefisk satt ut på øvre og nedre del på delstrekningen Terskel 1 – Klevelandsbrua.*

		Tetthet en måned etter utsetting		Tetthet ett år etter utsetting	
Årsklasse – utsettingssted	Utsettings-tetthet	Nedre del	Øvre del	Nedre del	Øvre del
1997 – øvre del	32,0	-	-	0	8,8
1998 – nedre del	39,6	-	-	0,4	0
1999 – øvre del	60,8	0	44,6	0	9,6
2000 – nedre del	131,5	5,8	0	0,6	0
2001 – øvre del	83,1	1,1	32,9	0	2,7

4.5 Diskusjon

En overlevelse på 10-20 % fra settefisk til smoltstadiet betraktes som "normal" overlevelse (jf. Fjellheim & Johnsen 2001). Dersom vi bruker våre gjenfangstprosenter (tabell 3) som et uttrykk for overlevelse var den gjennomsnittlige gjenfangstprosenten for 1997 og 1999-årsklassene på dette nivå, mens gjenfangstprosenten var lavere for de øvrige årsklassene. Gjenfangstprosenten ett år etter utsetting varierte svært mye mellom ulike delstrekninger og de fleste gjenfangstene lå langt under 10 %. Siden vi må regne med dødelighet siste vinter før smoltstadiet indikerer disse tallene at overlevelsen for settefisken i Mandalselva var lav eller meget lav. Som tidligere nevnt er det imidlertid store svakheter knyttet til elfiskemetoden i så store vassdrag som Mandalselva. Gjenfangsttallene må derfor betraktes som absolutte minimumstall og det er sannsynlig at settefiskens overlevelse har vært høyere enn det disse tallene indikerer. At andelen fettfinneklipte smolt i fella på Finså var 40 % i 2001 (Hvidsten m.fl. 2002) er også en sterk indikasjon på dette.

For to av delstrekningene, Terskel 1 - Klevelandsbrua og Grasholmen - Bjelland kraftverk, ga en utsettingstetthet på ca. 30 settefisk pr. 100 m² like høg tetthet av settefisk ett år etter utsetting som langt høgere utsettingstettheter. De fleste resultatene stammer fra en periode hvor villfiskbestanden var under oppbygging og tetthetene av villfisk var relativt lave. Tettheten av villfisk har økt de senere årene og på strekninger hvor det er en betydelig bestand av villfisk er det ingen grunn til å sette ut fisk. På strekninger med lave villfisktettheter kan det være behov for forsterkingsutsettinger og utsettingstettheten må i slike tilfeller vurderes i forhold til tettheten av villfisk.

Resultatene fra Mandalselva tyder på at de fleste settefiskene har vandret ut som 2-års smolt, men funn av 2+ settefisk i elva viser at noen vandrer ut først ved oppnådd 3 års alder eller blir enda eldre (gyteparr). Disse indikasjonene styrkes av resultatene fra fangsten av smolt på utvandring ved Finså i 2001. Både villsmolt og smolt utsatt som ensomrig settefisk hadde en gjennomsnittlig smoltalder på 2,3 år (Hvidsten m.fl. 2002). Det var heller ingen forskjell mellom villsmolt og smolt utsatt som ensomrig settefisk med hensyn til størrelse. Gjennomsnittslengdene var henholdsvis 129 og 136 mm for toårig og treårig smolt (Hvidsten m.fl. 2002).

Dette tyder på at utsatt fisk bør ha oppnådd en lengde på minst 99 mm i løpet av høsten før utvandring. Dersom man ønsker at de fleste ensomrige settefiskene skal vandre ut som to-årig smolt kan de enten settes ut tidlig i juli måned, og da bør de helst være minimum 50-55 mm, eller de kan fores videre i settefiskanlegget til august/september og da bør de helst være 65-70 mm lange. En tidlig utsetting er imidlertid å foretrekke både fordi settefisken får kortere opphold i anlegget og får lengre tid til å tilpasse seg livet i elva før høsten og vinteren setter inn.

Det ble ikke påvist utsatt fisk på noen av overvåkingsprosjektets kontrollstasjoner nedstrøms Laudal kraftverk eller oppstrøms Bjelland kraftverk i Mandalselva i perioden 1998 - 2003. Dette tyder på at settefisken ikke hadde foretatt lange forflytninger verken oppstrøms eller nedstrøms. Resultatene fra utsettingslokalitetene tyder på at settefisk utsatt på rasktflytende elvestrekninger (for eksempel

strekningen Sundtjørnkilen-Herefossfjorden i Tovdalselva og strekningen Terskel 1-Klevelandsbrua i Mandalselva), spredte seg lite fra utsettingsstedene. Settefisk satt ut på mer stilleflytende strekninger som for eksempel mellom Sanøy og Trygsland i Mandalselva, hadde imidlertid spredt seg både opp- og nedstrøms fra utsettingsområdene. Dette kan ha sammenheng med at fisken på stilleflytende strekninger må vandre mer for å finne mat enn på strie områder hvor fisken kan oppholde seg innenfor et lite område og leve av drivfauna.

Den utsatte fisken har bidratt til en større gytebestand i Mandalselva enn vi ville ha hatt dersom det ikke hadde blitt satt ut fisk. Den utsatte fisken har i større grad enn villfisken vandret tilbake til de øvre delene av elva hvor den ble satt ut. Utsettingene har dermed også bidratt til en bedre fordeling av gytebestanden langs elvas lengderetning. Alt i alt har utsettingene dermed bidratt til en raskere reetablering av laks i Mandalselva.

4.6 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. Expr.iences from stocking salmonid fry and fingerlings in Norway. - Nordic J. Freshwat. Res. 75: 20-36.

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

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, 23.-25. juni 1987, Trondheim.

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. – Aquacult. Fish. Manage. 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. 1989. Settefisken - greier seg. - Jakt - Fiske - Friluftsliv nr. 10: 52-54.

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

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.

Zippin C. 1958. The removal method of population estimation – J. Wildlife Manage. 22: 82-90.

5 Smoltundersøkelser

5.1 Smoltutvandring i Mandalselva, 2001-2003

Nils Arne Hvidsten, Bjørn Ove Johnsen og Peder Fiske
Norsk institutt for naturforskning - Trondheim

Sammendrag
Under smoltutvandringen i perioden 2001-2003 har det blitt foretatt daglig registrering av antall utvandrende smolt. Formålet med undersøkelsen har vært å registrere tidspunkt for smoltutgang i en kalket Sørlandselv og bestemme hvilke omgivelsesvariabler som styrer eller påvirker utvandringen. Utvandringen synes å være innenfor en normal utvandingsperiode om våren. Det har i løpet av forsøksperioden blitt utviklet en utvandringsmodell somsynes å gi en god predikasjon på daglig antall utvandrende smolt. Livshistorieparametre er analysert for utvandrende smolt av laks og aure. Begge artene har smolt som er dominert av to og tre åringer.

5.1.1 Innledning

Undersøkelsene kom i gang som en følge av at Direktoratet for naturforvaltning i regi av 'Reetableringsprosjektet' ønsket å undersøke økologien 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. En modell for daglig utvandring av smolt og omgivelsesvariabler er utviklet.

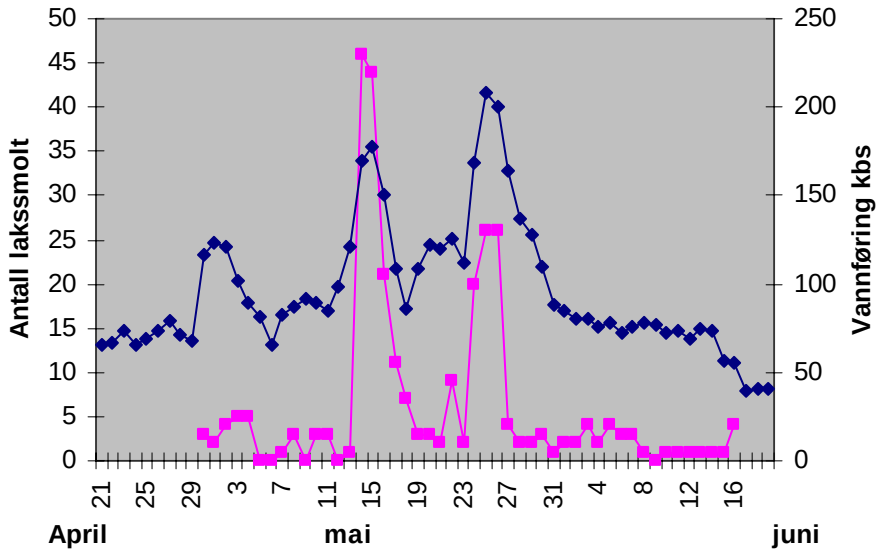
5.1.2 Metode og materiale

Det ble benyttet en smoltskrue til å fange inn smolt under utvandringen. Smoltskruen var plassert på Finså og pr.sonell fra klekkeriet røktet fella. 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, for merking med brikkemerker og til test av saltvannstoleranse. Smoltens fysiologiske status er målt under utvandringen, og satt i sammenheng med elvas vannkvalitet. Innsamlings- og testprosedyre er angitt i statusrapport (Hvidsten m.fl. 2002). Smoltfella ble ettersett morgen og kveld. Smolt ble merket med Carlin-merker om morgenen og satt ut om kvelden etter akklimatisering.

***Tabell 5.1**. Fangstperiode, antall fanget og antall merket laksesmolt i 2001, 2002 og 2003 i Mandalselva. Antall gjenfangster av voksen laks i fiskesesongen er vist.*

År, periode	Art	Antall fanget	Antall merket	Antall gjenfangster
25.4-14.6. 2001	Laks, smolt	507	361	1*
	Aure	226	-	
20.4.-17.6.2002	Laks, smolt	231	99	-
	Aure	116		
22.4.-18.6.2003	Laks, smolt	293	121	-
	Aure	52		

*Gjenfangst fra Bjerkreimvassdraget



***Figur 5.1**. Smoltutvandring av laks sammenholdt med vannføring i Mandalselva 2003 (Vannføringen varierte mellom 50 og 200 m^3 pr. sek).*

5.1.3 Resultater

5.1.3.1 Fangst av smolt

Fella var operativ i perioden 22. april til 18. juni i 2003 (**tabell 5.1**) Det ble fanget smolt fra 30. april til 16. juni (**figur 5.1**).

Smoltutvandringen var sterkt knyttet til økende og stor vannføring i 2003, se også **figur 5.2**. Smoltutvandringen skjer i perioden 10. mai til 10. juni i Mandalselva.

Andelen finneklipt smolt utgjorde 39,7, 26,0 og 9,9 % i henholdsvis 2001, 2002 og 2003. I alle tre åra ble smolten med kultiveringsbakgrunn fanget senere enn villsmolten.

5.1.3.2 Lengde- og alderssammensetning

Laksesmolten besto hovedsakelig av fisk som var to og tre år gamml (**tabell 5.2**), det fins innslag av både en og fire år gammel smolt. Gjennomsnittlig smoltlengde varierte mellom 129 og 132 mm i perioden 2001 og 2003. Auresmolten besto av to og treårige individer (**tabell 5.3**). Gjennomsnittlig smoltalder var noe høyere enn for laksesmolt. Auresmolten var også vesentlig større enn lakssmolten.

***Tabell 5.2**. Smoltalder (år) og gjennomsnittlig smoltalder og smoltlengde ± standard avvik hos utvandrende laksesmolt i Mandalselva i perioden 2001-2003.*

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

***Tabell 5.3**. Smoltalder (år) og gjennomsnittlig smoltalder og smoltlengde ± standard avvik hos utvandrende aure i Mandalselva 2001-2003.*

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

5.1.3.3 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 og 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 delt på antall dager som er igjen 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).

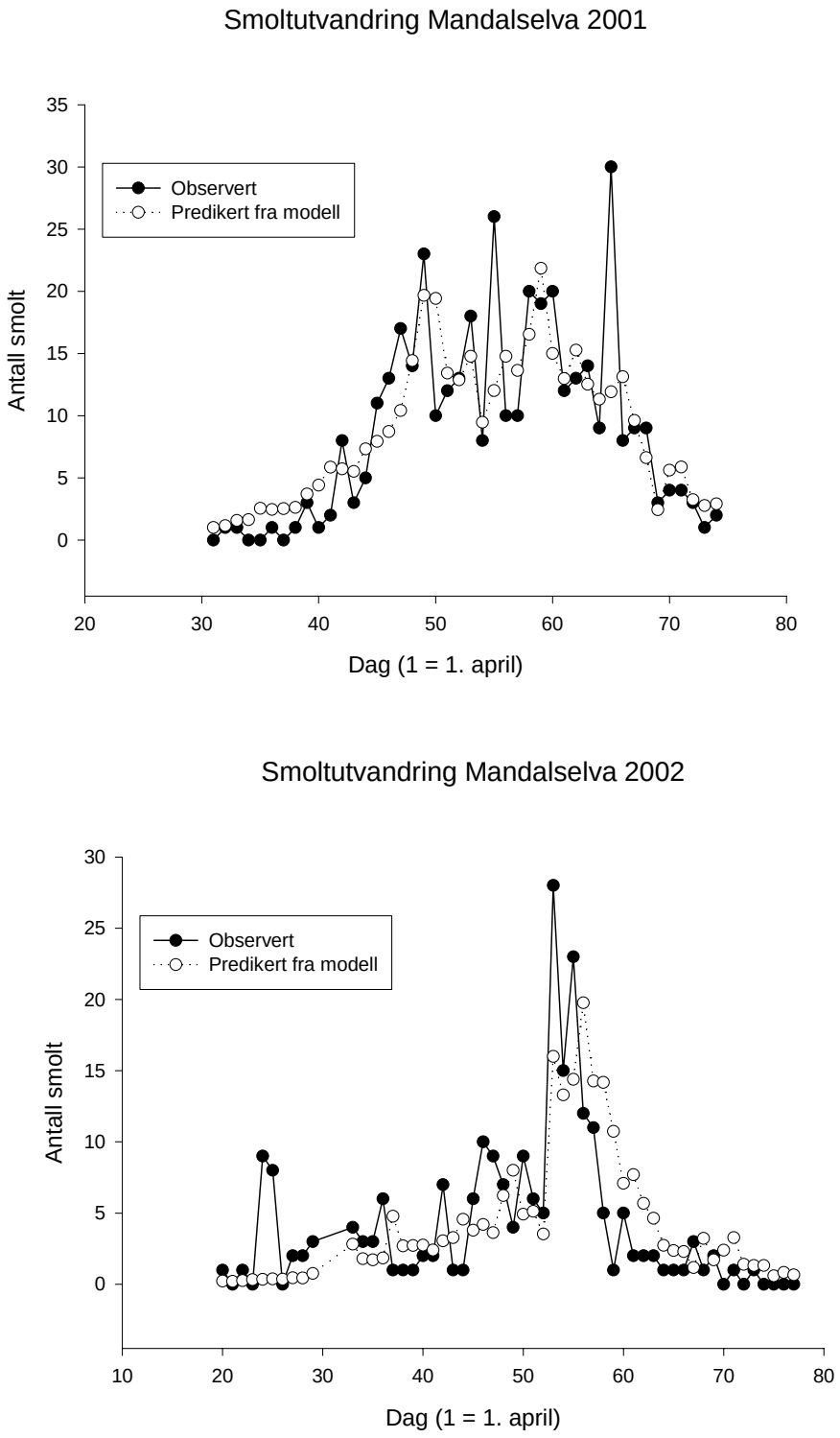
Vi endte opp med følgende generaliserte lineære modell:

ln(Forventet antall utvandrende smolt) = ln(Antall gjenværende smolt/antall gjenværende dager) + $ß_1$*(Vannføring) + $ß_2$*ln(vanntemperatur) + $ß_3$*(Endring i vannføring) + $ß_4$*(Endring i vanntemperatur) + $ß_5$*ln(Antall gjenværende smolt+1) + $ß_6$*ln(Dag) + konstant.

Smoltvandringen var positivt korrelert med endringer i vanntemperatur, og positivt korrelert med (økte med) vannføring, vanntemperatur, antall smolt igjen, endringer i vannføring og dag (**tabell 5.4**). De viktigste forklaringsvariablene i modellen var vannføring, antall smolt igjen, og dag (dato). Modellen beskriver smoltutvandringen relativt godt (**figur 5.2**). Vi har her benyttet modellen basert på alle år for å beregne smoltutvandringen. Figur 1 kan derfor bare betraktes som hvor godt modellen beskriver dataene, og ikke som en "test" av generaliteten til modellen.

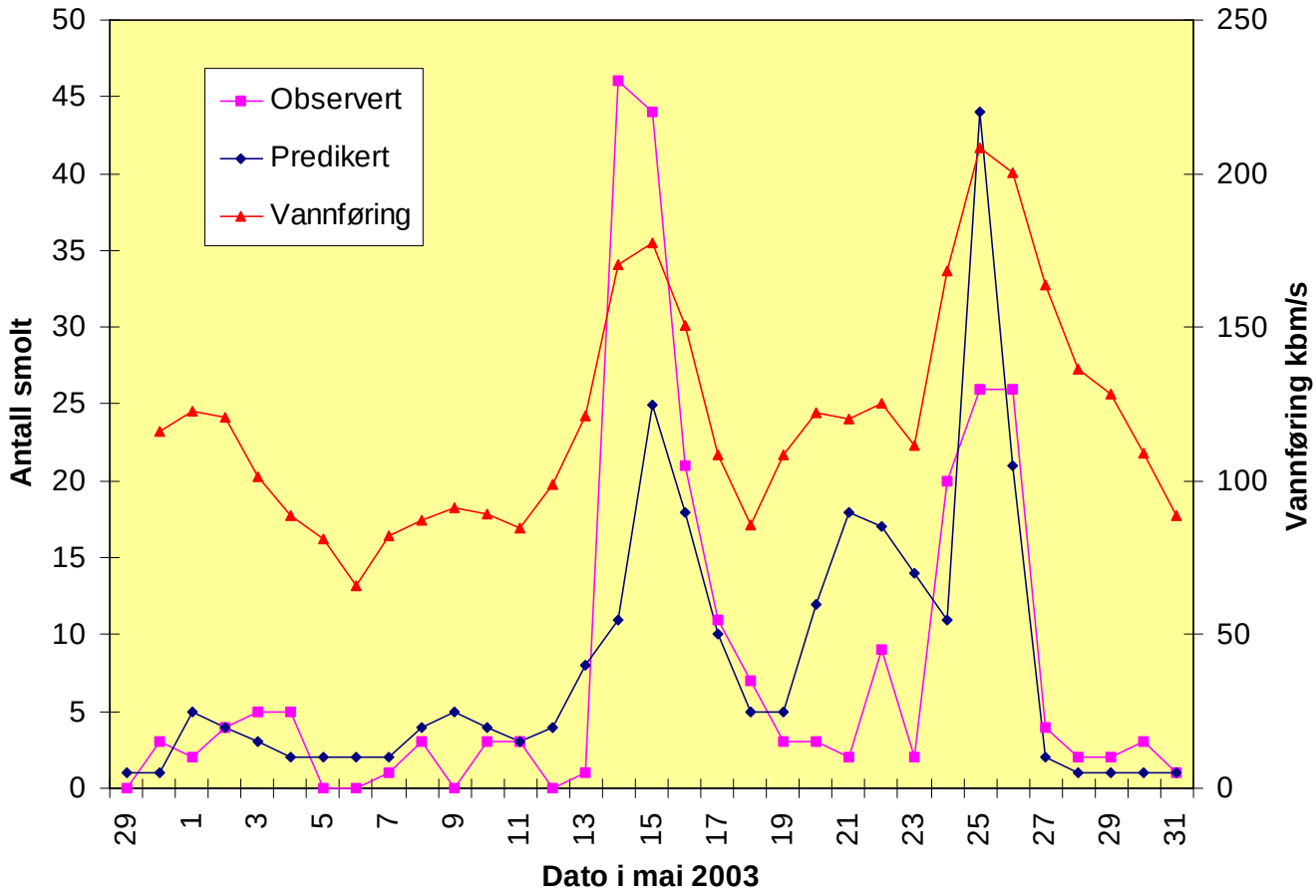
Tabell 5.4. *Parameterestimater og standardavvik i GLIM analysen. Z-verdien blir brukt for å teste nullhypotesen, at parametereffekten er null. Små p-verdier (dvs. store z-verdier) indikerer at parameterverdien er forskjellig fra null. I denne analysen har vi benyttet temperaturen i slutten av april i stedet for årseffekter for å forklare forskjeller mellom år i utvandringsmønster. AIC = 752.*

Faktorer og kovariater	Parameter estimat	SD	Z	P
Konstant	-11,31	0,86	-13,081	<0,.001
Kovariater				
Vannføring	0,015	0,001	11,328	<0,001
Ln(Antall smolt igjen+1)	0,52	0,06	8,557	<0,001
Dag (dato)	0,062	0,008	7,276	<0,001
Ln(Vanntemperatur)	2,03	0,35	5,727	<0,001
Endring i vanntemperatur fra forrige dag	-0,35	0,07	-5,175	<0,001
Endring i vannføring fra forrige dag	0,007	0,002	3,378	<0,001



***Figur 5.2**. Samlet fangst av villsmolt og smolt som var fettfinneklippet og utsatt som ensomrig yngel, samt beregnet antall smolt fra modellen for årene 2001-2003 i Mandalselva.*

Figur 5. 2 fortsatt



5.1.4 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.

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.

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

5.2 Smoltstatus hos laks i Mandalsvassdraget og Tovdalsvassdraget våren 2003

Frode Kroglund[1], Trygve Hesthagen[2], Jarle Håvardstun[1] & Jan Gunnar Jensås[2]

Norsk institutt for vannforskning - Sørlandsavdelingen[1], Norsk institutt for naturforskning -Trondheim[2]

5.2.1 Innledning

Hensikten med kalkingsaktiviteten er å etablere vannkjemiske forhold som tillater reetablering av en laksebestand. Dette innebærer at aluminium må avgiftes til nivå hvor smoltkvalitet ikke forringes. Aluminium avgiftes ved å heve pH. Avgifting av aluminium er en kinetisk prosess og tar derfor tid. Hastigheten aluminium avgiftes med og den konsentrasjon som kan være tilstede i etter behandling avhenger av pH og temperatur. Nedstrøms et doseringsanlegg og nedstrøms sure sidebekker vil det imidlertid være områder hvor aluminium ikke er avgiftet. Hvis disse arealene er store og dominerer vannkvaliteten innenfor oppvekstområdet til laks, oppnås ikke det biologiske målet til tross for at pH i seg selv kan antyde tilfredsstillende vannkvalitet.

Det tar tid å reetablere laks i en elv. Dette skyldes laksens livshistorie og gytestrategier. Likeledes tar det tid før hele den tilgjengelige andelen av vassdraget utnyttes av laks. Dette skyldes delvis at hele vassdraget utnyttes først når det er konkurranse om gyteareal. I Mandals- og Tovdalsvassdraget utføres det årlige ungfiskundersøkelser. Disse har påvist eldre laks i hele vassdraget, samtidig som det er systematiske forskjeller i hvordan etableringen av laks har utviklet seg på de ulike overvåkingsstasjonene innen vassdragene og mellom elvene.

Fangst av utvandrende smolt i Mandalsvassdraget viser at det produseres smolt i elva. Smoltfella er plassert nedstrøms utløpet av Finsåna. Smoltfella gir dermed ikke informasjon om smoltproduksjonen fra Finså til elvemunningen. Prøver tatt av fisk som fanges i fella angir helsestatus til den andelen av utvandrende smolt som har sitt oppvekstområde oppstrøms smoltfella.

Våren 2003 ble det utført en presmoltundersøkelse i begge elvene. Formålet med denne var bl.a. å undersøke om det var smoltproduksjon i hele den anadrome strekningene av Tovdals- og Mandalsvassdraget. Samtidig med fisket ble det utført målinger av gjelle-Al for å evaluere måloppnåelse for kalkingen. Det foreligger en sammenheng mellom aluminium i vann og aluminium som bindes til gjellemateriale. I Mandalselva ble det i tillegg tatt prøver av utvandrende smolt fanget i smoltfella.

5.2.2 Metoder

5.2.2.1 Fangst av fisk

Materialet ble innsamlet ved bruk av elektrisk fiskeapparat. Fisket ble utført 24. mars (Tovdalsvassdraget: Boen, Herefoss og Birkeland), 25. mars (Mandalsvassdraget: Kosåna, Oppstrøms Kosåna, Sundet, innløp Mannflåvatn) og 26. mars (Mandalsvassdraget: Kalkingsovervåkingsstasjon 12, Fuglestveit,

Finsåna, Usland, Røyslandsbekken og nedstrøms Røyslandsbekken i hovedelva).

Hver strekning/stasjon ble elfisket en gang, og all fisk ble lengdemålt til nærmeste mm. Det ble skilt mellom fisk som var større og mindre enn 100 mm. Det antas at fisk større enn 100 mm kan smoltifisere og vandre ut inneværende år. Fisketid ble notert på hver stasjon, og for laksunger > 100 mm er fangstutbyttet pr. 30 minutter angitt. På noen stasjoner ble arealet målt, og her er tettheten av laksunger > 100 mm angitt som antall individ pr. 100 m^2, forutsatt en fangstbarhet etter en omgang på 0,50.

Fiskens økologiske status er vurdert ut fra forekomst av gjelle-aluminium. Det ble klippet ut gjeller fra tre fisk på hver lokalitet. Såfremt det ble fanget mer enn tre fisk ble to og to slått sammen til en samleprøve. Det ble analysert inntil tre samleprøver fra hver lokalitet. Der forekomsten av fisk var lav, ble det analysert på enkeltprøver tatt fra hver fisk. Antall fisk som det ble tatt prøver av er angitt i resultatbearbeidingen. Gjellemetall er analysert ved NLH. **I tabell 5.6** og **5.8** er antall prøver tilordnet konsentrasjonsklasser. Konsentrasjoner i området 20 til 60 µg Al/g tv kan redusere marin overlevelse til en viss grad. Når konsentrasjonene øker ytterligere vil reduksjonen tilta. Først når konsentrasjonen overstiger 300 µg/g forventes det redusert tetthet i ferskvann.

5.2.2.2 Fysiologisk status til utvandrende smolt

Det ble tatt blod og gjelleprøver av utvandrende smolt i Mandalselva. Forut for prøvetaking hadde denne fisken oppholdt seg fra timer til dager i smoltfella. Blodanalysene er utført på en I-STAT blodanalysator med blodanalysekassetten EC8+. Gjeller er analysert for å påvise akkumulering av aluminium. Gjellemetall er analysert ved NLH.

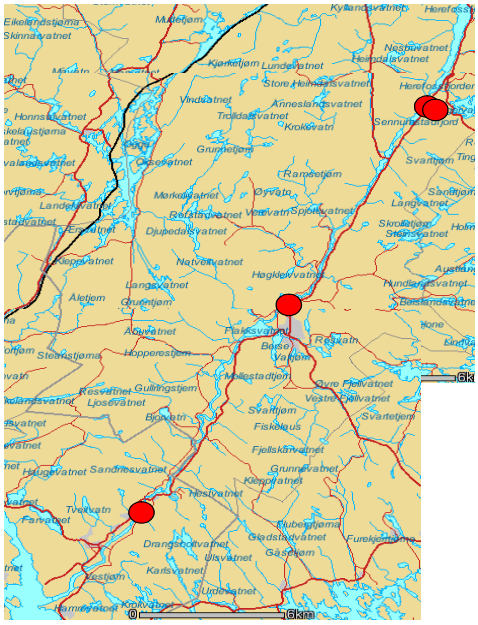
5.2.2.3 Vannføring og kontinuerlig pH-måling

Data på vannføring, temperatur og pH stammer fra driftskontrollen i de respektive vassdragene. Disse dataene rapporteres i egen rapportserie, men er inkludert her som illustrasjon på vannkjemisk tilstand.

5.2.3 Lokaliteter

5.2.3.1 Tovdalselva

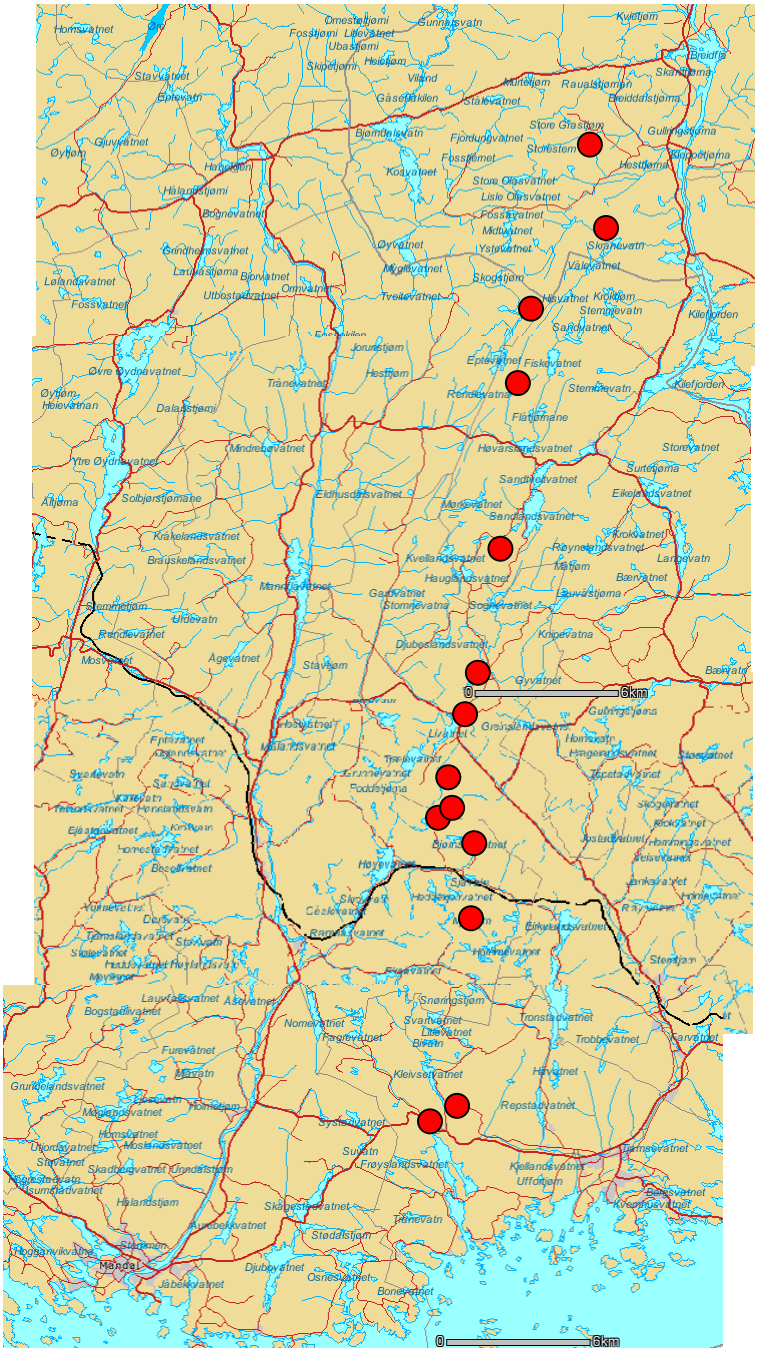
Tre områder ble fisket i Tovdalsvassdraget (**figur 5.3**). På utløpet fra Søre Herefoss ble det fisket både i hovedløpet samt i et mindre sideløp (St. 1 og 2). Det ble fisket ved Birkeland (St.3) samt nedstrøms Boenfossen (St.4).



Figur 5.3. *Områder som ble elfisket i Tovdalsvassdraget i mars 2003 er angitt med sirkel. Stasjonsplassering og -nummer er avmerket (jfr* ***tabell 5.5****). Kartgrunnlaget stammer*

5.2.3.2 Mandalselva

I Mandalsvassdraget ble 14 stasjoner prøvefisket (Figur 5.4). Disse var lokalisert i Kosåna (St.1 og 2), 400 m før samløpet med hovedelva (St.3), ved Sundet (St.4), Stronda (St.5), minstevannføringsløpet (St.6a-m), Mjåland (St.7), nedstrøms Laudal (St.8), Fuglestveit (St.9), nedstrøms Fuglestveit (St.10), ved Finsåna (St.11), ved Usland (St.12), i Røyslandsbekken (St.13) og nedstrøms denne i hovedløpet (St.14). *fra NVE-atlas.*



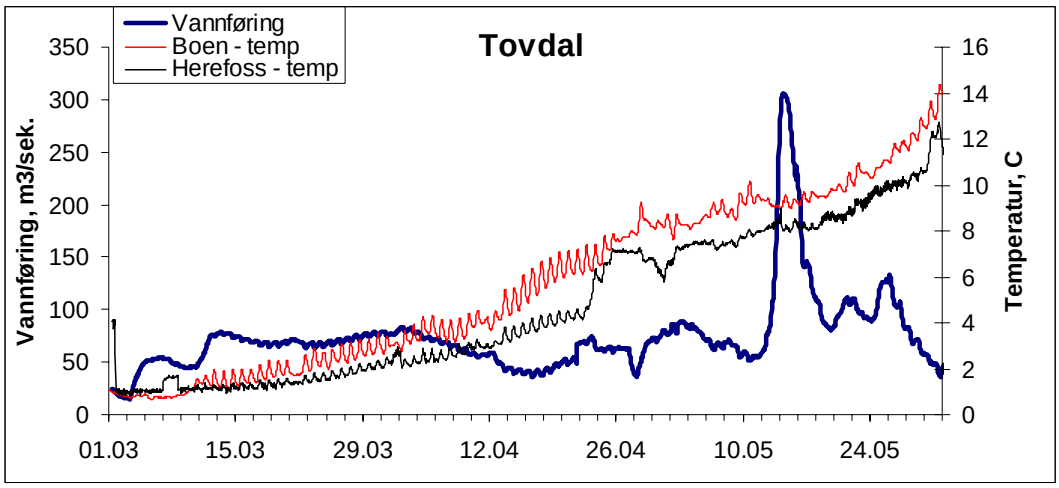
Figur 5.4. *Områder som ble elfisket i Mandalsvassdraget i mars 2003 er angitt med sirkel. Stasjonsplassering og -nummer er antydet (jf* ***tabell 5.7****) . Kartgrunnlaget stammer fra NVE-atlas.*

5.2.4 Resultater

5.2.4.1 Tovdalselva

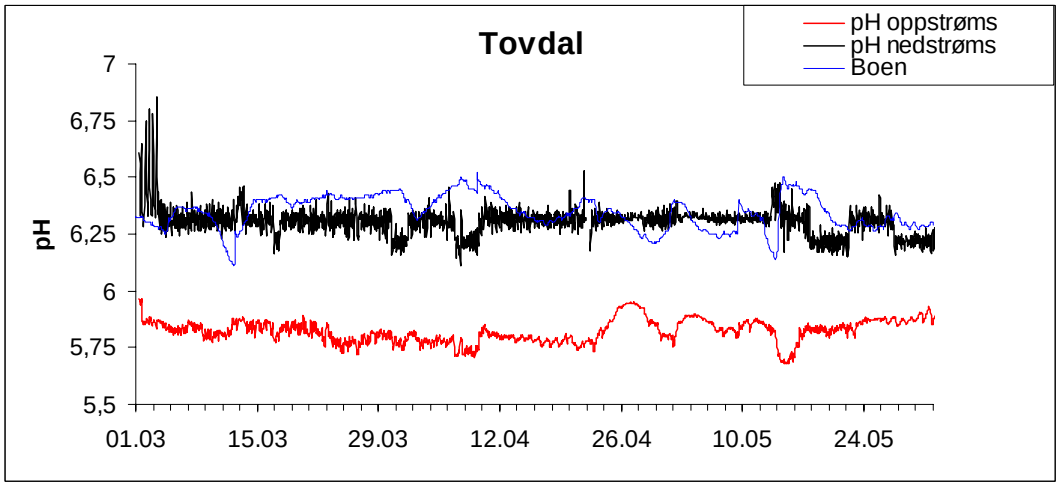
5.2.4.1.1 Fysio-kjemiske målinger

Vassdraget ble fisket når vannføringen var omtrent 66 m^3/sek og ved en vanntemperatur på omkring 2 ^oC (**figur 5.5**). Temperaturen var ubetydelig høyere ved Boen enn lengre oppe i elva. Vannføringen var stabil dagene før fisket. Lav temperatur kan påvirke fangstutbyttet ved elfiske da fisken er mindre aktiv ved lave temperaturer enn ved høyere temperaturer.



Figur 5.5. *Vannføring og temperatur ut av Søre Herefoss samt temperatur ved Boen for perioden 1.3.- 1.6. 2003*

.



Figur 5.6. *Kontinuerlig pH-målinger oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget ved Søre Herefoss og ved Boen for perioden 1.3. til 1.6. 2003.*

Kalkingen skal både avgifte vann fra Søre Herefoss og vannbidrag fra sidebekker mellom Søre Herefoss og elvemunningen. Data fra de kontinuerlige loggestasjonene er vist i **figur 5.6**. Kalkingen synes å ha fungert tilfredsstillende i den aktuelle perioden ettersom pH var omkring pH-målet for vassdraget. pH oppstrøms Søre Herefoss varierte omkring 5,8. Her kan vannkvaliteten ha vært mer suboptimal. Nedstrøms Søre Herefoss ble det målt pH omkring 6,3, mens pH varierte i området 6,1- 6,4 ved Boen. Den økende variasjonen i pH mellom Søre Herefoss og Boen kan skyldes tilførsler av vann fra sidevassdrag. Ettersom disse sidebekkene også er forsuret, vil disse bekkene bidra med aluminium på en giftig tilstandsform.

5.2.4.1.2 Tetthet av fisk basert på elfiske

På den første stasjonen nedstrøms Søre Herefoss ble det ikke påvist laks. Dette kan skyldes at elva her er vanskelig å fiske, mer enn at det faktisk ikke er fisk der. Det ble påvist aure. I sideløpet var tettheten på 8 individ/100 m^2. Tettheten ved Birkeland var på 5 individ pr. 100 m^2 og 1,8 individ pr. 100 m^2 ved Boen (**tabell 5.5**). Reduksjonen fra Birkeland til Boen kan være reell. Selv om det ble registrert fisk i hele elva, var tettheten lav og betydelig lavere enn i Mandalselva (neste kap.). Dette tyder på at produksjonen ikke er på nivå som tilsier at vassdraget har nådd bæreevnen. Lav tetthet ved elvemunningen er også overraskende, og kan skyldes perioder med suboptimal vannkvalitet.

Tabell 5.5. *Fangster av laks og aure på ulike stasjoner i Tovdalselva 24. mars 2003, fordelt på individ over og under 100 mm, med angivelse av fisketid i minutter. For laks > 100 mm er antall individ fanget pr. 30 minutt angitt, samt fangst pr. 100 m^2 der elfiskeareal er målt.*

St	Sted	Areal m^2	Tid min	Antall laks		Antall aure		Antall laks >100 mm	
				<100 mm	>100 mm	<100 mm	>100 mm	Pr. 30 min	Pr. 100 M^2
1	Nedenfor Herefossfj. Hovedløp	275	30	0	0	4	2	0	0
2	Nedenefor Herefossfj Sideløp	204	35	0	9	4	0	7,7	7,5
3	Øverste bru ved Birkeland	291	35	0	6	0	8	5,1	3,5
4	Nedenfor Boenfossen	240	50	9	3	1	0	1,8	1,5

Tabell 5.6. *Gjelle-Al konsentrasjoner (gjennomsnitt ±1 SD) fra tre prøvefiskelokaliteter i Tovdalselva. Prøvene er også plassert i konsentrasjonsklasser. Konsentrasjoner inntil 60 µg Al g^{-1} gjelle tv kan betraktes som tilfredsstillende. I intervallet 60 til 140 µg Al g^{-1} gjelle tv vil effektene på saltvannstoleranse være økende. Det forventes ikke tetthetseffekter før konsentrasjonene overskrider 300 µg Al g^{-1} gjelle tv.*

St.		N	L mm	Gjelle-Al	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	100-120	121-140	>140
					Konsentrasjonsklasser (µg Al g^{-1} gjelle tv)							
2	Utl Herefossfjorden	6	122±5	93±9					4	2		
3	Bro ved Birkeland	6	124±11	53±58	4						2	
4	Boen	6	117±16	33±5		6						

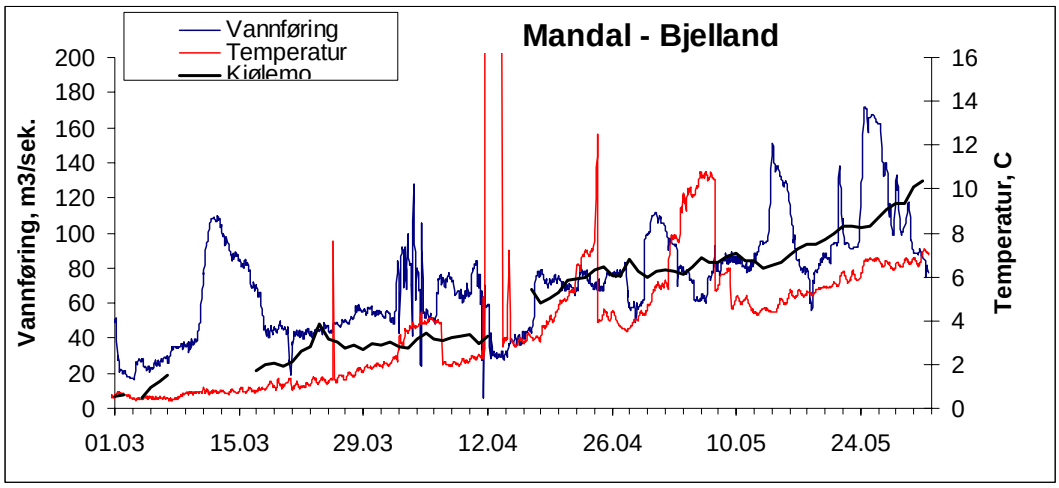
Gjelle-Al konsentrasjonen var høyere på utløpet av Herefossfjorden (93 µg Al g^{-1} gjelle tv), enn ved Boen (33 µg Al g^{-1} gjelle tv) (**tabell 5.6**). Ved Birkeland var nivået lavere enn ved Herefoss, men meget høy konsentrasjon i den ene prøven antyder lokale variasjoner i belastninger. Høye verdier nedstrøms dosereren kan tyde på at aluminium var på en bioakkumulerbar form til tross for at pH-nivået anga tilfredsstillende forhold. Dette kan tyde på blandsoner. Ettersom gjelle-Al avtok fra Herefossfjorden til Birkeland og videre til Boen, bidro ikke sure sidebekker til å øke mengden bioakkumulerbart aluminium innen vassdraget på prøvetakingstidspunktet. Med unntak av prøvene fra Herefoss og den ene prøven ved Birkeland, er gjelle-Al konsentrasjonene på nivå hvor det ikke forventes omfattende effekter på smoltkvalitet.

5.2.4.2 Mandalselva

5.2.4.2.1 Fysio-kjemiske målinger

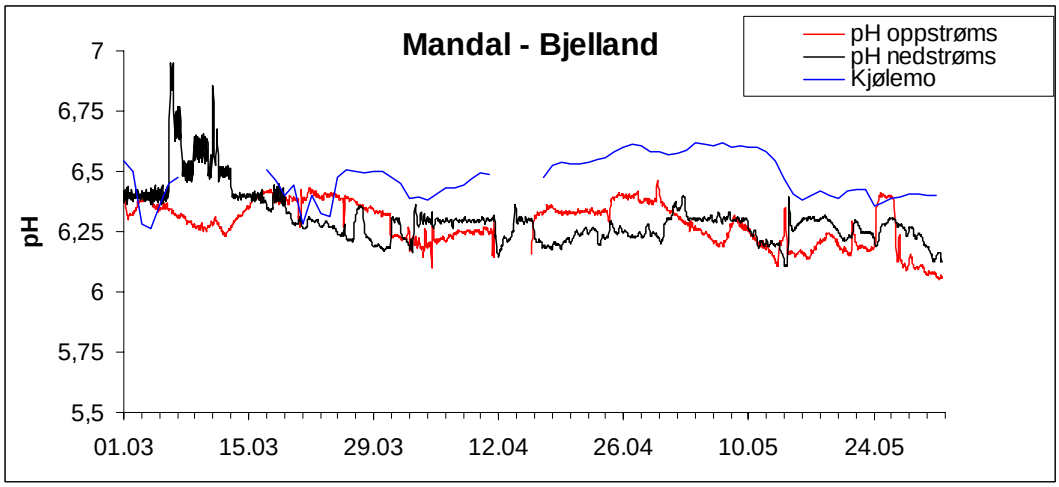
Vassdraget ble fisket når vannføringen var i underkant av 60 m^3/sek og ved en vanntemperatur på omkring 2 ^oC (**figur 5.7**). Temperaturen steg med ca 2 grader fra Bjelland til Kjølemo. Vannføringen var svakt økende dagene før fisket. Lav temperatur kan ha påvirket fangstutbyttet.

Det foreligger kontinuerlige pH-målinger fra driftskontrollen ved Bjelland. Bjelland-dosereren skal heve pH slik at vannkvaliteten derifra og til elvemunningen er tilfredsstillende for laks. De kontinuerlige pH-målingene viser at pH økte fra Bjelland til Kjølemo (**figur 5.8**). pH var hovedsakelig høyere enn 6,2. Det er utfra disse målingene og pH økningen nedstrøms Bjelland ikke grunnlag til å forvente at sure sidebekker har mer enn lokal betydning.



Figur 5.7. *Vannføring og temperatur ved Bjelland samt temperatur ved Kjølemo for perioden 1.3.- 1.6. 2003.*

.



Figur 5.8. *Kontinuerlig pH-målinger oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget ved Bjelland og ved Kjølemo for perioden 1.3- 1.6. 2003.*

.

Flere av sidebekkene til vassdraget er kalket. Dette kan ha bidratt til å forhindre den vannkjemiske forringelsen som ble antydet for Tovdal.

5.2.4.2.2 Tetthet av fisk basert på elfiske

Det ble påvist mer enn 10 presmolt på de fleste stasjonene i vassdraget, og tetthetene var betydelig høyere enn i Tovdalselva **(tabell 5.7**). På de øverste stasjonene ble det fanget 9 til 14 presmolt pr. 30 minutter. På flere strekninger innen minstevannføringsløpet var utbyttet > 20 presmolt i løpet av 30 minutter. I de nedre delene av vassdraget var tettheten noe lavere, men likevel ble det tatt 10-13 presmolt pr. 30 minutter. I sidebekkene ble det påvist 6-7 presmolt pr. 30 minutter elfiske.

Tabell 5.7. *Fangster av laks og aure på ulike stasjoner i Mandalselva i perioden 24.3. - 26.3. 2003, fordelt på individ over og under 100 mm, med angivelse av fisketid i minutter. For laks > 100 mm er antall individ fanget pr. 30 minutt angitt, samt fangst pr. 100 m^2 der elfiskeareal er målt.*

St.	Sted	Areal m^2	Tid min	Antall laks		Antall aure		Antall laks >100 mm	
				<100 mm	>100 mm	<100 mm	>100 mm	Pr. 30 min	Pr. 100 m^2
1	Kosåna	-	40	4	15	0	0	11,3	
2	Kosåna	272	35	5	11	0	0	9,4	6,9
3	400 m nedstøms utløpet til Kosåna	240	35	20	13	5	9	11,1	9,3
4	Sunde	-	20	0	9	0	1	13,5	
5	Stronda	-	20	5	4	3	1	6,0	
6a	Minstevannføringsløp	-	10	0	0	0	1	0	
6b	Minstevannføringsløp		5	0	3	0	0	18,0	
6c	Minstevannføringsløp		10	2	7	1	3	21,0	
6d	Minstevannføringsløp	259	20	10	5	2	2	7,5	5,6
6e	Minstevannføringsløp		17	1	8	0	4	14,1	
6f	Minstevannføringsløp		10	3	8	0	5	24,0	
6g	Minstevannføringsløp		8	4	11	1	1	41,3	
6h	Minstevannføringsløp		7	0	6	0	0	25,7	
6i	Minstevannføringsløp		8	1	9	0	1	33,8	
6j	Minstevannføringsløp		3	0	0	0	0	0	
6k	Minstevannføringsløp		3	0	5	0	0	50,0	
6l	Minstevannføringsløp		3	0	6	0	0	60,0	
6m	Minstevannføringsløp		3	3	4	0	0	40,0	
∑6	Minstevannføringsløp		107	24	72	4	17	20,2	
7	Nedenfor Mjåland		6	2	4	0	2	20,0	
8	Nedenfor Laudal	210	15	14	3	0	1	6,0	5,7
9	Fyglestveit		14	0	5	0	5	10,7	
10	Nedenfor Fyglestveit		5	0	2	1	6	12,0	
11	Finsåna		10	0	2	0	0	6,0	
12	Ovenfor Usland		25	4	6	0	8	7,2	
13	Røyslandsbekken	188	13	1	1	3	1	2,3	2,4
14	Neden. Røyslandsbk	210	20	6	9	2	4	13,5	12,9

Gjelle-Al konsentrasjonen på de øverste stasjonene var høye (>70 µg Al g^{-q} gjelle tv). På innløpet til Mannflåvatn ble det målt 116 µg Al (**tabell 5.8**). I minstevannføringsløpet til stasjonen oppstrøms Usland var gjelle-Al konsentrasjonen <50 µg Al. Ved Fuglestveit ble det kun fanget laks nedstrøms en sur sidebekk. Her var gjelle-Al konsentrasjonen svært høy (323 µg Al). I sidebekkene Finsåna og Røislandsbekken var gjelle-Al på henholdsvis 211 og 44 µg. Dersom 60 µg Al/g gjelle tv settes som miljømål (grense for effekt på saltvannstoleranse), var nivåene på fleste stasjonene, med unntak av minstevannføringsløpet, utilfredsstillende. Fisk fra Fuglestveit samt Finsåna var på nivå hvor dødelighet innen vassdraget vil kunne forekomme. Nederst i vassdraget var konsentrasjonene av Al høyere enn det som ble målt på flere av de høytliggende stasjonene. Ettersom det ble målt betydelig lavere konsentrasjoner på stasjoner som var lite påvirket av sidebekker, tyder resultatet på at en del fisk kan være påvirket av blandsoner. Målingene angir ikke hvilken kvalitet smolten ville ha da fiskehelsen kan endres betydelig fra mars til utvandringstidspunktet i mai.

Tabell 5.8. *Gjelle-Al konsentrasjoner (gjennomsnitt ± 1 SD) fra 12 prøvefiskelokaliteter i Mandalsvassdraget. Prøvene er også plassert i konsentrasjonsklasser. Konsentrasjoner inntil 60 µg Al g^{-1} gjelle tv kan betraktes som tilfredsstillende. I intervallet 60 til 140 µg Al g^{-1} gjelle tv vil effektene på saltvannstoleranse være økende. Det forventes ikke tetthetseffekter før konsentrasjonene overskrider* 300 µg Al g^{-1} gjelle tv.

St.		N	L mm	Gjelle-Al	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	100-120	121-140	>140
					Konsentrasjonsklasser (µg Al g^{-1} gjelle tv)							
1	Kosåna	6	133±2	72±7				4	2			
3	400 m nedstræms utløpet til Kosåna	6	137±8	68±17			4		2			
4	Sunde	6	118±3	87±7				2	4			
5	Stronda	3	109±9	116±40				1			1	1
	Solkrona	7	125±16	67±15			2	3	2			
6	Minstevannf. løp	5	142±9	47±12		2	2	1				
7	Ned. Mjåland	3	115±13	26±8	1	2						
9	Fuglestveit	5	127±11	323±99								5
11	Finsåna	2	119±0,0	211±5								2
12	Ovenfor Usland	6	115±5	41±2		4	2					
13	Røyslandsbk.	2	99±3	44±0,0			2					
14	Ned Røyslandsbk	6	129±8	78±3				4	2			

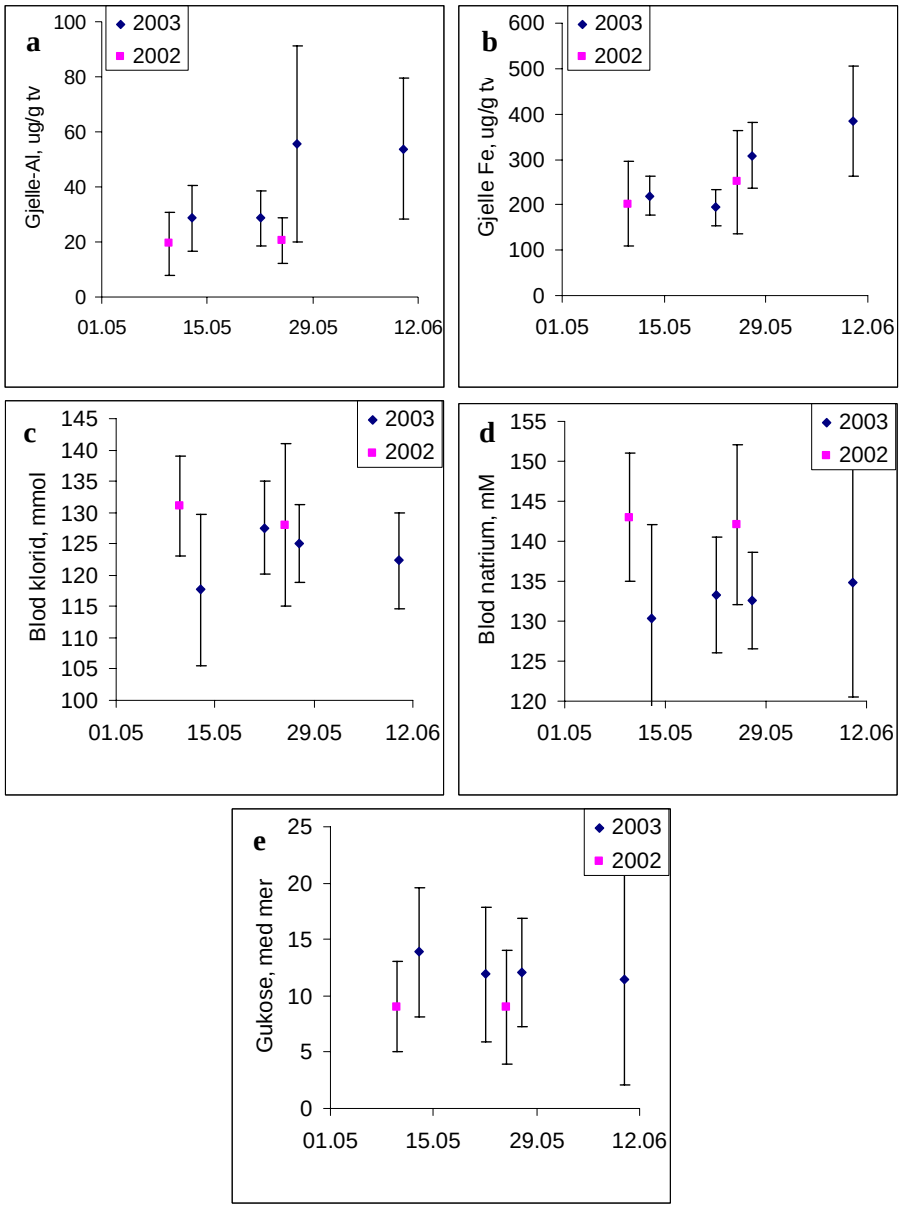
5.2.4.2.3 Fysiologisk status til utvandrende smolt

Gjelle-Al kan benyttes som et mål på om fisken har vært eksponert for aluminium eller ikke. Saltvannstoleranse er særs følsom for aluminium, og selv konsentrasjoner omkring deteksjonsgrensene for de analytiske metodene benyttet kan redusere overlevelse etter utvandring til sjøvann. Analyse av gjelle metall kan her være en sikrere metode for fastsettelse av belastningen.

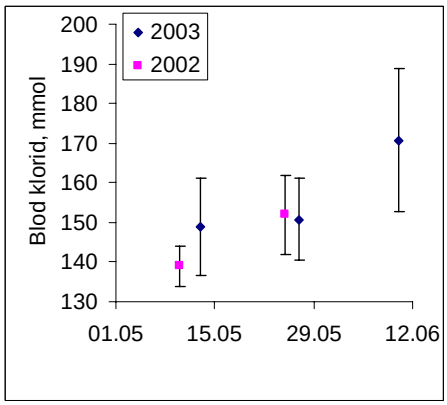
Gjelle-Al nivåene var lavere enn 60 µg Al/g tv i både 2002 og 2003 (**figur 5.9**). Lave konsentrasjoner i 2002 må betraktes som en indikasjon på tilfredsstillende vannkjemiske forhold. I 2003 var de to første prøvene tatt i mai meget tilfredsstillende, mens prøver tatt sent i mai og i juni var på et nivå hvor effekter på saltvannstoleranse ikke kan utelukkes. Gjelle-jern samvarierte med gjelle-Al, uten at nivåene her heller var kritiske. Ettersom jern bare unntaksvis undersøkes, kan det hende at smolten reagerer på summen av metall mer enn av konsentrasjon av aluminium alene.

Konsentrasjonen av blod klorid var innenfor normalnivået for smolt i både 2002 og 2003 (**Figur 5.9**). Første og siste prøvetaking i 2003 var likevel lavere enn det som normalt måles innenfor kalka vassdrag og antyder en mulig stressrespons. Blodnatrium var lavere enn forventet på alle prøver i 2003. Blodglukosenivået var også høyere i 2003 enn i 2002 (**Figur 5.9**). Både blodnatrium og blodglukose antyder også at fisken var utsatt for en påvirkning i 2003. Konsentrasjonen av gjelle-Al var høyere i 2003 enn i 2002. Samtidig var alle konsentrasjonene lavere enn det som erfaringsmessig gir fysiologiske responser. Stressresponsene kan også forårsakes av fangst og opphold i smoltfella. Årsaken til avviket fra normaltilstand påvist i 2003 kan ikke forklares tilfredsstillende, men kan likevel ha betydning for smoltens kvalitet.

Smolten saltregulerte normalt i både 2002 og i 2003 frem til slutten av mai (**figur 5.10**). Prøver tatt i juni var høyere enn et nivå som kan betraktes som tilfredsstillende. Denne økningen kan skyldes at prøvene var tatt sent i sesongen og at fisken var påbegynnende desmoltifiserende. Det er også usikkert hvor i vassdraget fisk fra de ulike prøvetakingsgruppene kom fra. Det kan derfor hende at svak saltvannstoleranse tidlig i juni skyldes de samtidig målte økte nivåene av gjelle-Al.



Figur 5.9. *Gjennomsnitt ±1 standard avvik for gjelle-Al og Fe konsentrasjoner (a og b; µg/g tv), blodklorid, natrium og glukose (c, d og e; mmol). Prøvene er tatt av fisk fanget i utvandringsfella ved Finså i Mandalselva i 2002 (firkanter) og i 2003 (romber).*



Figur 5.10. Gjennomsnitt ±1 standard avvik for blodklorid målt i smolt etter 24 timer saltvannstest (33,4 ppt og 9-11°C) fanget i utvandringsfella plassert ved Finså i Mandalselva i 2002 (firkanter) og i 2003 (romber).

5.2.5 Diskusjon

Under presmoltfisket i mars 2003 ble det påvist forskjeller i tetthet og gjelle-Al konsentrasjoner innen og mellom Tovdal- og Mandalsvassdraget. Nedstrøms sure sidebekker og nedstrøms kalkdoserer vil det forekomme et område som karakteriseres med en pågående transformasjon av aluminium fra giftige tilstandsformer til former som ikke er giftige for fisk. I disse blandsonene kan vannkvaliteten være dårlig på tross av at pH er god. Den økologiske betydningen av slike soner avhenger av mengden Al som skal transformeres og hastigheten Al avgiftes med. Disse variablene angir størrelsen på det berørte arealet. Avgiftingsraten er lav ved lave temperaturer. Samtidig øker raten med økende pH. Forsøk utført for å beskrive disse fenomenene er ikke utført ved temperaturer lavere enn 6 ^{o}C. Prøvene i Tovdal og Mandalsvassdraget ble tatt på temperaturer som var lavere enn dette. pH-nivået indikerer likevel at avgifting skal være rimelig rask og at arealene sannsynligvis er mer avgrenset. Dette motstrides ikke av de målte resultatene, hvor gjelle-Al i Tovdal avtok fra Søre Herefoss til Boen. I Mandalselva varierte gjelle-Al mer innenfor vassdraget. Denne variasjonen kan delvis forklares med sure sidebekker, som var særlig fremtredende ved Fuglestveit. Større variasjon her skyldes sannsynligvis også flere prøvetakingsstasjoner. Slike blandsoner kan være en av årsakene til at tettheten av presmolt og ungfisk av laks (overvåkingen om høsten) er lavere på stasjoner nær elvemunningen enn lengre opp i vassdraget.

Resultateene antyder at sidebekker kan ha en effekt på fiskens økologiske kvalitet. Dersom det blir for mange slike blandsoner, vil produksjonsarealet påvirkes. Utvandrende smolt vil passere flere slike soner. Det er ikke grunnlag for å påstå at situasjonen i 2003 var vesentlig forskjellig fra tidligere år. Det er samtidig ikke usannsynlig at dersom disse blandsonene ble minimalisert ville fangstutbyttet øke. Hvor stor andel av fiskeproduksjonen innen vassdragene som påvirkes av blandsoner er ikke undersøkt i tidligere undersøkelser. Fokus bør etter hvert legges på vannkvaliteten i sidebekker og deres realtive betydning til vannføringen i kritiske perioder i laksens livshistorie. Betydningen av blandsoner bør vurderes i forhold til hvor viktig arealer nedstrøms sidebekker er for vassdragets totale lakseproduksjon.

Utvandrende smolt hadde i hovedsak tilfredsstillende helsestatus i 2002 og 2003. Det ble likevel påvist forskjeller i blodsalter mellom de to årene. Disse kan ikke uten videre forklares med forskjeller i gjelle-metall, ei heller i fangstmetodikk og eksponering av fisken. Forskjellene kan ha betydning for smoltkvalitet, selv om denne var tilfredsstillende basert på saltvannstester utført i mai begge årene. Årsaken til avvikene i blodsalter hos presmolt av laks mellom 2002 og 2003 er ikke tilfredsstillende forklart, og bør undersøkelses senere.

6 Voksen fisk

6.1 Overvåking av bestandene av voksen laks i Mandalselva og Tovdalselva

Bjørn Ove Johnsen
Norsk institutt for naturforskning-Trondheim

6.1.1 Innledning

Ved overgangen mellom 1800-tallet og 1900-tallet ble det årlig fanget 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. I perioden 1993 - 1997 var de årlige laksefangstene mindre enn 50 kg (Johnsen m.fl. 1999). Kalkingen kom i gang i 1996, men dette har foreløpig ikke gitt vesentlige utslag på fangststatistikken. I 1998 ble det oppgitt 68 kg laks, i 1999 ingen laks, mens det i 2000 og 2001 ble fanget henholdsvis 210 kg og 345 kg laks. I 2002 og 2003 ble det fanget henholdsvis 303 og 318 kg laks.

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 1970-80 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 1982-93 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). I 1997, da kalkingen kom i gang, ble det tatt 931 kg laks i Mandalselva. I 1998 var fangsten 2,5 tonn og året etter 1,7 tonn laks. Men så økte fangstene til 4,8 tonn i 2000 og til hele 10,6 tonn laks i 2001. I 2002 og 2003 ble det fanget henholdsvis ca. 7,5 tonn og noe over 8 tonn laks.

Ved å analysere skjell fra laks kan vi avgjøre hva slags opphav fisken har, dvs. om den er villfisk, utsatt fisk eller rømt oppdrettsfisk. 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.

6.1.2 Materiale og metoder

Innsamling av skjellprøver fra sportsfisket kom i gang i 1998. Materiell ble distribuert til aktive fiskere via elveeierlag og andre kontaktpr.soner.

I løpet av perioden 1998-2003 kom det inn henholdsvis 1.292 og 136 skjellprøver av laks fra Mandalselva og Tovdalselva (**tabell 6.1** og **6.5**). Skjellprøvene er bearbeidet i henhold til Lund & Hansen (1991), som har beskrevet en metode for bruk av skjellkarakterer hos laks for å skille mellom villfisk, utsatt fisk og rømt oppdrettsfisk. I henhold til denne metoden er materialet inndelt i fire grupper: (i Villfisk som har gjennomgått hele sin livssyklus i naturen. (ii) Utsatt fisk som har levd deler eller hele ferskvannsstadiet i fiskeanlegg som produseres og settes ut fisk for å styrke villfiskbestander. (iii) Rømt oppdrettsfisk som er fisk som er rømt fra kommersielle oppdrettsanlegg som produserer fisk for konsum. (iv) Usikker fisk som omfatter alle skjellprøver som ikke lot seg bestemme til villfisk, utsatt fisk eller rømt oppdrettsfisk.

I gruppen "utsatt fisk" inngår all fisk som er oppdrettet i fiskeanlegg som produserer fisk for utsetting i vassdrag og i Mandalselva og Tovdalselva har det vært satt ut ensomrig settefisk og smolt. Ensomrig settefisk har tilbragt 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 fisk i skjellprøvematerialet er tatt med under gruppen utsatt fisk. Carlin-merket fisk som er rapportert direkte til merkesentralen i NINA, er

ikke tatt med. I gruppen "annen utsatt fisk" forekommer både fettfinneklipt fisk og fisk som er bestemt til utsatt fisk kun på bakgrunn av skjellprøven.

I gruppen "usikker" inngår all fisk 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 villfisk og de to andre gruppene. Den største vanskeligheten består i å skille mellom utsatt fisk og rømt oppdrettsfisk som har rømt i ferskvannsfasen. Gruppen "usikker" vil derfor være dominert av utsatt fisk og rømt oppdrettsfisk.

Oppgaver over totalt antall laks fanget og andel fettfinneklipt laks blant disse fordelt på de ulike delstrekningene i Mandalselva, er fremskaffet av Karl Damli, Agder og Telemark Skogeierforening.

6.1.3 Resultater

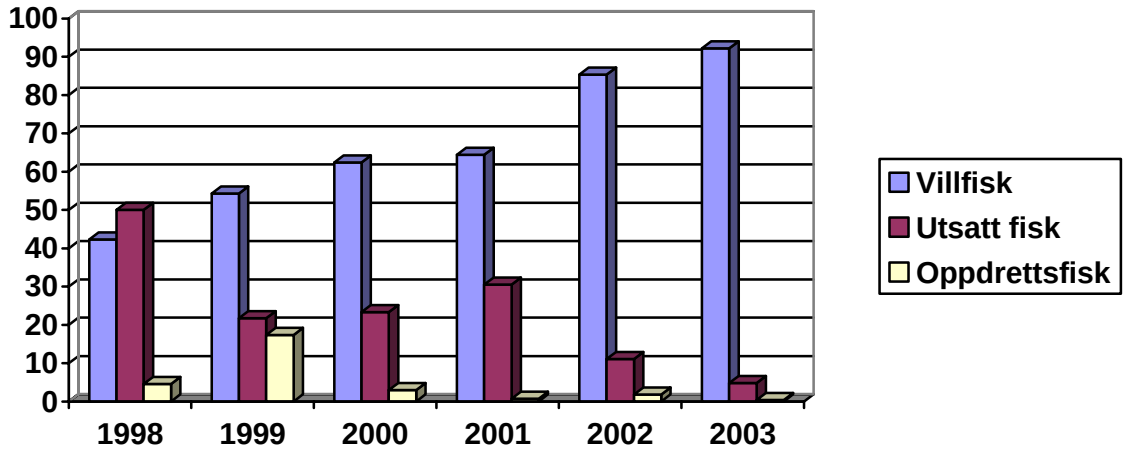
6.1.3.1 Mandalselva

Villfisk dominerte i materialet fra Mandalselva med 917 (71 %) av 1.292 skjellprøver samlet inn i perioden 1998-2003, mens 288 (22 %) av skjellprøvene stammet fra utsatt fisk (Carlin-merket eller annen utsatt fisk. Rømt oppdrettsfisk utgjorde en ubetydelig andel av totalmaterialet (2 %) og gruppen "usikker" utgjorde 4 % (**tabell 6.1**).

Villfisk var viktigste gruppe alle år unntatt i 1998 da utsatt fisk var viktigst. Andelen villfisk økte i perioden fra 42 % i 1998 til 92 % i 2003 (**figur 6.1**).

Utsatt fisk var den mest tallrike gruppen i skjellmaterialet fra Mandalselva i 1998 med 59 prøver av Carlin-merket fisk og 6 prøver av annen utsatt fisk (**tabell 6.1**). Av de 59 Carlin-merkete fiskene fra 1998 var hele 47 utsatt som smolt i Audna, 7 var utsatt i Tovdalselva, 4 var utsatt i Mandalselva og 1 var utsatt i Bjerkreimselva. Av de 75 Carlin-merkete fiskene fra 2001 var 64 utsatt i Mandalselva, 1 var utsatt i Audna, mens 10 var merket som villsmolt i Audna. I 1999 ble det fanget 8 Carlin-merkete fisker i Mandalselva og av disse var 2 utsatt i Mandalselva, 3 i Audna, 2 i Dirdalselva og 1 i Eira.

I Mandalselva ble det registrert et økende antall annen utsatt fisk i skjellprøvematerialet i perioden 1998-2001, og dette skyldes hovedsakelig en økning i antall fettfinneklipte fisk fra 0 i 1998 til 53 i 2001. Antall utsatte fisk var igjen lavere i 2002 og 2003 (**tabell 6.1**).



***Figur 6.1**. Prosentandeler villfisk, utsatt fisk og rømt oppdrettsfisk i skjellmaterialet fra Mandalselva i 1998-2003.*

Tabell 6.1. *Antall skjellprøver av laks fra Mandalselva (1998 - 2003) fordelt på villfisk, utsatt fisk, rømt oppdrettsfisk og usikker. Antall fettfinneklipte fisk er angitt i parentes i rubrikken "annen utsatt".*

		Villfisk	Utsatt fisk		Rømt oppdrettsfisk	Usikker
År	Antall skjellprøver	Totalt	Carlin-merket	Annen utsatt (fettfinneklipte)	Totalt	Totalt
1998	130	55	59*	6	6	4
1999	46	25	1**	9 (4)	8	3
2000	202	126	8***	39 (29)	6	23
2001	419	270	75****	53 (53)	3	13
2002	225	192	8	17 (17)	4	4
2003	270	249	0	13 (13)	1	7
Sum	1.292	917	151	137 (116)	28	54

*:47 utsatt i Audna, 7 utsatt i Tovdalselva, 4 utsatt i Mandalselva og 1 utsatt i Bjerkreimselva
: utsettingssted ukjent. * 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 10 var villsmolt fra Audna.

Den lakseførende delen av Mandalselva er delt inn i fire delområder fra elvas utløp til stopp lakseførende strekning:

Delområde 1) Utløp - Vik (Sandnes)
Delområde 2) Vik (Sandnes) - kommunegrense Mandal/Marnadal
Delområde 3) Kommunegrense Mandal/Marnadal - Laudal kraftverk
Delområde 4) Laudal kraftverk - stopp lakseførende strekning

Av de 419 skjellprøvene fra Mandalselva i 2001 lot 343 prøver seg plassere innenfor et delområde og 52 (15 %) var fra fettfinneklipt fisk. Det var ingen fettfinneklipte fisk fra delområde 1, men i delområdene 2 og 3 var det henholdsvis 14 og 11 % fettfinnklipt fisk. I delområde 4 var andelen fettfinneklipt fisk 68 % (**tabell 6.2**). I 2002 og 2003 har vi skjellprøver av henholdsvis 17 og 13 fettfinneklipte laks. I 2002 ble de fleste fanget i delområde 1 (**tabell 6.3**) og i 2003 ble de fleste fanget i delområde 3 (**tabell 6.4**)

Forekomsten av fettfinneklipt fisk ble i tillegg registrert av sportsfiskere som leverte fangstoppgaver. I fangstoppgavene fra Mandalselva i 2001 ble det innrapportert til sammen 4857 laks (10,6 tonn). Av disse var 4461 individer plassert innenfor ett av de fire delområdene og 330 (7 %) av disse ble oppgitt å være fettfinneklipt. I delområde 1 var det ingen fettfinneklipte fisk, i delområdene 2 og 3 henholdsvis 7 og 8 % fettfinneklipt fisk og i delområde 4 ble det rapportert om 30 % fettfinneklipt fisk (**tabell 6.2**).

I fangstoppgavene fra Mandalselva i 2002 ble det innrapportert til sammen 3291 laks som var plassert innenfor ett av de fire delområdene. Til sammen 173 (6 %) av disse ble oppgitt å være fettfinneklipt. I delområde 1 var det 8 % fettfinneklipte fisk, i delområdene 2 og 3 henholdsvis 6 og 4 % fettfinneklipt fisk og i delområde 4 ble det rapportert om 23 % fettfinneklipt fisk **(tabell 6.3**).

.

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

	Fangstoppgaver		Skjellprøver	
Delområde	Totalt antall	Antall fettfinneklipte (%)	Totalt antall	Antall fettfinneklipte (%)
1	44	0	0	0
2	2.243	146 (7)	56	8 (14)
3	2.084	157 (8)	265	29 (11)
4	90	27 (30)	22	15 (68)
Sum	4.461	330 (7)	343	52 (15)

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

	Fangstoppgaver		Skjellprøver	
Delområde	Totalt antall	Antall fettfinneklipte (%)	Totalt antall	Antall fettfinneklipte (%)
1	75	6 (8)	41	10 (24)
2	1.558	89 (6)	20	2 (10)
3	1.403	59 (4)	147	5 (3)
4	82	19 (23)	0	0 (-)
Sum	3.118	173 (6)	208	17 (8)

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

Delområde	Totalt antall	Antall fettfinneklipte (%)
1	62	1 (2)
2	43	1 (2)
3	141	10 (7)
4	18	1 (6)
SUM	264	13 (5)

I 2001 var andelen fettfinneklipt fisk i skjellprøvematerialet dobbelt så stor som i fangstoppgavene, henholdsvis 15 og 7 %. Både i fangstoppgavene og i skjellprøvematerialet var andelen fettfinneklipt fisk vesentlig større i delområde 4 sammenliknet med delområdene 2 og 3. I fangstoppgavene var det 4-5 ganger flere fettfinneklipte fisk i delområde 4 enn i delområdene 2 og 3 og i skjellprøvematerialet var det 5-6 ganger flere fettfinneklipte fisk i delområde 4 sammenliknet med delområdene 2 og 3.

I 2002 var andelen av fettfinneklipt fisk i skjellprøvematerialet (8 %) temmelig lik andelen fettfinneklipt fisk i fangstoppgavene (6 %). I skjellmaterialet var antallet skjellprøver av fettfinnklipt fisk så lite at fordelingen av prøver mellom de fire delområdene lett kan bli tilfeldig. I fangstoppgavene var det 3-6 ganger flere fettfinneklipte fisk i delområde 4 enn i delområdene 1, 2 og 3.

6.1.3.2 Tovdalselva

I Tovdalselva var utsatt fisk viktigste gruppe med 77 (57 %) av 136 skjellprøver mens villfisken utgjorde 40 %. Rømt oppdrettsfisk utgjorde en ubetydelig andel av totalmaterialet (0,7 %) og gruppen "usikker" utgjorde 3 % i Tovdalselva (**tabell 6.5**).

Tabell 6.5. *Antall skjellprøver av laks fra Tovdalselva fordelt på villfisk, utsatt fisk, rømt oppdrettsfisk og usikker i 1998 - 2003. Antall fettfinneklipte fisk er angitt i parentes i rubrikken "annen utsatt".*

		Villfisk	Utsatt fisk		Rømt oppdrettsfisk	Usikker
År	Antall skjellprøver		Carlin-merket	Annen utsatt (fettfinneklipte)		
1998	61	0	58*	2	0	1
1999	2	0	2**	0	0	0
2000	27	15	0	10 (10)	1	1
2001	32	26	2***	2	0	2
2002	14	13	0	1 (1)	0	0
2003	0	-	-	-	-	-
Sum	136	54	62	15	1	4

* 57 utsatt i Tovdalselva, 1 utsatt i Bjerkreimselva**: utsatt i Tovdalselva *** utsatt i Mandalselva

I Tovdalselva viste analyse av skjellprøvene fra 1998 og 1999 ingen villfisk, men antallet skjellprøver av villfisk økte til henholdsvis 15 (56 %) og 26 (81 %) i 2000 og 2001 og i 2002 var 13 av 14 laks villfisk (**tabell 6.5**). Med unntak av en usikker fisk i 1998 var det kun utsatt fisk blant skjellprøvene fra Tovdalselva i 1998 og 1999. Av de 58 Carlin-merkete laksene i 1998 (**tabell 6.5**) var 57 utsatt i Tovdalselva og en var satt ut i Bjerkreimselva. Av to Carlin-merkete fisk i 1999 var begge satt ut i Tovdalselva og av to Carlin-merkete fisk fra 2001 var begge utsatt i Mandalselva.

I Tovdalselva ble det til sammen registrert 15 lakser i kategorien "annen utsatt" fisk og 11 av disse var fettfinneklipt. Av de fettfinneklipte fiskene ble 10 individ registrert i 2000 og de utgjorde da 37 % av alle skjellprøver fra elva.

6.1.4 Diskusjon

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 oppdrettsfisk og 53 % var usikre. Siden det ikke var noen naturlig reproduksjon i Mandalselva på dette tidspunkt, må vi anta at samtlige villaks som ble fanget i Mandalselva i 1996 var feilvandrere fra andre vassdrag. En av laksene var for øvrig Carlin-merket som villsmolt i Audna i 1995 (Thorstad & Heggberget 1997).

Det er naturlig at villfiskbestanden øker i et vassdrag som fullkalkes. 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 % villfisk. Året etter var denne andelen økt til 80 %, i 2000 til 86 % og i 2003 var det 85 % villfisk i materialet.

I Mandalselva økte imidlertid villfiskbestanden 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 2.572 og 1.699 kg laks mot 1.246 kg i 1996 og 931 kg i 1997. Andelen villaks i skjellmaterialet var henholdsvis 42 og 54 % i 1998 og 1999 og 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 m.fl. 1997). Det er også tidligere påvist at villsmolt

fra Audna har feilvandret til Mandalselva (Thorstad & Heggberget 1997) og at også villsmolt fra Audna feilvandrer i betydelig grad (Hansen et al under arbeid). 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 2.393 og 2.423 kg laks i Audna (det foreligger ingen fangststatistikk fra 1999). I perioden 1990-2997 ble det rapportert om mindre enn 1.000 kg de fleste årene (Johnsen m.fl. 1999). I perioden 1994-2997 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 villfisk 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 i 2000 (4.843 kg) sammenliknet med fangstene i 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).

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 villfisk fra Audna også feilvandrer til Mandalselva.

Siden 1996 har det årlig blitt satt ut ensomrige, 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. Den dokumenterte feilvandringen av utsatt smolt og villsmolt fra Audna gjør det sannsynlig at også 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 års smolt i 1998. Det er derfor svært lite sannsynlig at de fire fiskene kunne stamme 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 noen av de fettfinneklipte laksene som ble fanget i Mandalselva i 2000 - 2003 stammet fra Audna.

Den relativt høye andelen av fettfinneklipt fisk 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).

Andelen fettfinneklipt fisk i fangstoppgaver og i skjellprøver fra Mandalselva 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. 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.

De første villaksene ble fanget i Tovdalselva i 2000, og dette var sannsynligvis de første villlaksene som hadde vokst opp i vassdraget. Det kan imidlertid også ha vært villfisk 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 tilbragt to år i elv og ett år i sjø. De hadde med andre ord vandret ut som toårig villsmolt i 1999 og var med andre ord gytt i 1996. Dette stemmer godt med at det var den første høsten Tovdalselva var fullkalket (Nøst 1999). 1997 var det første året det ble påvist laksyngel i Tovdalselva.

Selv om de første villaksene kom inn i fangstene i 2000 resulterte dette ikke i noen vesentlig økning i fangsten av laks i Tovdalselva verken i 2000 eller i 2001. 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 (jf. Larsen 2003).

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

Samtlige 10 fettfinneklipte fisk som ble fanget i Tovdalselva i 2000 hadde tilbragt ett år i sjøen og hadde vandret ut som 2-årig smolt i 1999. De stammer derfor høyst sannsynlig fra utsettingen av ensomrig settefisk øverst i vassdraget i 1997 (Johnsen 2003).

Mens Mandalselva har hatt en kraftig økning i laksefisket etter kalking indikerer fangstutviklingen i Tovdalselva en fortsatt liten bestand. Mens utsatt fisk utgjør en betydelig del av bestanden i Mandalselva har utsatt fisk blitt mindre viktig med årene i Tovdalselva. Dette skyldes at utsettingene av smolt og settefisk opphørte i Tovdalselva mens omfanget av utsettinger har økt i Mandalselva. 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.

Resultatene fra denne undersøkelsen og fra andre undersøkelser (Hansen m.fl. 1997, Hansen & Johnsen 2003, Hansen under arbeid) indikerer en betydelig feilvandring hos laks fra kalkede vassdrag som Mandalselva og Audna. Dette står i skarp kontrast til resultater fra tilsvarende undersøkelser i Sverige. I Ätran og Högvadsån på den svenske vestkysten ble det gjort merkeforsøk med 7852 smolt i perioden 1973-1985. Kalkingen kom igang i 1978 og resultatene viste at merket smolt som var satt ut før kalkingen kom igang, vendte tilbake som voksen laks til den kalkede elven. Av de laksene som ble utsatt som smolt i Högvadsån i 1973, 1978, 1983 og 1985 ble henholdsvis 2,7 %, 8,9 %, 6,9 % og 11,2 % gjenfanget i en felle i Högvadsån. Den smolten som ble satt ut i 1978 ble satt ut i ukalket vann og kom tilbake som gytelaks til Högvadsån som da hadde vært kalket i ca. 1 år. Resultatene viser at den svenske Atlanterhavslaksen vender tilbake til kalkede elver (Alenäs 1994). Det omtales kun tre gjenfangster i andre elver fra disse merkingene. To laks ble gjenfanget i Lagan og en laks ble gjenfanget i Vegeå i nordvestre Skåne (Edman 1993). Kalkingsprosjektet i Högvadsån i Sverige var ved oppstarten i 1978 verdens største kalkingsprosjekt i rennende vann. Kalkingsstrategien har blitt revidert en rekke ganger med suksessiv bedring av vannkvaliteten som resultat. Metoder som spredning av kalk på skogsmark og jordbruksmark, knust kalk i elver og direkte i innsjøer fra lastebiler har gitt dårlige resultater og anvendes ikke mer. Nå brukes kalking av innsjøer og kalking av våtmarker i kombinasjon med elvedoserere. Selv om påliteligheten av doserere har blitt vesentlig forbedret over år, ansees ikke doserere alene å være tilstrekkelig til å gi akseptabel vannkjemi (Alenäs m. fl. 1995). Det kan tenkes at den betydelige feilvandringen hos smolt som settes ut i Mandalselva og Audna skyldes ufullstendig kalking slik at smoltens preging i utvandringsfasen blir forstyrret på en eller annen måte. Det kan derfor være grunn til å vurdere de eksisterende kalkingsmål og -metoder.

6.1.5 Litteratur

Alenäs, I. 1994. Laxen återvänder til den kalkade Högvadsån vid Falkenberg på svenska västkusten. – Laks & Miljø, Fagtidsskrift om laksefisk og vassdragsmiljø nr. 3: 19-23.

Alenäs, I., Degerman, E. & Henrikson, L. 1995. Liming strategies and effects: the River Högvadsån case study. –S. 363-374 i: Henrikson, L. & Brodin, Y.W. (red.) Liming of Acidified Surface Waters. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

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

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

Carlin, B. 1955. Tagging of salmon smolts in the river Lagan. - Inst Freshwat. Res., Drottningholm. Report 36: 57-74.

Edman, G. 1993.Utsättning av märkt laxsmolt i Högvadsån och Ätran åren 1973-85, samt återfangster därav. – Laxforskningsinstitutet Meddelande 1/1993. 24 s.

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

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. - i: Brannon, E. & Jonsson, B. (red.). Proceedings of the Salmonid migration and distribution symposium, 23.-25. juni 1987, Trondheim.

Hvidsten, N.A. & Lamberg, A. 2003. Telling av laks i Mandalselva med Logie fisketeller med undervanns videoovervåking som kontroll. – S. 94-96 i: Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN-Utredning 2003- 5.

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. – Aquacult. Fish. Manage. 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. – S. 58-62 i: Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN - Utredning 2003-5.

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. - S. 102-127 i: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1998. DN-Notat 1999-4.

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

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

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

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

6.2 Videovervåking av oppvandrende laks og sjøaure i Boenfossen, Tovdalsvassdraget, 2003

Anders Lamberg
Lamberg Bio Marin Service



En hann og en hunnlaks i en kulp midt i Boenfossen 17.06.2003.

Sammendrag
Denne rapporten er en oppfølging av videoovervåkingen som ble gjennomført i Boenfossen i 2002.
Vandringsatferd hos laks og sjøaure ble videoovervåket i bunnen og på toppen av Boenfossen i sesongen 2003. I tillegg ble oppvandringen av fisk i en ny fisketrapp overvåket etter åpning 10.09.2003. Totalt ble det observert at minst 719 laks og sjøaure fisk passerte fossen. Av disse var ca 80 % laks. Det var variasjon i fiskevandring gjennom døgnet med liten aktivitet om natta og størst vandringsrate og aktivitet på ettermiddagen på toppen av fossen. I bunnen av fossen var aktiviteten stor hele den lyse delen av døgnet. Det vandret få fisk i fossen ved vannføringer over 20 m³/sek. Allerede ved vannføringer på over ca 10 m³/sek var antall vandrende fisk pr. dag halvvert. Boenfossen virker derfor som et vandringshinder ved høye vannføringer. I den nyåpnede fisketrappa var oppvandringsmønstert motsatt av det i fossen. I trappa var det økende oppvandring ved økende vannføring. Etablering av trappa vil trolig føre til at oppvandring av laks og sjøaure vil foregå mer uavhengig av vannføring.

For å kunne gjennomføre en så omfattende overvåking som er tilfelle i dette prosjektet, er støtte fra lokale medarbeidere en forutsetning. Kay Severinsen har bidradd med så vel faglig som praktisk hjelp, i hele prosjektperioden. Richard Laukus (Boen Bruk) har fremskaffet informasjon om driften av kraftverket i Boenfossen. Rolf Høgberget (NIVA) har skaffet data om vanntemperatur og pH. Sverre Øksenberg (Øksenberg Bioconsult) og Martin Osmundsvåg (SSD) var med under installasjon av utstyr. En takk rettes til alle.

6.2.1 Innledning

Boenfossen som ligger ca 7,5 km opp fra munningen av Tovdalsvassdraget, har lenge vært kjent som et temporært vandringshinder for oppvandrende laks og sjøaure (Saltveit 1984) (Kay Severinsen pr.s. medd.). Selve fossen har et fall på 13 m. På østsiden av fossenakken har Boenfoss kraftverk sitt inntak. Kraftverket er utbygd for en maksimal slukeevne på 16,7 m³/sek som utgjør ca 26 % av midlere vannføring i Tovdalselva (ca 63 m³/sek). Kraftverket har tre turbiner men bare to er i drift slik at det i dag ikke sluker mer enn maksimalt ca 10 m³/sek.

I 2002 ble det gjennomført videoovervåking av vandringsatferd hos oppvandrende laks og sjøaure i Boenfossen. Målet med undersøkelsen var å finne ut om det var noen

sammenheng mellom vannføring i fossen og når fisken vandret. Samtidig skulle det foretas en kartlegging av hvor fisken oppholdt seg i bunnen av fossen. Denne kunnskapen skulle danne grunnlaget for lokalisering av ei eventuell ny fisketrapp. Det ble registrert hvor mye fisk som samlet seg opp ved fire kameraposisjoner i bunnen av Boenfossen der fisken starter på oppvandring i selve fossestryket. Resultatene viste at det samlet seg opp fisk i bunnen av fossen når vannføringen steg over et vist nivå (Lamberg 2003). Dette ble tolket til at mesteparten av fisken ikke vandret uten at vannføringen var under ca 5 m^3/sek i fossen.

Observasjonene fra kameraene nedenfor fossen i 2002 kunne ikke kvantifisere hvor mye fisk som faktisk greide å passere ved ulike vannføringer. Det var også usikkerhet knyttet til om fisken samlet seg under fossen for så å trekke seg tilbake i nedre deler av elva. Det ble heller ikke laget noen modell som kunne forutsi når fisken kunne forsere fossen. Målet med videoovervåkning i 2003 var derfor å registrere hvor mye fisk som faktisk greier å komme forbi Boenfossen ved ulike vannføringer.

Ved hjelp av tre undervannskamera på toppen av Boenfossen og et kamera i bunnen av fossen der det ble observert mest fisk i 2002, ble fiskevandringen registrert gjennom hele sesongen (juni - oktober). Den 10. september ble det åpnet en ny fisketrapp på østsiden av fossen. Den var i drift i store deler av resten av sesongen. Et av kameraene på toppen av fossen ble flyttet for å overvåke oppgangen av fisk i trappa.

6.2.2 Metoder

6.2.2.1 Generelle utstyrspesifikasjoner

Kartlegging av fiskevandringen gjennom Boenfossen ble gjennomført ved hjelp av et videosystem bestående av fire undervannsvideokamera av typen Watec 902 H med et vidvinkelobjektiv på 3,8 mm som dekker en bildevinkel under vann på ca 70º horisontalt. Ved hvert kamera var det montert et diodelys med tre hvite lysdioder som har en belysningsvinkel på ca 30º horisontalt. Det betyr at kamerabildet ikke var fullstendig opplyst om natta, men at fisk som svømte gjennom lyskjeglen, likevel ble registrert (**figur 6.2**).

Videosignalene fra de fire undervannskameraene ble overført til et skap med nettspenning (220 V) der videoopptakssystem og strømforsyninger var plassert. Kamerakablene hadde lengder på 50 til 120 m. De samme kablene forsynte kamera og lampr. med 12 V likestrøm.

De fire kamerabildene ble samlet til et firedelt bilde ved hjelp av en ”splitter” av typen Computar QS MX-II. Det firedelte videosignalet ble koblet til en ”time lapse” videoopptaker av typen Panasonic AG-TL 700. Opptakshastigheten var 120 timer på en 3 timers S-VHS kassett noe som utgjør ca 2,5 bilder pr sekund.

6.2.2.2 Kameraplassering

Tre av kameraene ble plassert ved betongtersklene på toppen av fossen (**figur 6.3**) der fisk på vei opp passerer etter å ha forsert fossestryket. Kamera 1 ble plassert på østsiden av elva, kamera 2 i midten og kamera 3 på vestsiden av elva. Kamera 4 ble plassert nedenfor fossen (**figur 6.4**) der det ble observert mest fisk under videoovervåkingen i 2002. Etter tekniske problemer 23.08.03 ble kamera 2 flyttet til toppen av fisketrappa for å overvåke fiskevandringen gjennom trappa når den åpnet.

Kamera 4 var plassert i et område der fisken startet på forseringen av fossen mens de tre andre overvåket fisk som nettopp hadde passert fossen og var på vei inn i hølen ovenfor fossen. Observasjonene fra kamera 4 var derfor observasjon av fiskeaktivitet mens de tre andre overvåket antall vandrende fisk.

6.2.2.3 Vannføringsmåling

Vannføringsdata ble hentet fra NVEs målestasjon ved Flaksvann. ca 8 km ovenfor Boenfossen. Her logges vannføring for hele elva hver time. Fiskeatferden påvirkes trolig av endringer i vannføring lokalt der fisken oppholder seg slik at variasjoner i vannføringen ved Flaksvann ikke når Boenfossen der fisken står, før ca 5 timer seinere. Dette ble bekreftet ved hjelp av kamerabildene der vannføringen kan observeres kvalitativt når vannet stiger eller

synker raskt. I analysene er derfor vannføringsmålingene forskjøvet 5 timer. Vannføringen i Boen kraftverk er utledet fra registreringer av produksjonen i kW. I analysene er vannføringen beregnet fra forholdet at 100 kW tilsvarer 1 m³/s vann (Lamberg 2003).

6.2.2.4 Analyse av data

Bildene fra kamera 4 ble gjennomgått kontinuerlig i perioder med lite fiskeaktivitet. Når det var mye fisk i bildet ble det gjort en opptelling av antall fisk som svømte inn i bildet de første 10 minuttene av hver hele time. De to typene data ble omregnet til antall fisk som passerte inn i kamerabildet pr time. Fordi en fisk kan gi opphav til flere observasjoner i kamera 4 vil antallet observasjoner øke eksponentielt når antall fisk som kommer inn mot fossen øker. Tallene fra kamera 4 ble derfor log10 eller kvadratrot transformert i analysene og i figurene.

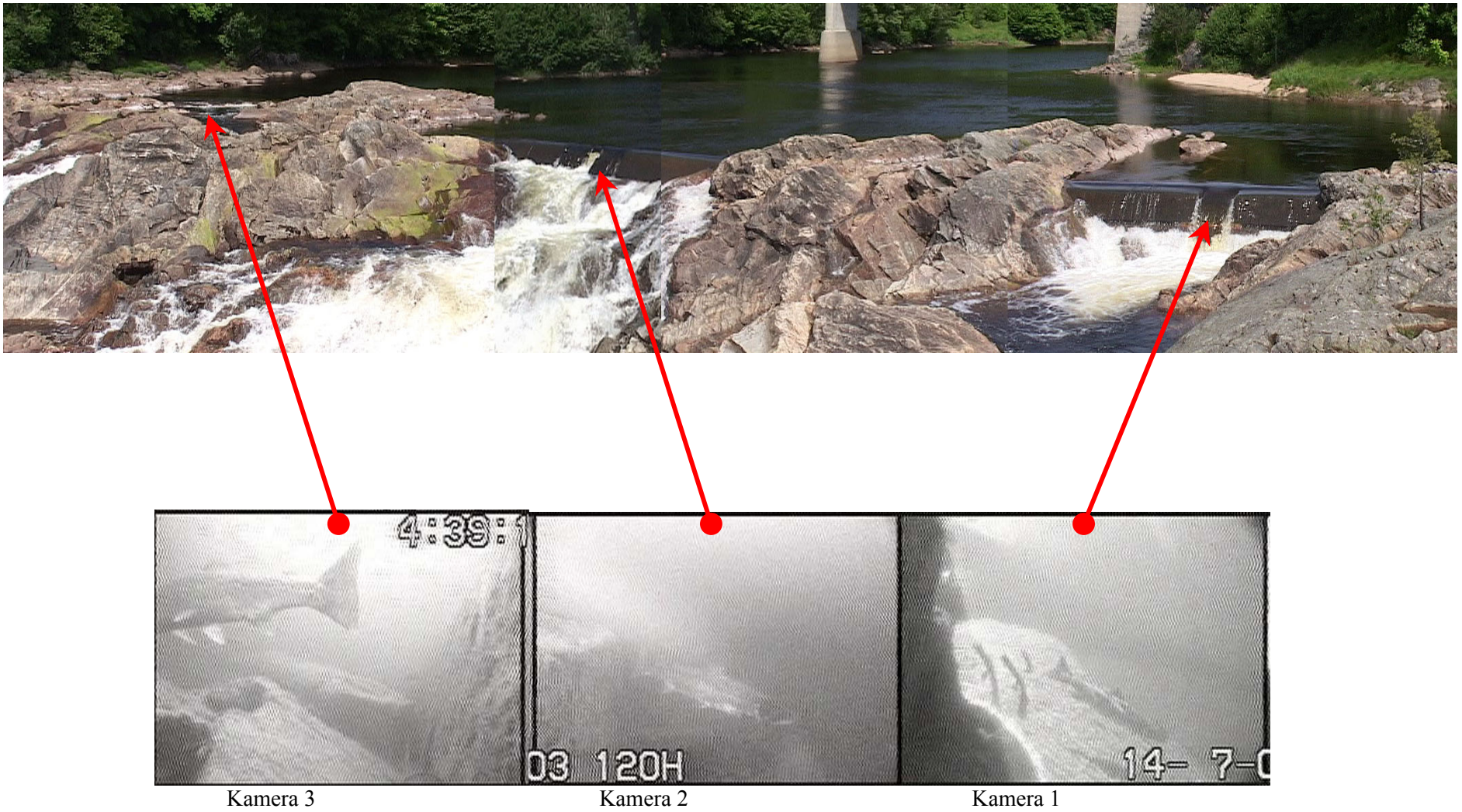
For de tre andre kameraene ble all fisk som passerte i kamerabildet registrert ved kontinuerlig gjennomgang hele sesongen. Det ble også skilt mellom perioden før og etter fisketrappa åpnet (10.09).

6.2.2.5 Fangstdata, pH og vanntemperatur

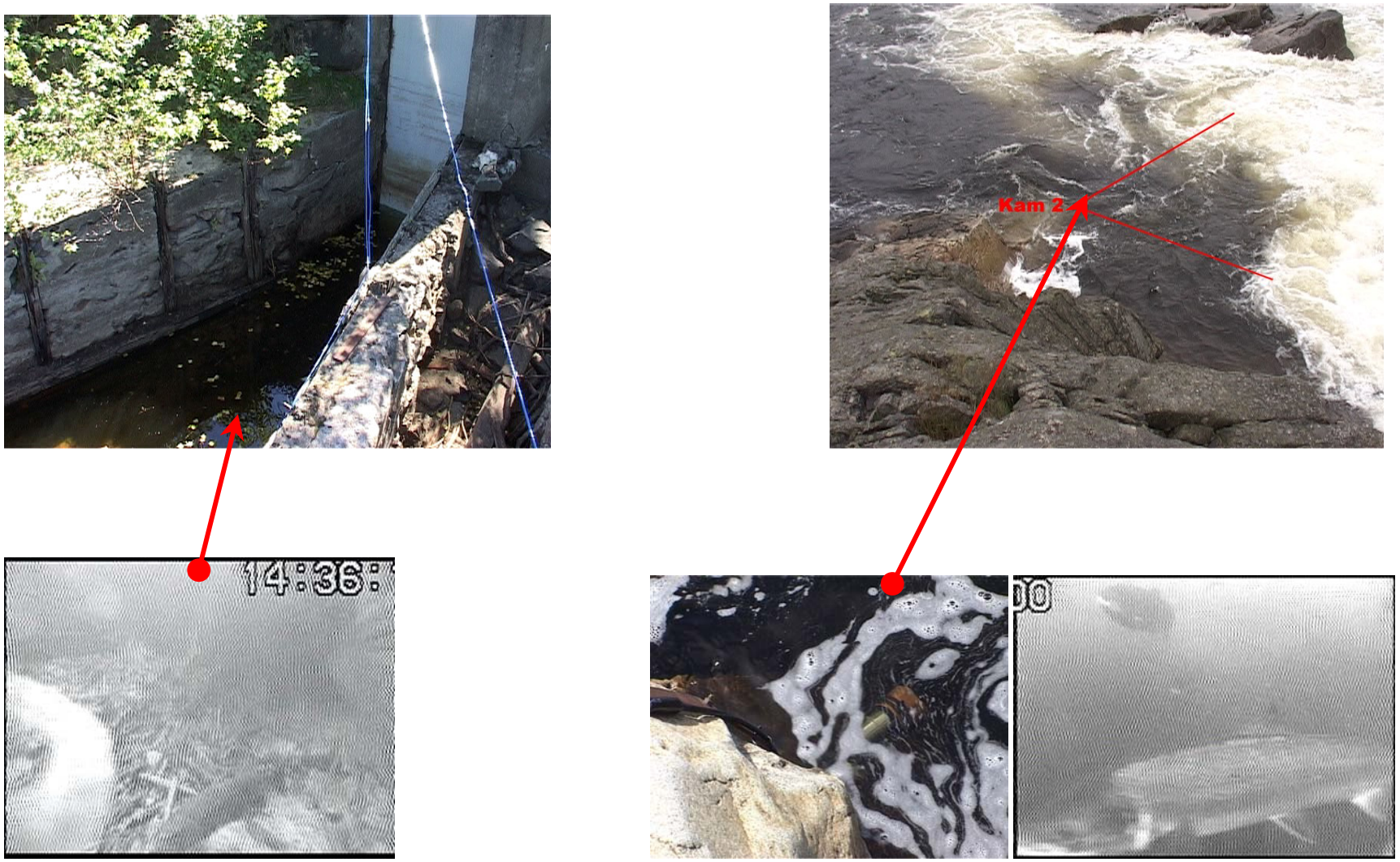
Fangstrapport fra Tovdalsvassdraget 2003 ble hentet fra laksefisk.no på internett. Fangstene var registrert for hver dag og skilte på enkelt fisk og sone i elva. I analysene er laks og sjøaure slått sammen. Vanntemperatur og pH ble målt ved Boenfossen i regi av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), med registreringer hver time.



***Figur 6.2**. Undervannsbildet ble belyst om natta med et diodelys. Selv om hele bildeflaten ikke var opplyst, var det mulig å oppdage passerende fisk.*



Figur 6.3. *Toppen av Boenfossen 17.06.03 ved lav vannføring og gode oppvandringsforhold. Kameraplassering er angitt med røde piler.*



Figur 6.4. *Plassering av kamera i toppen av fisketrappa og plassering av kamera 4 i bunnen av Boenfossen i 2003.*

6.2.3 Resultater

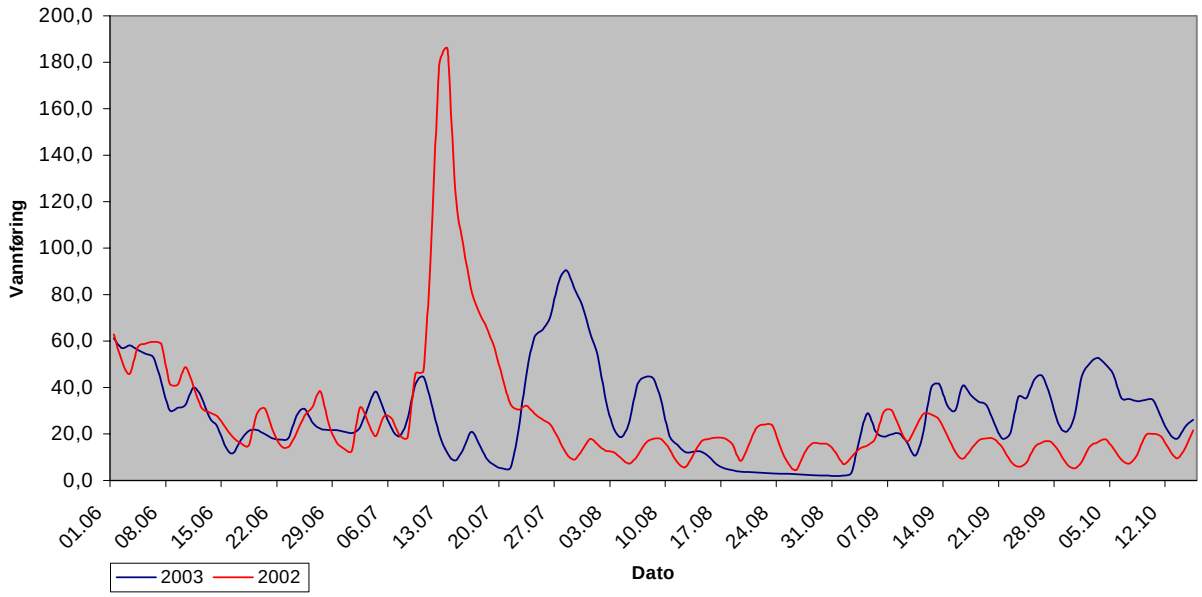
6.2.3.1 Observasjonsperiode

Videoovervåkingen startet 17.06.2003 kl 14:21 og ble avsluttet 16.10.2003 kl 14:46. Systemet hadde da helt eller delvis vært i drift i 121 dager, 15 timer og 15 minutter (25 videotapr.). Det var perioder da enkelte av kameraene var ute av drift på grunn av skader etter høy vannføring, og det var også andre perioder der vannføringa i fossen var nær null og kameraene stod over vannoverflaten. Av de ca 121 dagene det ble overvåket, var kamera 1, 2, 3 og 4 ute av drift eller stod over vann, henholdsvis 11, 30, 29 og 26 dager. I ca 6 av disse dagene med brudd i overvåkingen var vannstanden så lav at det ikke kunne vandre fisk i fossen. Fangstene av laks og sjøaure nedenfor fossen var også lave i denne perioden. I en periode på 5 dager oppstod det feil på en videotape. Det betyr at kamera 1 har levert bilde i hele perioden, mens kamera 2, 3 og 4 ikke har levert bilde i henholdsvis 19, 18 og 15 dager.

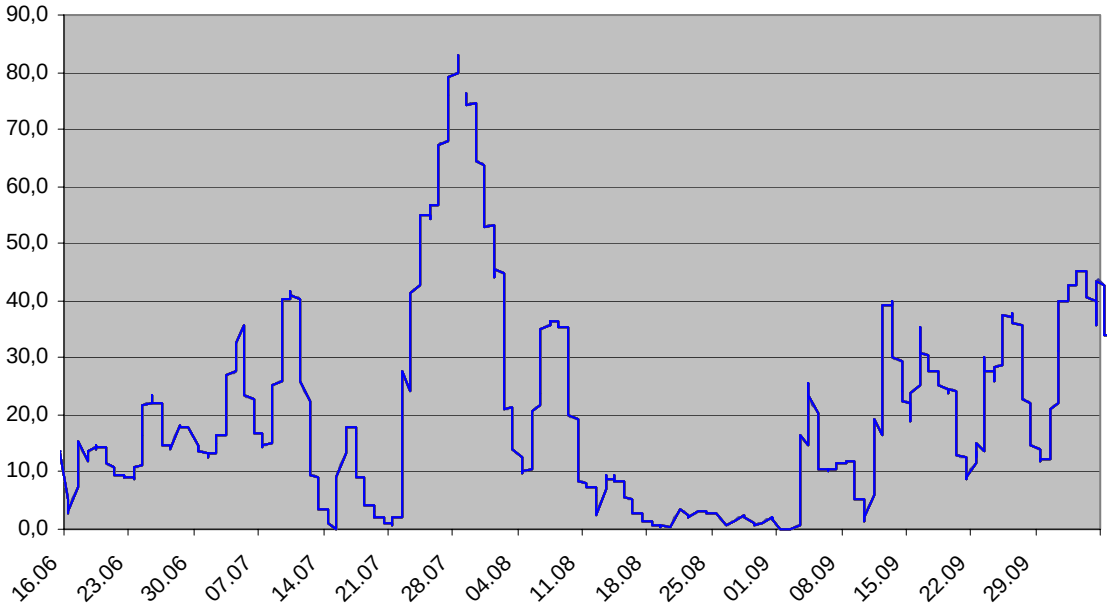
Vannføringen ved Flaksvann ble målt hver time hele observasjonsperioden med unntak av en periode fra 28.7 kl 13:00 til 29.07 kl 13:00. Dette var et døgn med høy vannføring (ca 85 m³/sek) der det ikke ble observert fisk som passerte fossen. Det var lange perioder med lav vannføring i 2003 (**figur 6.5**). Vannføring gjennom turbinene ble målt i hele observasjonsperioden. Den reelle vannføringen i Boenfossen ble beregnet som vannføringsdata fra Flaksvann minus vannføring gjennom turbinene i kraftverket (**figur 6.6**). I tillegg til vannføring ble det målt vanntemperatur og pH ved Boenfossen i deler av observasjonsperioden (**figur 6.7, 6.8**)

6.2.3.2 Observasjoner av fisk

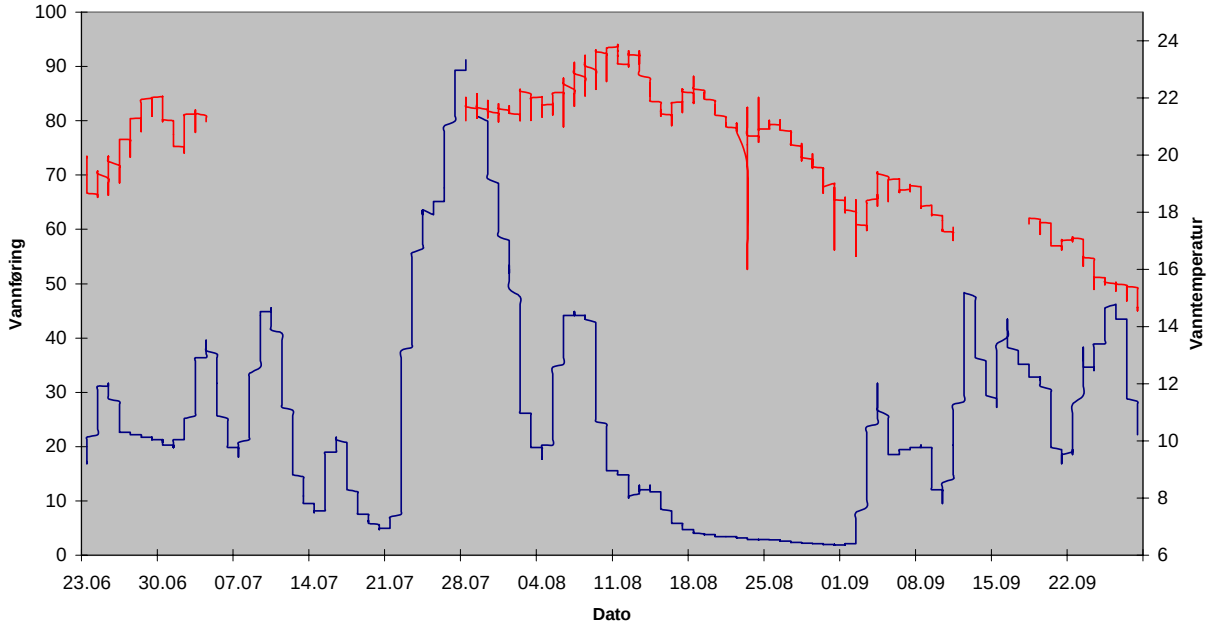
Fra 17.06 til 5.10.03 ble det observert 719 laks og sjøaure som passerte Boenfossen (**tabell 6.6**). Av disse var 17,3 % sjøørret og 83,7 % laks. Det passerte flest fisk i fisketrappa og i kamera 1. I tillegg ble det gjort 40.031 observasjoner av fisk som svømte inn i bildet i kamera 4. I kamera 4 ble det ikke skilt mellom laks og sjøaure.



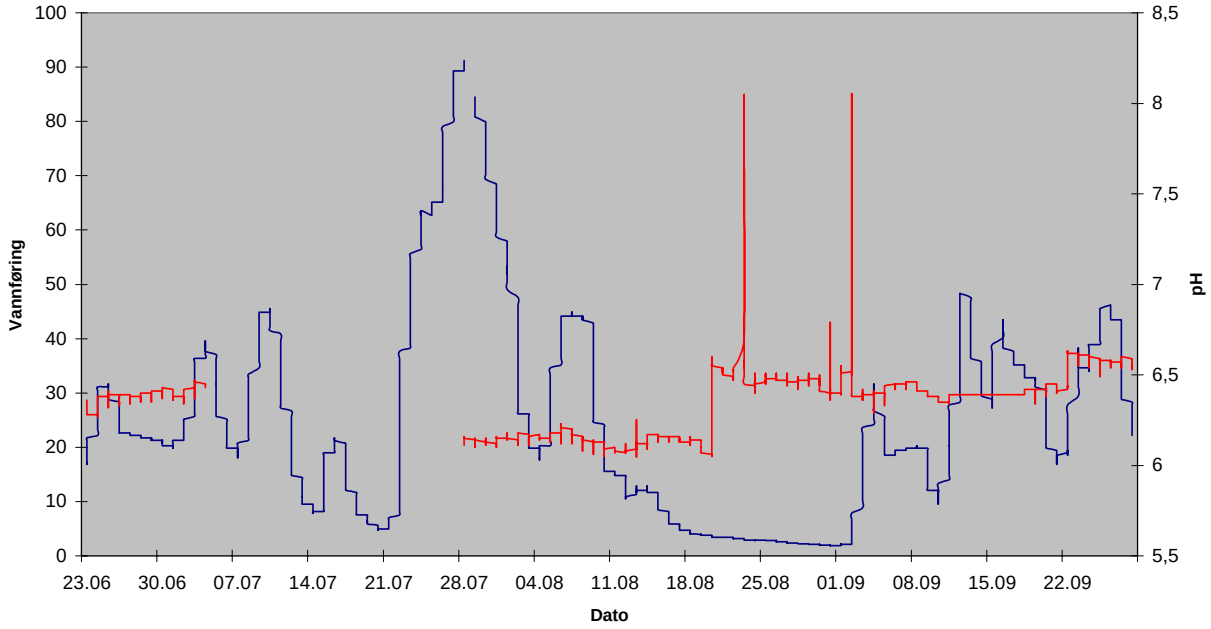
Figur 6.5. *Vannføring i Tovdalselva målt ved Flaksvann i 2002 og 2003*



Figur 6.6. *Vannføringen i Boenfossen fra 16.06. til 15.10.2003 er beregnet ved å trekke vannføringen gjennom kraftverket fra vannføring i hele elva.*



Figur 6.7*. Vanntemperatur målt i Boenfossen og vannføring målt ved Flaksvann i 2003. Rød kurve (øverst) er temperatur, mens blå kurve er vannføring målt i m³/s pr. time.*

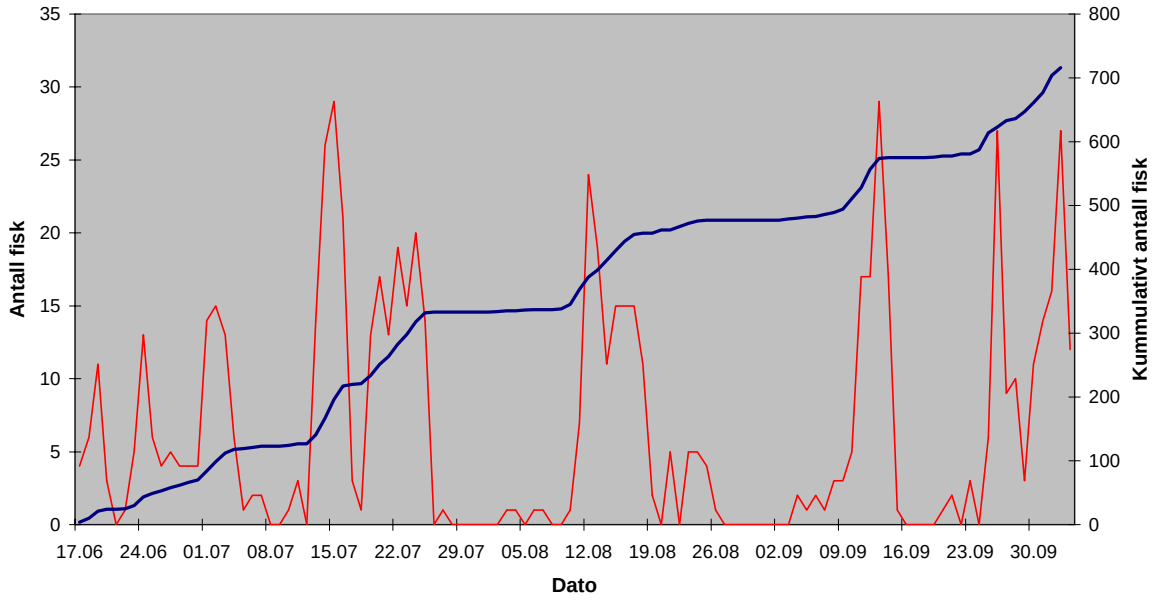


Figur 6.8. *pH målt i Boenfossen og vannføring målt ved Flaksvann i 2003. Rød kurve (øverst) er pH, mens blå kurve er vannføring målt i m³/sek pr. time.*

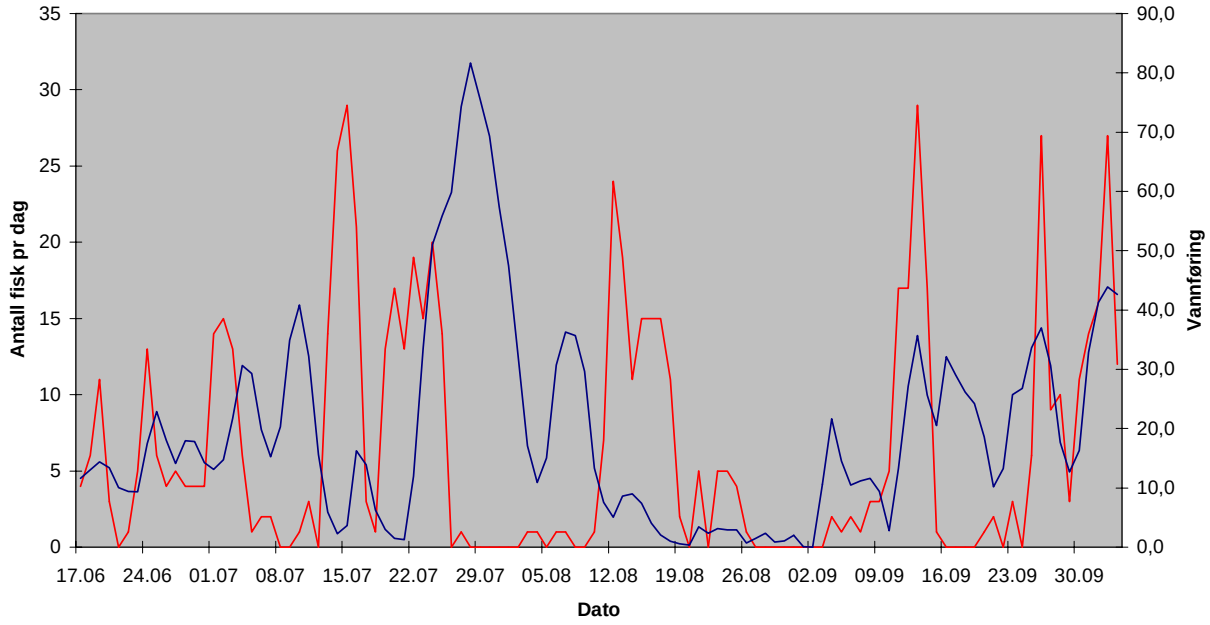
Tabell 6.6. *Antall observasjoner av fisk i de ulike kameraene på toppen av Boenfossen.*

Observasjonssted	Totalt antall fisk	Antall obs.døgn	Antall fisk/døgn
Kamera 1	395	99	3,99
Kamera 2	78	52	1,50
Kamera 3	87	81	1,07
Fisketrapp	159	20	7,95

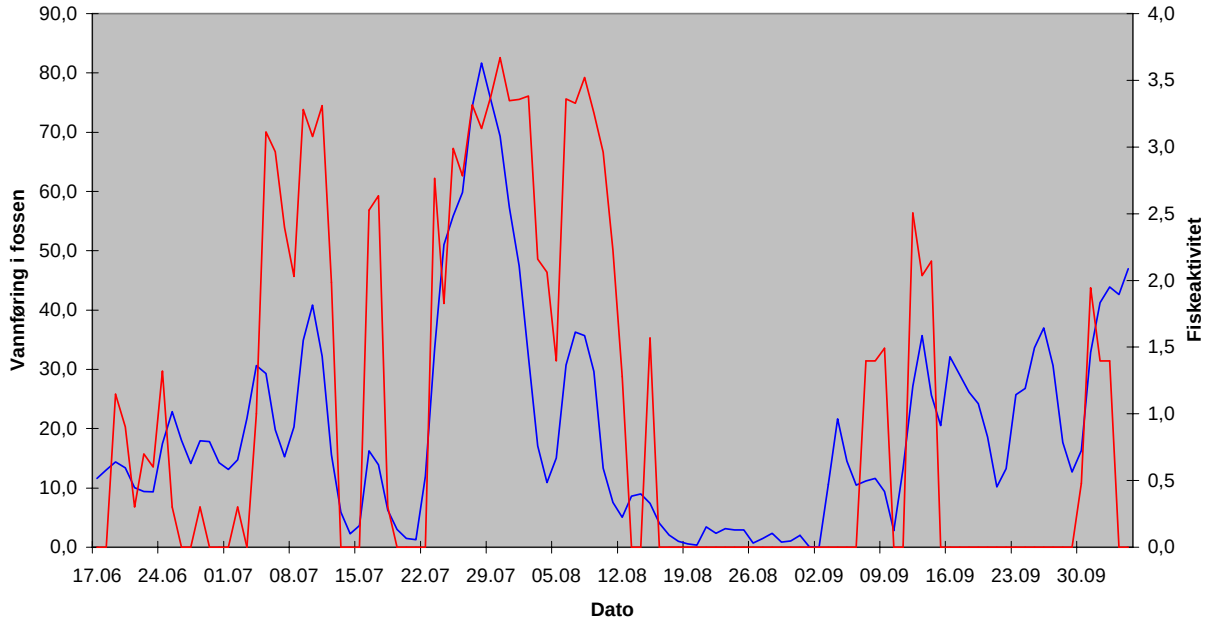
Antall fisk som passerte fossen (kamera 1, 2, 3 og fisketrappa) varierte gjennom sesongen (**figur 6.9 og 6.10**). På samme måte var det stor variasjon i fiskeaktiviteten ved kamera 4 (**figur 6.11**).



Figur 6.9. *Antall fisk (blå kurve er kumulativt antall pr. dag) som passerte gjennom fossen og i fisketrappa (etter 10.09.2003) i Boenfossen 2003.*



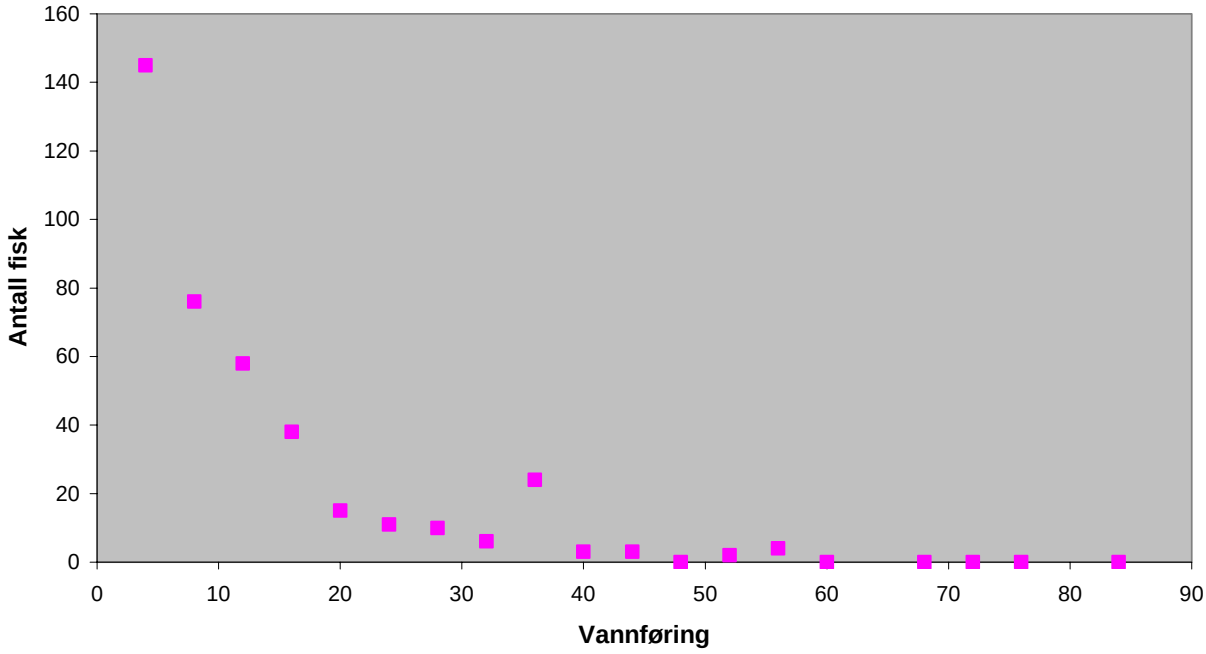
Figur 6.10. *Antall fisk (rød kurve er antall fisk pr. dag) som passerte Boenfossen (kamera 1,2, 3 og fisketrappa samlet) i forhold til vannføring (blå kurve er vannføring målt i m³/sek pr time) i Boenfossen i 2003.*



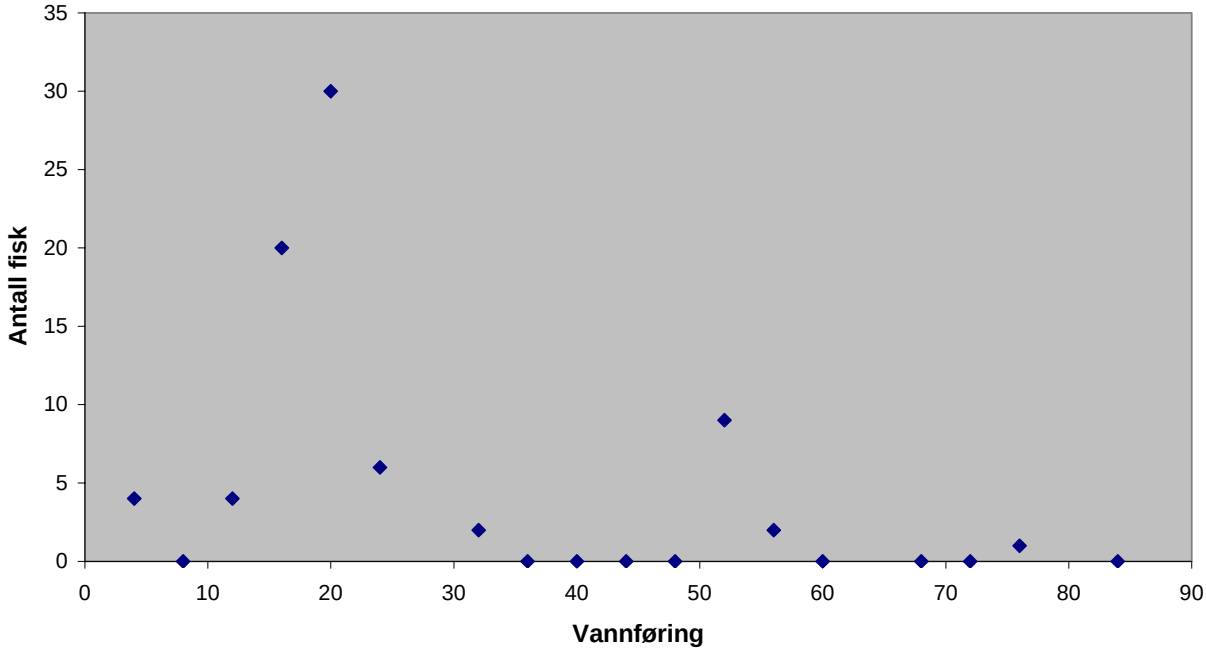
***Figur 6.11**. Observasjoner av fiskeaktivitet i kamera 4 (rød kurve er log10 transformerte verdier av antall fisk som kommer inn i bildet pr time) og vannføring som i figur 7.3 (blå kurve er vannføring målt i m³/sek pr. time).*

Det var størst oppvandring gjennom kamera 1 når vannføringen var lav. Det vandret fisk ved vannføringer på over 50 m³/sek ved dette stedet, men antallet som vandret, avtok sterkt allerede ved 20 m³/sek (**figur 6.12**). Gjennom kamera 2 og 3 var tendensen den samme som i kamera 1, men ikke så tydelig (**figur 6.13** og **6.14**). Det var mulig å tilpasse vannførings og oppvandringsdata i en enkel regresjonsmodell for kamera 1, 2 og 3. Kun modellen for kamera 1 var statistisk signifikant (Simple regression, $P < 0{,}0001$). For alle modellene var forklaringsgraden på ca 18 %.

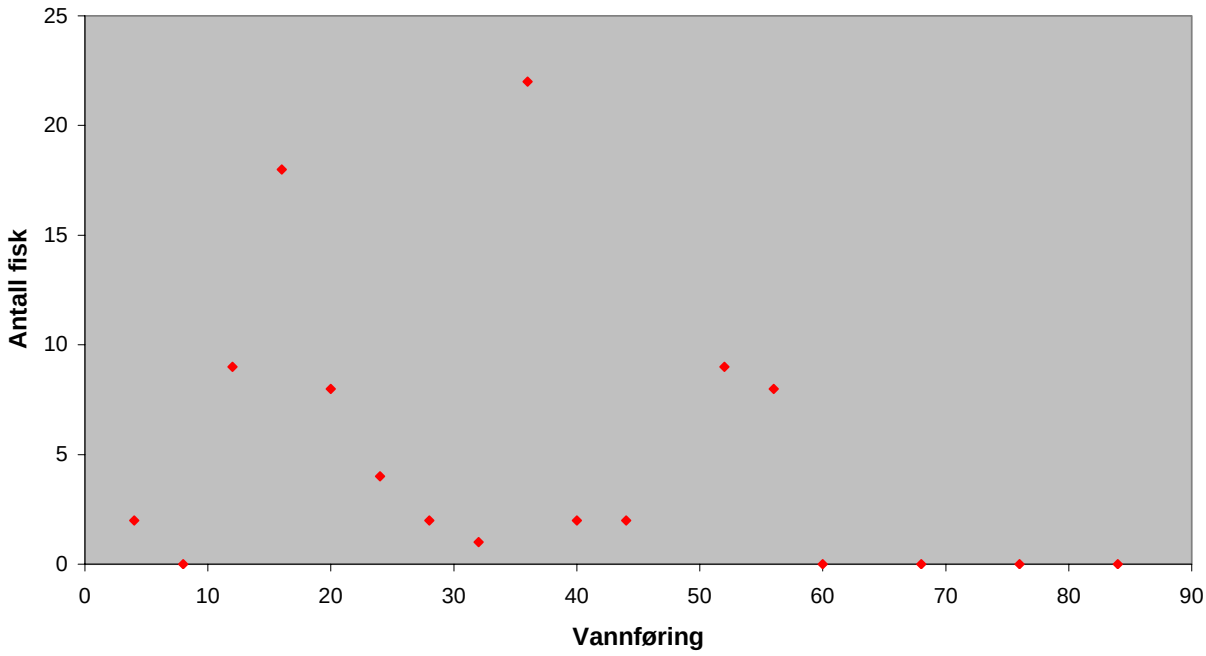
I motsetning til kamera 1, 2 og 3 økte oppvandringen i fisketrappa når vannføringen økte (**figur 6.15**). I en enkel regresjonsmodell ble ca 60 % av variasjonen i fiskevandring pr dag forklart av vannføring ($P = 0{,}008$). I kamera 4 økte antallet fisk når vannføringen økte (**figur 6.16**).



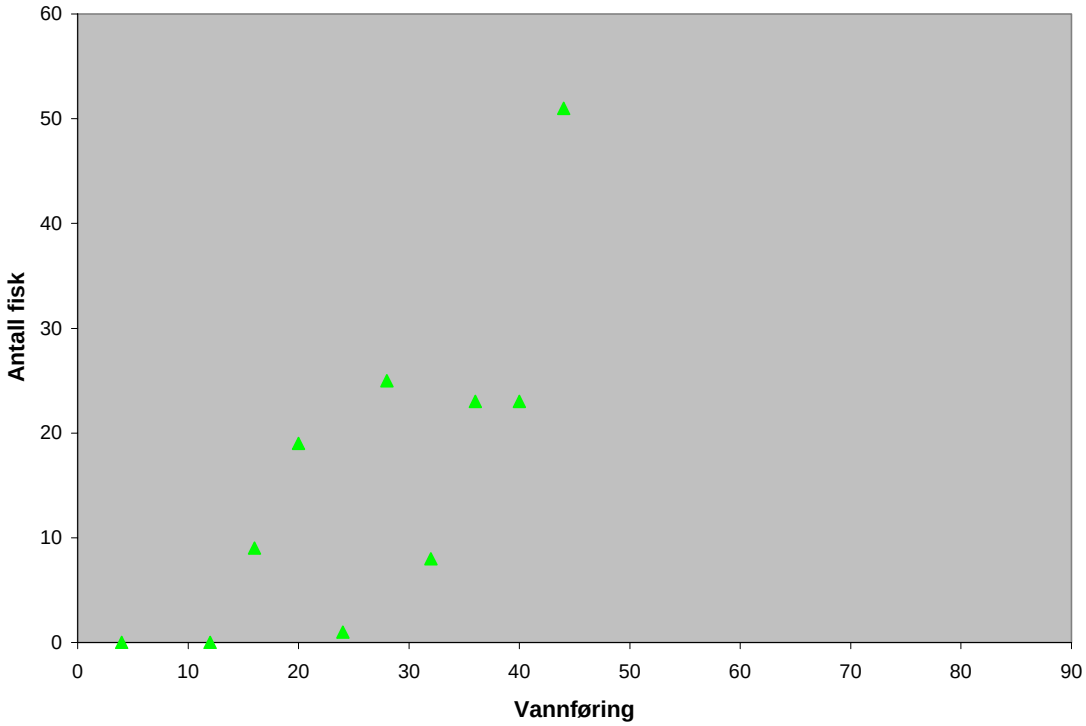
Figur 6.12. *Antall fisk pr. døgn som vandret i kamera 1. Vannføringen er beregnet for selve fossen og gruppert for hver 4 m³/sek.*



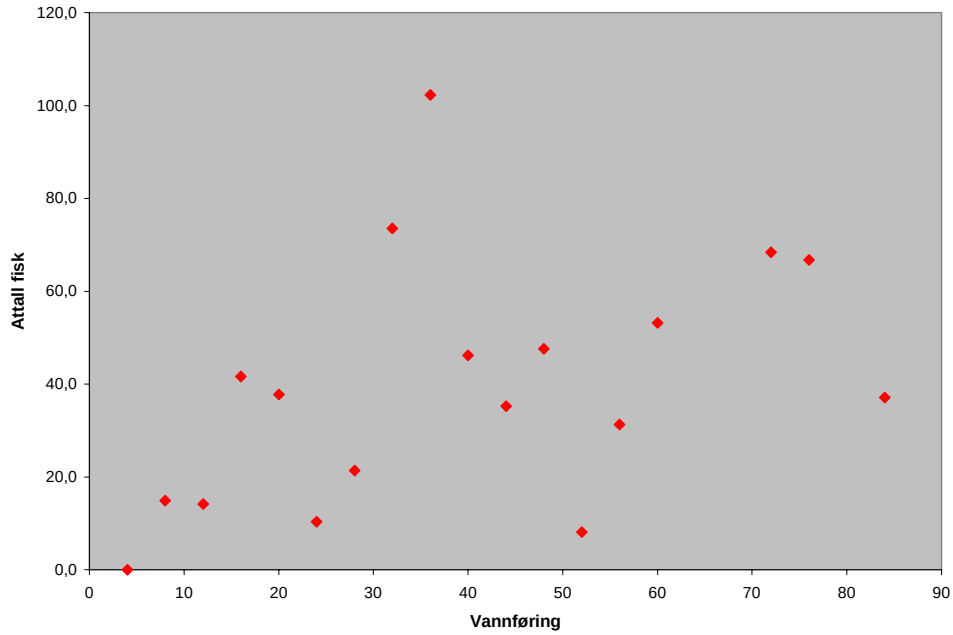
Figur 6.13. *Antall fisk pr. døgn som vandret i kamera 2. Vannføringen er beregnet for selve fossen og gruppert for hver 4 m³/sek.*



Figur 6.14. *Antall fisk pr døgn som vandret i kamera 3. Vannføringen er beregnet for selve fossen og gruppert for hver 4 m³/sek*



Figur 6.15. *Antall fisk pr døgn som vandret gjennom fisketrappa. Vannføringen er beregnet for selve fossen og gruppert for hver 4 m³/sek.*



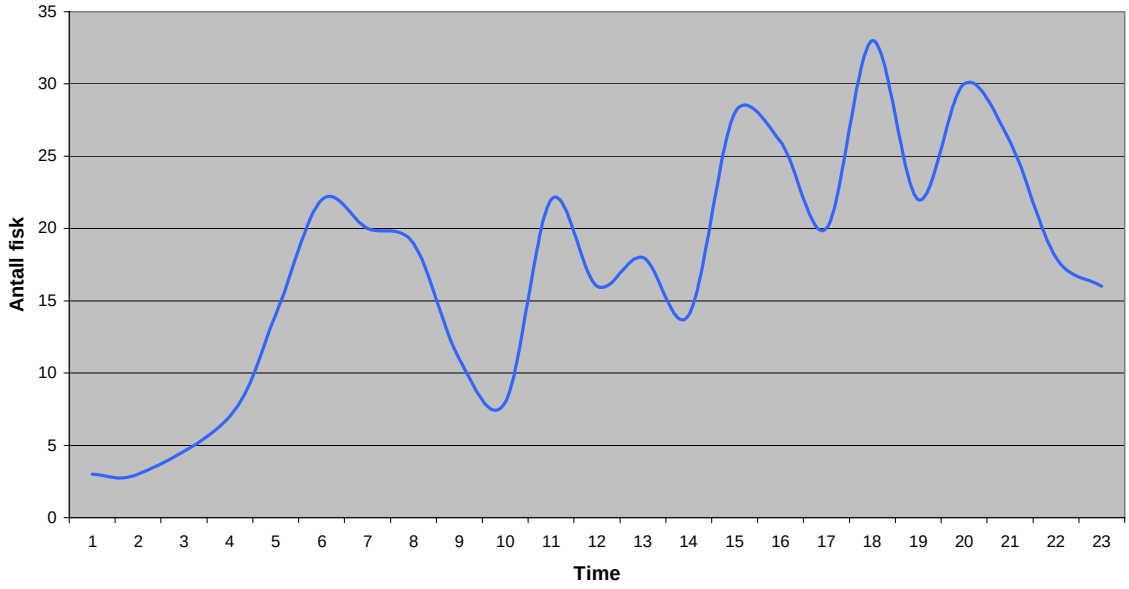
Figur 6.16. *Antall fisk pr time i kamera 4 plottet mot vannføringsintervaller på 4 m³/sek i fossen. Variabelen "antall fisk" er transformert med kvadratrot.*

Det ble også prøvd å tilpasse vannføringsdata og oppvandringsdata fra kamera 1,2, 3 og fisketrappa til en logistisk regresjonsmodell (Probit: P = F(aX+b) hvor F er standard normal kummulativ fordelingsfunksjon). Det innebærer at hendelsen at en fisk passerer fossen (målt pr dag) gis verdien 1 og når det ikke passerer fisk en dag gis dette verdien 0. I modellen ble det vektet at det passerte flere fisk hver dag. Ingen av modellene ga høyere forklaringsgrad enn de enkle regresjonsmodellene nevnt ovenfor og en nøyere beskrivelse er derfor ikke tatt med her. Analysene ble også utført ved å slå sammen data fra kamera 1, 2 og 3, men forkaringsgarden for modellen ble dårligere enn ved hvert av enkeltkameraene.

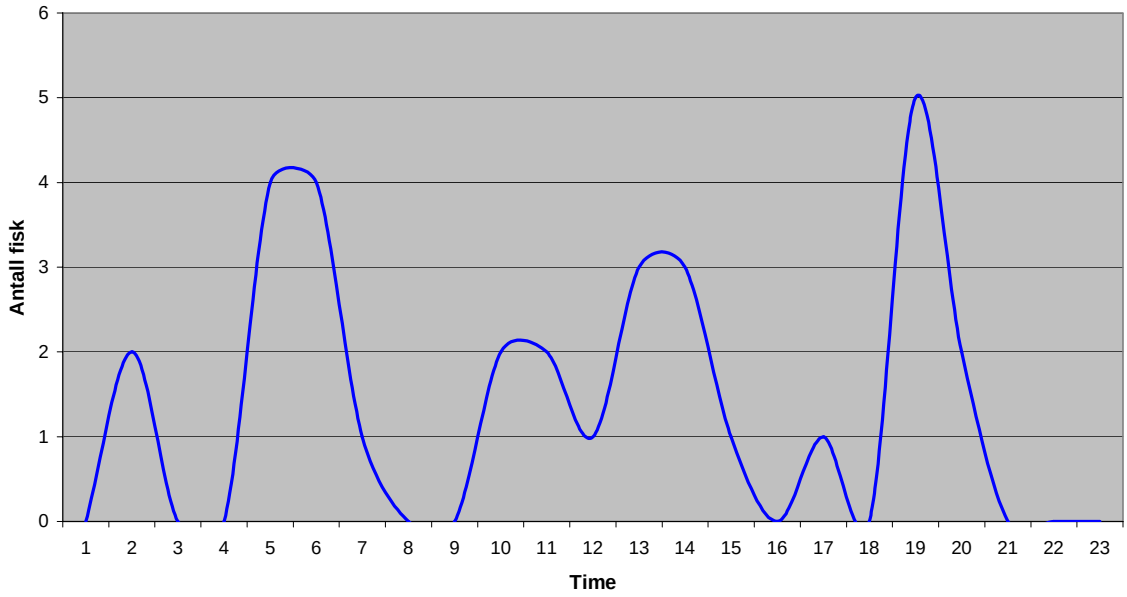
Variasjoner i pH og vanntemperatur ble også undersøkt i forhold til oppvandring av fisk. Modellene viste at det vandret mer fisk ved økende vanntemperatur og lavere pH. Under 3 % av variasjonen i fiskevandring ble forklart med disse to variablene.

6.2.3.3 Fiskevandring gjennom døgnet

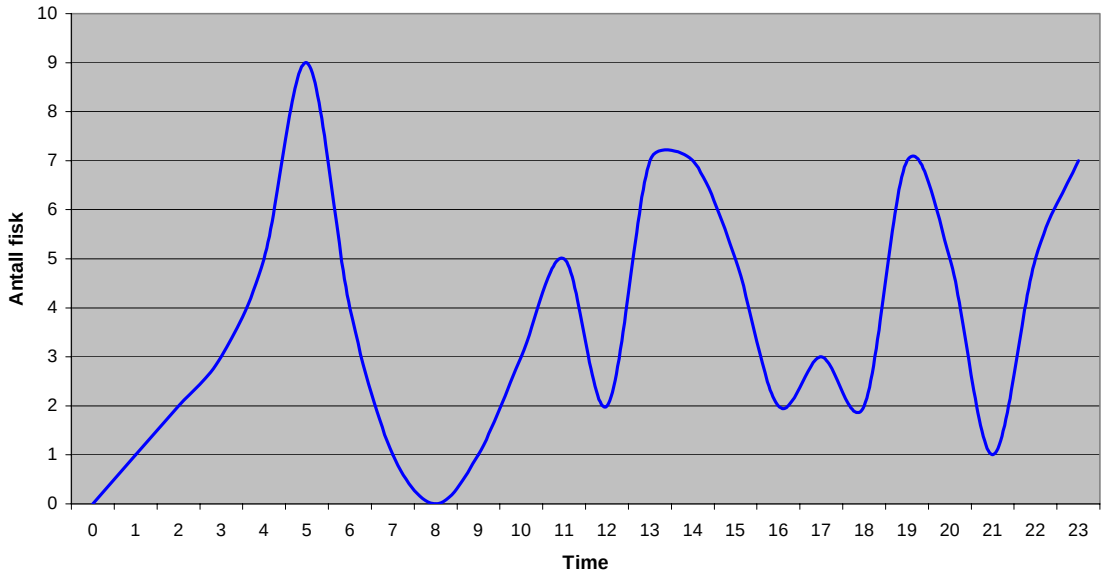
Fiskevandring forbi de ulike observasjonspunktene (kameraene) varierte gjennom døgnet. I kamera 1 var det flest fiskepasseringer om ettermiddagen og få om natta (**figur 6.17**). I kamera 2 og 3 var fiskevandringen jevn gjennom døgnet men likevel med et lavere antall fisk i den mørke delen av døgnet og rundt kl 8 om morgenen (**figur 6.18** og **6.19**). I toppen av fisketrappa passerte det flest fisk om ettermiddagen og ingen i nattemørket (**figur 6.20**).



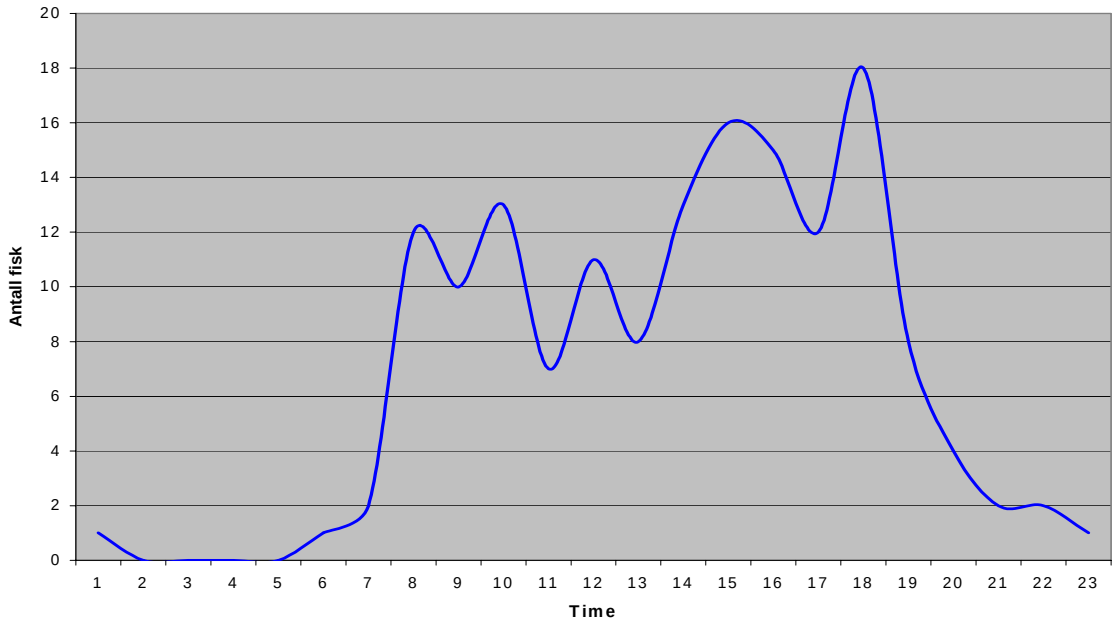
***Figur 6.17**. Fiskevandring gjennom døgnet i kamera 1 i Boenfossen i 2003.*



***Figur 6.18**. Fiskevandring gjennom døgnet i kamera 2 i Boenfossen i 2003.*

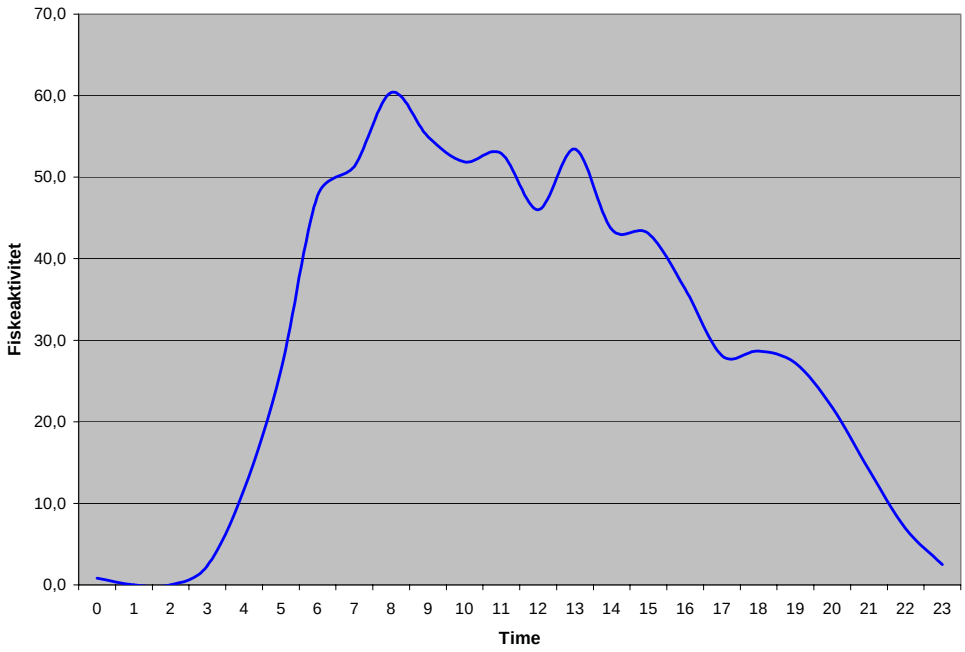


***Figur 6.19**. Fiskevandring gjennom døgnet i kamera 3 i Boenfossen i 2003.*



***Figur 6.20.** Fiskevandring gjennom døgnet i fisketrappa som åpnet 10.09.03.*

I kamera 4 var aktiviteten størst i den lyse delen av døgnet og særlig om morgenen (**figur 7.17**). Om natta forsvant fisken fra kamera 4.



***Figur 6.21**. Fiskeaktivtet gjennom døgnet i kamera 4 i bunnen av Boenfossen i 2003. Fiskeaktivitet er antall fisk som kommer inn i kamerabildet pr. time. Tallene for aktivitet i figuren er log10 (antall fisk/time).*

6.2.3.4 Fangstdata

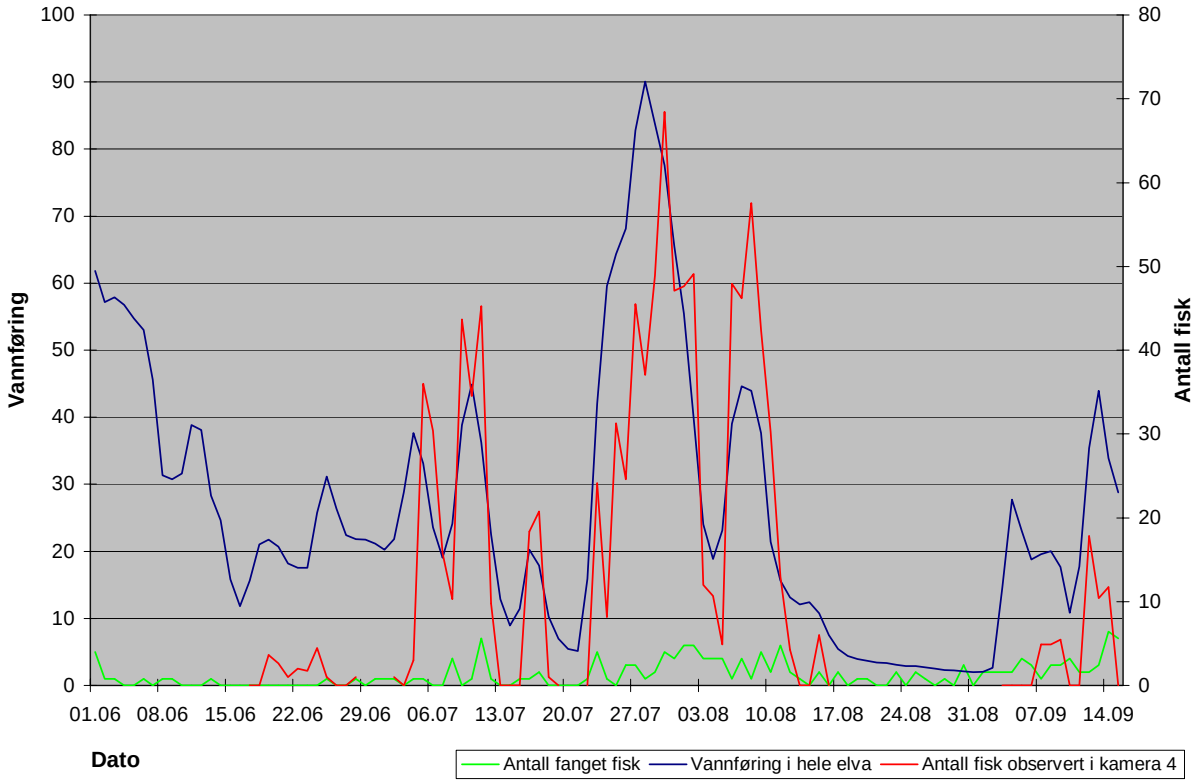
Nesten all rapportert fangst av laks og sjøaure i Tovdalsvassdraget i 2003 stammer fra sone 1 og 2, som ligger nedenfor Boenfossen. Fangstrapportene er fra perioden 01.06 til 15.09.03. Det ble fanget 171 anadrome fisk nedenfor Boenfossen hvor 78 % var laks og 22 % var sjøaure. Ut fra figuren ser det ut til at fangstene øker når vannføringen i elva øker (**figur 6.22**). Samtidig øker fiskemengden under fossen (kamera 4)

6.2.4 Diskusjon

Videosystemet var i drift i størstedelen av oppvandringssesongen 2003. I enkelte perioder var det så liten vannføring i Boenfossen at det ikke var mulig for fisk å vandre opp i elva. Det var i de samme periodene lave fangster lenger nede i elva, noe som tyder på at det heller ikke var tilgang på fisk like nedenfor fossen. Driftsavbruddene for videosystemet i disse periodene antas derfor ikke å ha hatt noen avgjørende påvirkning vurderingen av fiskeoppgangen i sesongen 2003.

Vannføringen i Boenfossen i 2003 var i perioder svært lav (**figur 6.5**). Konklusjonene i denne rapporten må derfor vurderes i forhold til at 2003 var et år med lav vannføring. Målet for undersøkelsen er å finne sammenheng mellom vannføring og oppvandring av fisk. De periodene der vannføringen var lavest (under 1 m^3/sek) var det ikke mulig for fisk å vandre i fossen. Det ble funnet flere døde laks i kulpr. i fossen i disse periodene (Kay Severinsen pers. medd.). Vannføringer på under 1 m^3/sek i fossen vil derfor være en situasjon der det ikke vandrer fisk. Den videre analysen tar for seg vannføringer over dette nivået.

En forutsetning for å analysere fiskeoppgang i forhold til vannføring er at det er tilgjengelig fisk for vandring innefor de vannføringene som inngår i modellene. Observasjonene fra kamera 1,2,3 og fisketrappa viser at det er tilgjengelig



Figur 6.22. *Fangst av laks og sjøaure i Tovdalsvassdraget nedenfor Boenfossen i forhold til vannføringen i elva og fiskeaktivitet i kamera 4. Antall fisk i kamera 4 er transformert: Kvadratrot av antall fisk observert pr. time. Vannføringen er målinger fra Flaksvann forskjøvet 5 timer.*

fisk ved vannføringer over kritisk nivå på ca 1 m³/sek. Når vannføringen var høy viste observasjoner i kamera 4 nedenfor fossen og fangststatistikk at det også var tilgjengelig fisk selv om det passerte få fisker gjennom fossen. Dette gjelder i perioden juni til oktober. Etter ca 1. oktober var det mer ujevn tilgang av fisk.

Konklusjonene fra undersøkelsene i 2002 viste at fisken har problemer med å forsere fossen når vannføringen stiger over et visst nivå (Lamberg 2003). Dette støttes av resultatene fra 2003. I 2002 ble det antatt at ca 5 m³/sek var en kritisk vannføring der oppvandringen gikk kraftig ned. Ut fra resultatene fra 2003 ser det ut til at dette nivået ligger høyere. Ved betraktning av regresjonsmodellen for observasjoner i kamera 1 vil antall oppvandrende fisk pr dag reduseres til ca 50 % av maksimal oppvandringsrate når vannføringen stiger over 10 m³/sek og til ca 20 % når vannføringen stiger over 20 m³/sek. For midten og vestsiden av fossen (kamera 2 og 3) synker også oppvandringsraten når vannføringen øker, men her vandrer det mer fisk ved høyere vannføringer enn i kamera 1 på østsiden av fossen.

Modellene som er grunnlaget for denne vurderingen, forklarer imidlertid bare ca 18 % av variasjonen i oppvandring. Det er altså andre faktorer som også er avgjørende for om fisk passerer fossen eller ikke. Av de variablene som er undersøkt i denne rapporten, er vanntemperatur og pH ikke av betydning. Det er sannsynlig at blant annet fiskens vandringsmotivasjon knyttet til tid i sesongen, sosial atferd (stimatferd) og nedbør er faktorer som også påvirker oppvandringsraten i Boenfossen. Det er også sannsynlig at flere faktorer virker sammen. Dette kan undersøkes ved å anvende modeller der det inngår flere faktorer samtidig. Det er utenfor de økonomiske rammene for den foreliggende undersøkelsen å gjøre slike analyser.

Selv om registreringene i 2003 er mer presise enn de fra 2002 i forhold til den problemstillingen som skal studeres, vil det alltid være systematiske og tilfeldige feil ved observasjonene som påvirker resultatene. Registreringene er mer presise fordi det er faktisk oppvandrende fisk som observeres i 2003, mens det i 2002 kun var oppsamling av fisk nedenfor fossen som ble registrert. Samtidig er det ikke sikkert at kameraene ble plassert der det var mest hensiktsmessig. Effekten av dette illustreres av at det er ulikt forløp på oppvandringen på de ulike kameraposisjonene. Analyser der data fra alle kameraene på toppen av Boenfossen ble slått sammen, gir dårligere resultat (forklaringsgrad) enn hvert kamera for seg. Det betyr at en foss som Boenfossen ikke er en enkelt enhet, men består av mange små vandringsveier som har hver sine karakteristika med hensyn på oppvandring og vannføring. En enkelt modell vil derfor ikke gi mer enn moderat forklaringsgrad i forhold til de parametere som legges inn.

Når det gjelder oppvandring i fisketrappa er sammenhengen mellom oppvandring og vannføring mye klarere. Det var en økning i oppvandring ved økende vannføring, og en enkel regresjonsmodell forklarer over 60 % av variasjonen i oppvandringsrater pr dag. Dette betyr at fisketrappa vil "sluse" fisk forbi Boenfossen i perioder der det ikke er vandring i fossen. Det var ingen perioder med vannføring under 10 m³/sek etter at trappa ble åpnet slik at det er usikkert hvordan fisketrappa virker ved lav vannføring.

Ved betraktning av et plot av fiskepasseringer i fossen (kamera 1, 2, 3 og fisketrappa), ser det ut til at det vandrer mest fisk når vannføringen er lav (**figur 6.10**). Etter 10.09 ser dette mønsteret ut til å snu slik at det vandrer mest fisk når vannføringen er høy. Dette skyldes trolig at fisketrappa blir åpnet og at fisk får mulighet til å vandre ved høyere vannføring.

De mest "håndfaste" resultatene fra videoundersøkelsene i Boenfossen i 2003 er for det første at det passerte minst 719 laks og sjøaure forbi fossen. Av dette ble ca 80 % klassifisert som laks, noe som stemmer overens med artsfordelingen i fangstene. For det andre var det variasjon i fiskevandring og aktivitet gjennom døgnet. Observasjoner fra fisketrappa viser at det vandrer mest fisk på ettermiddagen. Dette samsvarer med undersøkelser i mange andre fisketrappr. fra hele landet (Lamberg 2002). Også i bunnen av fossen viser observasjoner i kamera 4 at det er aktivitet i den lyse delen av døgnet med mer aktivitet på morgenen enn det vi ser fra toppen av fisketrappa.

For kameraene som stod på toppen av fossen, passerer det mest fisk i den perioden av døgnet det er lyst. I den lyse delen av døgnet er det ikke noe tydelig mønster, bortsett fra at det ser ut til å være et kraftig dropp i aktivitet rundt kl 8-9 om morgenen i kamera 2 og 3. En forklaring på variasjonene i døgnaktivitet her kan være at fisken må ha lys for å vandre. Fra bunnen av fossen ser vi at fisken kommer inn mot fossen så snart det lysner. Dersom den da starter på oppvandring vil det ta tid før den når toppen av fossen. Fisk som starter tidlig om morgenen vil kanskje nå toppen av fisketrappa først utpå ettermiddagen, noe som forklarer kurven for fisketrappa. For kamera 1, 2 og 3 kan det være at det står igjen fisk i kulpene et stykke oppe i fossen fra dagen før. Når det begynner å bli lyst starter de på den siste biten av vandringen mot toppen av fossen og når kameraene ca kl 6 - 7. Neste pulje med fisk er de som har startet fra bunnen av fossen og ikke når toppen før utpå ettermiddagen.

6.2.5 Litteratur

Lamberg, A., Fiske, P. & Hvidsten, N. A. 2002. Forsøk med videoregistrering av anadrom fisk i elv. - NINA Oppdragsmelding 715: 1-26.

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

Saltveit, S.J. 1984. Fiskeundersøkelser i Tovdal. Del IV. En vurdering av den lakseførende del av Tovdalselva. – Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske (Oslo) 64. 27 s.

7 Plan for videre undersøkelser

7.1 Sammenliknende undersøkelser av Mandals- og Bjerkreimslaks i Mandalselva

Kjetil Hindar & Trygve Hesthagen
Norsk institutt for naturforskning-Trondheim

7.1.1 Innledning

Reetableringsprosjektet for laks i kalkede elver på Sørlandet har hatt en betydelig forskningsaktivitet knyttet til Mandalselva og Tovdalselva siden fullkalkingen i 1996/97. I denne forskningsaktiviteten har bl.a. inngått studier av vannkvalitet og ulike vannkvaliteters effekt på laksens atferd, samt laksens overlevelse og vekst, vandringer, bestandsutvikling og genetiske studier i reetableringsfasen (DN Utredning 2003-5).

Ett av målene i reetableringen har vært å styre den genetiske og økologiske utviklingen i de stammene som reetableres gjennom utsettinger basert på stamfisk av kjent opphav. Siden både Tovdalselva og Mandalselva har mistet sin opprinnelige laksestammer, har vi argumentert for at det beste utsettingsmaterialet kan finnes i de naboelvene som fortsatt har sin laksebestand intakt etter flere tiår med forsuring. På denne bakgrunn er laks fra Vegårsvassdraget (Storelva i Holt) valgt som stamfiskmateriale for Tovdalselva, og laks fra Bjerkreimselva valgt som stamfiskmateriale for Mandalselva.

I Mandalselva, der det er etablert et klekkeri, settefisk- og stamfiskanlegg på Finså, er det i flere år tatt stamfisk blant villfisk som naturlig har søkt til vassdraget. Utsettinger fra dette materialet er testet i flere deler av livssyklus i regi av reetableringsundersøkelsene (DN Utredning 2003-5). Samtidig har det i løpet av flere år vært naturlig reproduksjon i vassdraget, slik at vi må anta at en stor andel av fisken som nå søker til Mandalselva for å gyte, er fisk som selv er avkom av naturlig gyting der på slutten av 1990-tallet.

Stamfisk av Bjerkreimsstammen er bygd opp på NINAs Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims. Der vil det i årene framover produseres øyerogn av Bjerkreimslaks for direkte utsetting i Mandalselva (rognplanting), eller også for overføring til Finså som øyerogn og påfølgende oppdrett på Finså til ønsket utsettingsstadium. Dette gjør det mulig å teste egnetheten til Bjerkreimslaks mot den "Mandalslaksen" som vi vil kalle laksen som er i ferd med å etablere seg i vassdraget.

7.1.2 Målsetting

Reetableringsprosjektet ønsker nå å teste hypotesen:
Avkom av Mandals- og Bjerkreimslaks viser ikke forskjell i vekst, overlevelse eller atferd ved utsetting i Mandalselva.

Dersom denne hypotesen må forkastes, kan en alternativ hypotese være at tilpasningene vi finner i en naturlig laksbestand fra samme område (Bjerkreimslaks), er mer egnet til re-etablering enn de vi finner i en bestand som er i ferd med å etablere seg i vassdraget (Mandalslaks).

Det er også interessant å teste tilsvarende null-hypotese i Tovdalselva, der vi kan teste avkom av fisk fra Vegårsvassdraget mot avkom av fisk som søker opp i Tovdalselva. Men den muligheten er ikke tema for dette skrivet.

7.1.3 Gjennomføring av FoU-prosjekter

Notatet foreslår et sett av sammenliknende studier som må gjennomføres i samarbeid mellom flere institusjoner og forskere. Det bør også være åpning for å foreslå andre studier innenfor samme type problemstilling.

Basert på Reetableringsprosjektets historie, er noen forslag til prosjektleder(e):

- Bjørn Barlaup tar ansvar for rognplanting
- Vidar Moen tar ansvar for fargemerking
- Sigurd Einum tar ansvar for rogn/yngelstudier (sammen med Barlaup/Moen og Johnsen/Larsen)
- Bjørn Ove Johnsen tar ansvar for ungfiskutsettinger (overlevelse, vekst og spredning)

- Nils Arne Hvidsten og Bjørn Barlaup tar ansvar for smoltvandringer og oppvandring i ferskvann
- Bjørn Mejdell Larsen tar ansvar for bestandsforholdene i Overvåkingsprosjektet (koordinert med Barlaup og Johnsen sine utsettinger i Reetableringsprosjektet)
- Frode Kroglund tar ansvar for vannkvalitet og dens effekt på presmolt/smolt
- Bengt Finstad og Frode Kroglund tar ansvar for smoltkvalitet
- Lars Petter Hansen tar ansvar for vandringer/biologi i havet
- Bjørn Ove Johnsen tar ansvar for overvåking av bestandene av voksen laks
- Kjetil Hindar tar ansvar for genetiske studier
- Trygve Hesthagen koordinerer prosjektet

I tillegg til de sammenliknende studiene av Mandalslaks og Bjerkreimslaks, vil det være naturlig å forfølge andre problemstillinger parallelt. Blant disse er: (i) smoltproduksjon totalt og på ulike elvestrekninger, (ii) effekter av regulering på en full-rekruttert bestand, (iii) kjøring av kraftverk i forhold til vandringer og bestandsforhold, (iv) kalkingsstrategi og vannkvalitet på ulike elvestrekninger, og (v) genetisk effekt av utsetting av Bjerkreimslaks.

Vi har prøvd å ta hensyn til slike andre problemstillinger i det følgende.

7.1.4 Hvilke stadier av fisk skal testes?

I teorien er det mulig å gjennomføre ekspr.imenter der en tester to stammer mot hverandre gjennom hele livssyklus etter én utsetting. Vi tror imidlertid vi får resultater raskere dersom vi stykker opp livssyklus i flere forsøk med ulike problemstillinger.

Utgangspunktet for hver årsklasse (kohort) er 50.000 øyerogn av Bjerkreimslaks og 50.000 øyerogn av Mandalslaks. Bjerkreimslaksen på Ims går på høy temperatur (7,5 grader) slik at startforing kan begynne på Finså i februar (øyerogn ble overført i desember), samtidig med Mandalslaksen på Finså. De to stammene drettes opp på Finså til ønsket utsettingsstadium (fra én-somrig til og med smolt).

Kapasiteten når en kommer fram til smolt, er 4.500 individ av hver stamme fra og med 2005.

I tillegg fins det et stort antall øyerogn av Bjerkreimslaks på Ims som går til direkte rognplanting i Mandalselva uten å legges inn på Finså, men disse går på senere utvikling enn resten av rogna for å sikre riktig stadium ved utsetting. Denne øyerogna må fargemerkes for å skille den fra naturlig reprodusert fisk.

En mulig oppdeling av testmaterialet er:Øyerogn til ensomrig, ensomrig settefisk til smolt
Pre-smolt, smoltfysiologi og –utvandring,
Smolt til voksen laks og oppvandring av voksen laks

7.1.5 Miljøer som testes

Det er ønskelig at vi kan gjøre sammenliknende studier både på elvestrekninger uten laks (dvs uten konkurranse med eldre laksunger), og på elvestrekninger med naturlig tetthet av laksunger.

Sistnevnte kan være:
(i) ovenfor naturlig lakseførende strekning, der de eneste laksungene er de vi tidligere har satt ut, for eksempel i Kosåna. I dette tilfellet vil alle 0+/eldre laksunger som settes ut være de vi har merket for formålet.

(ii) på naturlig lakseførende strekning, der de fiskene vi setter ut må kunne skilles fra naturlig reprodusert laks, for eksempel i Lågåna og i hovedelva.

Rognplantinger med Bjerkreimslaks i 2003 har gitt følgende tettheter på disse strekningene:
(i) Kosåna: 100.000 øyerogn ble fordelt på 5 stasjoner ovenfor lakseførende strekning. Tetthet av 0+ laksunger var 27 individ pr. 100 m^2 seinere samme år.

(i) Lågåna: 76.000 øyerogn ble fordelt på 8 stasjoner på lakseførende strekning.
Tett av 0+ laksunger var 33 individ pr. 100 m^2 (utsatt + naturlig reprodusert), og av eldre laksunger 24 individ pr. 100 m^2.

I hovedelva er det foreløpig ikke plantet øyerogn, men store deler av hovedelva vil ha høy tetthet på grunn av naturlig reproduksjon.

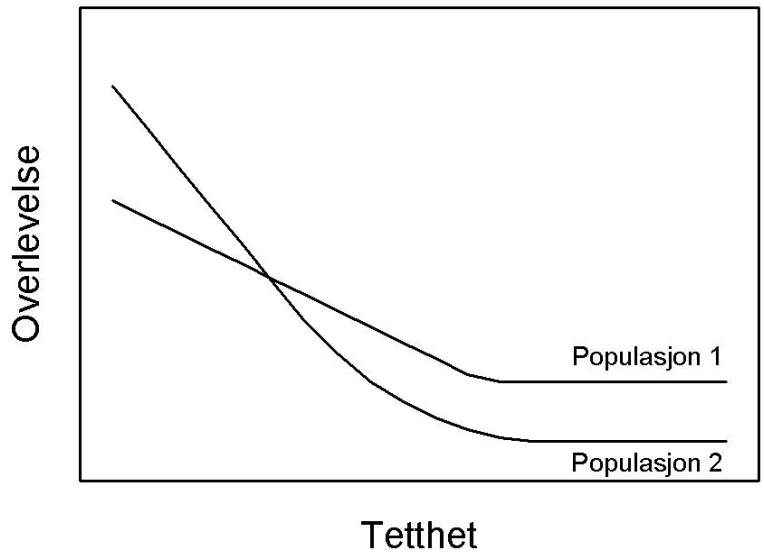
7.1.6 Forslag til sammenliknende prosjekter

7.1.6.1 Rogn- og yngelstudier

Sammenliknende studier fra øyerognstadiet må gjøres med grupper som (på hhv Ims og Finså) legges på temperaturer som sikrer "sen utvikling" og naturlig timing av klekketidspunkt etc. Dette kan gjøres i 2006 og 2007 med all fisk som ikke skal settes av til smolt (dvs. > 40.000 individ av hver stamme). Denne fisken må gruppemerkes med fargekode i otolitten. Viktige problemstillinger her er overlevelse før klekking, og tidlig vekst og overlevelse etter klekking. Det bør gå paralleller i anlegget.

En mulig viktig faktor i forhold til hvilken stamme som best egner seg for re-etablering er hvordan de to stammene responderer på tetthet i det gitte miljøet. Det er mulig at ulike karakteristikker ved ulike stammer gjør at deres respons på variasjon i tetthet også er forskjellig. For eksempel kan man tenke seg at en stamme har en bedre suksess enn en annen ved lave tettheter, mens dette forholdet blir reversert ved høye tettheter (**figur 7.1**). I så fall må man vurdere hva som er ønskelig å prioritere, å minimalisere risikoen for utdøing eller å maksimere potensiell produksjon. For å kunne utføre en slik vurdering vil det være nødvendig å kvantifisere hvordan den relative suksessen til de to stammene varierer med tetthet.

Tetthetsavhengig dødelighet virker som regel sterkest ved tidlige utviklingsstadier (0+). Man bør derfor prioritere denne perioden ved slike studier. Studiet kan gjennomføres ved å identifisere lokaliteter uten annen laks (ovenfor lakseførende strekning, for eksempel Kosåna), og så sette ut rogn fra de to stammene på ulike stasjoner med varierende start-tetthet. Rognen må merkes på øyerogn-stadiet (farge, temperatur eller kombinasjon av disse). Hvis



***Figur 7.1**. Hypotetisk sammenheng mellom tetthet og overlevelse for genetisk ulike populasjoner testet i samme miljø. Populasjon 1 vil i dette tilfellet ha et høyere produksjons-potensiale, men vil også ha en høyere risiko for å dø ut på grunn av en lavere overlevelse ved lave tettheter.*

store områder er tilgjengelig for utsetting kan stasjonene plasseres i avstander fra hverandre som gjør at man kan ignorere vandring mellom stasjonene på tidlige stadier. Dette er den enkleste designen, da man trenger bare to merkekombinasjoner. Hvis ikke må man gi hver stasjon og stamme ulike merkekombinasjoner (totalt trengs da trolig 20-30 merkekombinasjoner). Gjenfangst gjøres så på utvalgte lokaliteter fordelt over forsøks-området på sen-sommeren, og otolitter prepareres og analyseres for estimering av overlevelse og vekst.

7.1.6.2 Ensomrig settefisk til smolt

Målsettingen er å sammenlikne vekst, overlevelse og spredning av Mandalslaks og Bjerkreimslaks.
Sammenliknende studier gjøres enklest på finneklippete grupper som er satt på høy temperatur og rask utvikling. Dette gjøres med utgangspunkt i utsettinger i 2004 og 2005. Til dette brukes hele materialet som ikke settes av til smoltproduksjon eller andre (fysiologiske) studier, dvs >30.000 individ av hver stamme.

Fisken startfores tidlig og produseres til en størrelse på ca. 2 gram. Alle familiegrupper innen en stamme blandes sammen. Et utvalg på 500 fisk fra hver gruppe lengdemåles. All fisk merkes ved finneklipping: henholdsvis vb+f (venstre bukfinne og fettfinne) og hb+f (høyre bukfinne og fettfinne). Fisken settes ut i juli, med like mange individ av hver gruppe på hver lokalitet.

Tidligere forsøk med utsetting av ensomrig settefisk har gitt svært varierende gjenfangster ett år etter utsetting. Kontrollfiske samme høst som utsettingen ble foretatt har imidlertid gitt gode gjenfangster. Vi foreslår derfor flere kontroller av hver utsetting (samme høst, ett år etter utsetting og ved smoltfangst som 2-årig og 3-årig smolt for å styrke materialet mest mulig). Flere kontroller vil også kunne gi opplysninger om utvikling over tid. Det første kontrollfisket bør gjennomføres ikke tidligere enn 2 mnd. etter utsetting slik at den vil fortelle noe om hvordan fisken klarer seg i sitt nye miljø.

Lokaliteter for utsetting bør varieres fra lokaliteter uten konkurranse fra villfisk, men med konkurranse fra utsatt fisk (lok 1 – se under), til lokalitet med svak konkurranse fra villfisk (3), og videre til lokaliteter med sterk konkurranse fra villfisk (2, 4 og 5). Vi foreslår:

Lok 1: Kosåna oppstrøms lakseførende strekning (må vurderes vs. rognplanting)
Lok 2: Kosåna på lakseførende strekning
Lok 3: Mandalselva: Grasholmen – Bjelland kraftverk
Lok 4: Mintevannføringsstrekning: Området ved kjøreterskel over elva
Lok 5: Minstevannføringsstrekning: Nedenfor Klevelandsbrua på den strekningen som har gitt best gjenfangst.

Første kontrollfiske (elfiske) gjennomføres i august i utsettingsåret på "Overvåkings-prosjektets" faste stasjoner i Kosåna, på strekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk og på minstevannføringsstrekningen. Denne kontrollen gjennomføres uten kostnader for dette prosjektet. Andre kontroll gjennomføres i september første høst ca. 2 mnd etter utsetting. Da gjennomføres kontrollfiske på alle utsettingslokalitetene. Tredje kontroll blir i august året etter utsetting på "Overvåkingsprosjektets" faste stasjoner i Kosåna osv.

I tillegg til elfisket kontrolleres begge gruppene på utvandring som smolt i smoltfelle ved Finså som 2-årig og 3-årig smolt. Det blir dermed 8 kontroller på hver utsetting og dette vil ventelig sikre god nok gjenfangst.

7.1.6.3 Smoltproduksjon og -utvandring i forhold til regulant med mer

Produksjon, vandringsatferd og overlevelse av villsmolt i Mandalselva, er viktige tema som på lengre sikt vil kunne inkludere sammenliknende studier. I første omgang vil disse studiene konsentrere seg om villsmolt som produseres i vassdraget i dag, og som derfor kun er "Mandalslaks". Hovedtema for studiene er smoltproduksjon og overlevelse i forhold til vannføringsregimer og kjøring av kraftverk. Målsettingene er:

- Estimere total smoltproduksjon
- Estimere produksjon av smolt på delstrekninger (avhengig av 'kjemisk signatur', og ssv. av et uavhengig

estimat for strekningen ovenfor Manflåvann)
- Estimere dødelighet hos utvandrende smolt i utvandringsperioden i Laudal kraftverk
- Analysere utvandringstidspunkt og krav til vannføring for at smolten skal vandre ut fra ulike elveavsnitt
- Forbedre utvandringsmodell for utvandrende villsmolt i Mandalselva

Ca 10.000 fisk av Mandalslaks er ventet å gi smolt til utsetting i 2004. Det er ønskelig at smolt-problemstillinger som ikke er sammenliknende, men som gjelder effekt av kraftverk og minstevannføringsstrekning på smoltutvandring, i størst mulig grad gjør bruk av disse.

7.1.6.4 Sammenliknende studier av merket smolt

Disse studiene vil teste om det er forskjell i overlevelse og atferd på avkom av Mandalslaks og Bjerkreimslaks satt ut som smolt i Mandalselva.

De sammenliknende studiene gjøres enklest på de gruppene som går på rask utvikling. Det er mulig å sette av nok øyerogn til å produsere 4500 smolt av hver stamme i 2005, 2006 og 2007.

Vi foreslår at 4.500 merkede smolt av Mandalslaks og 4.500 Bjerkreimslaks settes ut nedenfor utløpet fra kraftverket i Mandalselva i hvert av årene 2005 og 2006. Dersom dette gir god nok informasjon om rene stammeforskjeller, er det mulig at man bør dele i to utsettingssteder (ovenfor og nedenfor minstevannføringsstrekningen) i 2007. Smolten må være behandlet likt, for eksempel være oppforet i det samme miljø, av samme størrelse og bli satt ut samtidig. Smolten merkes individuelt et par uker før utsetting. Merketype velges avhengig av hva man ønsker å undersøke, og hva slags gjenfangststrategi man ønsker å benytte. Antagelig bør man benytte merker som også gir informasjon fra sjøfisket (Carlin-merker), da dette kan påvirke de to stammene ulikt, og samtidig gi informasjon om atferd i sjøen.

Forsøket bør foregå i minst to, helst tre år for å fange opp eventuelle variasjoner. En simulering av gjenfangst/overlevelse viser at et utsettingsantall på 4.500 smolt i hver gruppe vil være nok til å oppdage "viktige forskjeller" mellom de to stammene (jf **kap. 7.2**). Når forsøket gjentas i minst 2 år bør en kunne være enda sikrere på at viktige forskjeller i overlevelse blir oppdaget.

7.1.6.5 Smoltfysiologi og utvandringsatferd

De to ovennevnte prosjektene (villsmolt og merket smolt) kan kombineres med fysiologiske undersøkelser av smolten og vannkvaliteten smolten eksponeres til. Det er dessuten mulig å koble på studier av atferd av smolt etter utsetting, for eksempel vandringsvillighet og hastighet.

7.1.6.6 Oppvandring av voksen laks

Studier av oppvandring er avhengig av et tilstrekkelig antall returnerende, individmerkete fisk. Problemstillinger her er bl.a. oppvandringstidspunkt og hvor i elva de søker til. I praksis vil dette være fangsttid og –sted for de individmerkete fiskene, siden vi neppe kan forvente flere enn 50 gjenfangster i elva fra 5000 smolt. Noen typr. problemstillinger, f. eks. oppvandringsatferd i elv i forhold til regulering, bør derfor gjøres på annen oppvandrende fisk enn de som er merket som smolt.

7.1.7 Bruk av fisk i de ulike årene

Årsklasse 2004 og 2005. Alle settes på rask utvikling. Fisken fordeles på én-somrig settefisk (>30.000 individ) og framtidig smolt (>5.000 individ).

Årsklasse 2006 og 2007. Kun det antallet som settes av til smolt, settes på rask utvikling (>5.000 individ). Resten settes på sen utvikling (>40.000 individ) og brukes til rogn/yngel-studier.

7.1.7.1 Noen mulige begrensninger

- Det er et ønske at flest mulig svar blir klare i løpet av 2006 (Reetableringsprosjektet II)

- Rognmengde og utsettingsantall/-stadium må være tilpasset driften på Finså
- (Rognmengde fra Ims er neppe noe problem i kommende år, men utviklingstid/temperatur må tilpasses type ekspr.iment)
- Mandalslaks ligger som grupper på Finså, mens Bjerkreimslaks kommer i én gruppe fra Ims
- Studier som gjør bruk av fangst/gjenfangst av smolt i feller, må tilpasses hverandre
- "Styring" av bestandsutviklingen (med planting av øyerogn fra Bjerkreimslaks) kan neppe skje på annet enn en begrenset del av vassdraget, og må uansett tilpasses forsøksvirksomheten
- Utsettingene trenger veterinærmessig godkjennelse
- Utsettingene trenger lokal aksept

7.2 Simuleringer av gjenfangster av laks satt ut i Mandalselva

Peder Fiske
Norsk institutt for naturforskning-Trondheim

7.2.1 Innledning

Det er tatt utgangspunkt i at to grupper fisk blir satt ut og at man ønsker å teste om overlevelsen til de to gruppene er forskjellig. Som et mål på overlevelsen bruker man antall fisk som blir rapportert gjenfanget, og gruppene blir hvert år sammenlignet ved hjelp av en kji-kvadrat test. Siden overlevelsen kan variere mellom år, har vi tatt utgangspunkt i at gjenfangstdataene blir testet for hvert enkelt år, og vi har i simuleringene ikke gjort noe forsøk på slå sammen data fra ulike år.

7.2.1.1 Antagelser i simuleringene

1. Siden fangstene i Mandalselva har vært dominert av smålaks har vi valgt å se på antallet som totalt kommer tilbake fra hvert smoltutsett og antatt en gjennomsnittlig overlevelse til tilbakevandring beregnet over alle sjøaldersklasser.
2. Ingen forskjell i andelen som kjønnsmodner ved ulike sjøaldre mellom grupper, slik at all forskjell i antall fisk som kommer tilbake skyldes forskjeller i overlevelse.
3. Smolten kan deles inn i 2 like store grupper som settes ut på samme tid under samme forhold. Forskjell i tilbakevandring mellom gruppene skyldes bare eventuelle forskjeller i overlevelse mellom gruppene.
4. Ingen forskjell i feilvandring mellom gruppene, og de som feilvandrer har samme sannsynlighet til å bli fanget og rapportert som fisk som kommer tilbake til Mandalselva.
5. Ingen fisk tapr. merkene.
6. Dersom en fisk overlever har den 50% sannsynlighet for å bli fanget.
7. Dersom en fisk blir fanget har merket 80% sannsynlighet til å bli oppdaget og sendt inn.
6. Forskjellene mellom gruppene testes med Kji-kvadrat test (logistisk regresjon ville vært mer realistisk, men dette medfører betydelig ekstra programmeringsinnsats).
7. Null hypotesen om ingen forskjell i overlevelse mellom gruppene forkastes dersom $p<0.05$ (dvs. $p = 0.05$).

7.2.1.2 Logikken bak simuleringene

1. Man bestemmer på forhånd hvilken overlevelse de to gruppene skal ha (f. eks. 2% og 1%).
2. Man bestemmer så hvor mange smolt som skal inngå (i disse simuleringene har vi benyttet to ulike oppsett: 4.500 individ i hver gruppe og 2.000 individ i hver gruppe).
3. For hver smolt i hver gruppe bestemmes om den overlever eller ikke med sannsynlighetene som ble angitt under punkt 1.
4. Dersom en fisk overlever blir den fanget med sannsynlighet 50 %.
5. Dersom en fisk blir fanget blir den rapportert med sannsynlighet 80 %.
6. Antallet fisk som blir rapportert fra hver gruppe telles opp.
7. De to gruppene testes med Kji-kvadrat test.
8. Steg 3 til 7 repeteres 1.000 ganger.
9. Antall signifikante ($p<0,05$) tester telles opp etter ett, to og tre år. Teststyrken beregnes som antall signifikante tester delt på 1.000.
10. Steg 1 til 9 repeteres med andre verdier for overlevelse, og andre utvalgstrørrelser.

7.2.2 Resultater av simuleringene

Rapporterte gjenfangster av smoltuttsett fra Mandalselva har variert mellom 0 og 3,3%. Dersom alle utsettingsforsøkene som har gitt gjenfangster legges til grunn, 50 % av fisken

som kommer tilbake blir fanget og 80% av de fangede fiskene blir rapportert vil gjennomsnittlig overlevelse i disse årene blir ca 4.6%. I de første simuleringene har vi derfor tatt utgangspunkt i at 5 % av den utsatte fisken overlever i gruppa med lavest overlevelse og variert overlevelse i gruppa med høyest overlevelse. For å se om forsøket også er egnet til å oppdage forskjeller i overlevelse dersom overlevelsen er lavere har vi også gjort de samme simuleringene med en overlevelse i gruppa som overlever dårligst på 1%. Til slutt har vi gjort simuleringer med 2.000 fisk i hver gruppe og 1% overlevelse på gruppa som overlever dårligst. Dette er gjort for å se i hvor stor grad forsøket kan besvare om de to gruppene overlever ulikt dersom antallet utsattfisk skulle blir redusert.

I **figur 7.2** er teststyrken (hvor stor andel av testene som blir "signifikante") angitt som funksjon av (overlevelse i beste gruppe)/(overlevelse i dårligste gruppe). Hvis den beste gruppa overlever dobbelt så godt som den dårligste vil dette forholdstallet bli 2, noe som for eksempel kan oppnås dersom overlevelsen i den beste gruppa er 2 % og i den dårligste gruppa er 1 %.

Planlagt oppsett med 4.500 individ i hver gruppe og 5% overlevelse i gruppa som har lavest overlevelse (et optimistisk anslag av sjøoverlevelse).
Åtte av ti tester vil oppdage en ratio på ca 1,45 i overlevelse mellom gruppene (**figur 7.2**). Dette tilsvarer at gruppa som har høyest overlevelse har 7,3% overlevelse, mens gruppa som har lavest overlevelse har 5% overlevelse.

Planlagt oppsett med 4.500 individ i hver gruppe og 1% overlevelse i gruppa som har lavest overlevelse (et pessimistisk anslag av sjøoverlevelse).

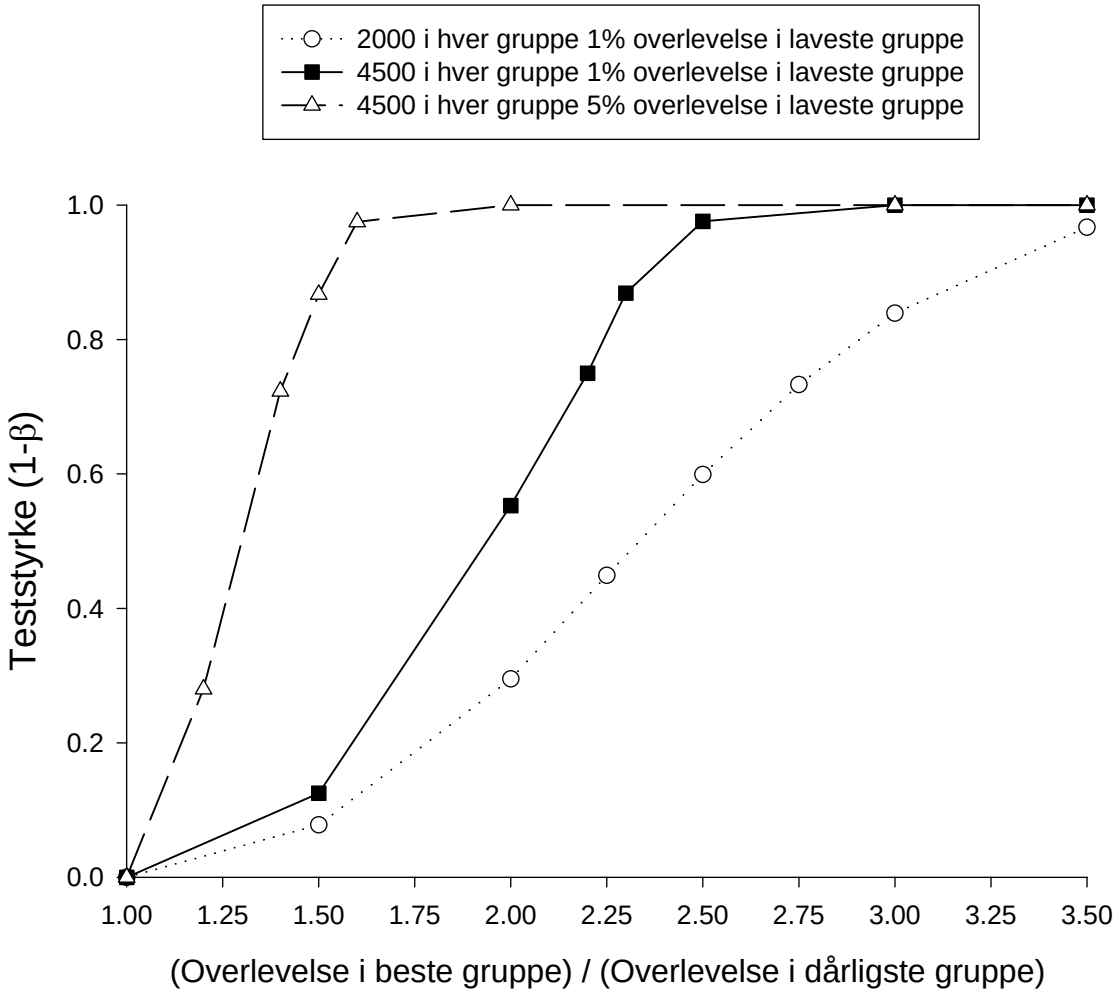
Åtte av ti tester vil oppdage en ratio på 2,3 i overlevelse mellom gruppene (**figur 7.2**). Dette tilsvarer at gruppa som har høyest overlevelse har 2,3% overlevelse, mens gruppa som har lavest overlevelse har 1% overlevelse. Eller sagt på en annen måte: overlevelsen må være over dobbelt så god i den beste gruppa sammenlignet med den dårligste for at forskjellen skal bli oppdaget i med mer enn 80% sannsynlighet.

Planlagt oppsett med 2.000 i hver gruppe og 1% overlevelse i gruppa som har lavest overlevelse (et pessimistisk anslag både av antall fisk og av sjøoverlevelse).

Åtte av ti tester vil oppdage en ratio på 3 i overlevelse mellom gruppene (**figur 7.2**). Dette tilsvarer at gruppa som har høyest overlevelse har 3% overlevelse, mens gruppa som har lavest overlevelse har 1% overlevelse. Eller sagt på en annen måte: overlevelsen må være om lag tre ganger så god i den beste gruppa sammenlignet med den dårligste for at forskjellen skal bli oppdaget i med mer enn 80% sannsynlighet.

7.2.3 Konklusjon

Dersom forholdene for overlevelse i sjøen i årene forsøket blir gjennomført blir på samme nivå som i årene etter 1999 vil det planlagte forsøksoppsettet med stor sannsynlighet kunne oppdage dersom den ene gruppa overlever 1,5 ganger så godt som den andre. Skulle imidlertid forholdene for overlevelse i sjøen bli på linje med årene midt på 1990-tallet, vil den ene gruppa måtte overleve over dobbelt så godt som den andre for at forsøksoppsettet skal kunne oppdage forskjellene i overlevelse med stor sannsynlighet. Dersom antallet utsatte fisk blir lavere enn planlagt, dvs 4.500 individ av hver gruppe, må forskjellene i overlevelse mellom gruppene være større for at de skal kunne påvises.



Figur 7.2. *Teststyrke som funksjon av hvor mange ganger bedre overlevelse gruppa med best overlevelse har i forhold til den dårligste gruppa. Overlevelsen til den dårligste gruppa er satt konstant til henholdsvis 5 % og 1 % i de ulike simuleringene.*

Utredninger oversikt

2002

2002-1:	Finprikkauren på Hardangervidda	50,-
2002-2:	Forvaltning av fiske i innsjøer med fritt midtparti	50,-
2002-3:	Utvikling og utsetting av elvetrål, River-Fish-Lift, (RFL).	50,-
2002-4:	Effekter av kalking på fjellvann	50,-
2002-5:	Bekkekalking med skjellsand og kalkgrus	50,-
2002-6:	Produksjon av abbor og mort i næringsfattige moderat forsura skogsvatn, med mulig effekt av kalking	50,-
2002-7:	FORSKREF – Forskning- og referansevassdrag. Årsrapporter Atna og Vikedal 1997 -1999.	50,-
2002-8:	Bestandsstatus for laks i Norge 2001. Rapport fra arbeidsgruppe	50,-

2003

2003-1:	Contamination of the terrestrial environment near the Norwegian - Russian border: Arsenic, chromium, cobalt, and selenium in vegetation.	50,-
2003-2:	Bestandsstatus for laks i Norge 2002. Rapport fra arbeidsgruppe	50,-
2003-3:	Mulige skadevirkninger av vassdragskalking på biologisk mangfold	50,-
2003-4:	Friluftsliv for funksjonshemmede. Anbefalinger om tiltak for å bedre funksjonshemmedes muligheter til friluftsliv	50,-
2003-5:	Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver - reetableringsprosjektet 1997-2002	50,-

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,-

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 og friluftsliv og bruk av naturressurser i Norge. DN ble opprettet i 1985 og 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.

Trykt versjon: ISBN 82-7072-607-9 Elektronisk versjon: ISBN 82-7072-608-7 ISSN 0804-1504 TE 1128 **NOK 50,-**
Omslag: Guri Jermstad Print: Skipnes

Direktoratet for
naturforvaltning

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