



Utredning 2003 - 5

Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver

- Reetableringsprosjektet 1997-2002



Miljøsamarbeid



Naturområde
og arealbruk



Dyr og planter



Friluftsliv

Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver - Reetableringsprosjektet 1997-2002

Utredning 2003-5

Utgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Dato:

November 2003

Antall sider:

112

Emneord:

Vassdragskalking

Forsuring

Laks

Fiskegenetikk

Regulering

Keywords:

Atlantic salmon

Genetics

Acidification

Liming

Flows

Bestilling:

Direktoratet for naturforvaltning

7485 Trondheim

Telefon 73 58 05 00

Telefaks: 73 58 05 01

www.dirnat.no/publikasjoner

TE 1081

Refereres som:

Ørnulf Haraldstad og Trygve

Hesthagen, redaktører, 2003:

Laksen er tilbake i kalkede

Sørlandselver

- Reetableringsprosjektet 1997-2002.

Foto forside: Ørnulf Haraldstad

Bilde av Haugefossen i Mandalselva.

Ekstrakt:

Opprinnelig var det 7 større lakseførende vassdrag i agderfylkene.

Fram til rundt 1960/70 førte forsuringen til at laksestammene i alle disse vassdragene ble utrydda. I 1996 og 1997 kom det igang kalking i henholdsvis Tovdalsvassdraget og Mandalsvassdraget, med målsetting å skape god nok vannkvalitet til å kunne reetablere sjølreproduserende laksebestander.

Reetableringsprosjektet ble oppretta i 1996 for å følge opp reetableringen av laks i de to vassdragene, som skulle sikre en veterinærmessig forsvarlig kultivering og initiere ulike økologiske prosjekter gjennom vitenskapelige undersøkelser. Denne rapporten presenterer resultatene fra undersøkelsene i regi av Reetableringsprosjektet fram til 2002.

Det er nå reetablert sjølreproduserende laksestammer i både Mandalselva og Tovdalsvassdraget. I Mandalsvassdraget er rekorden for oppfisket kvantum voksen laks hele 10,4 tonn, mens fangstene i Tovdalselva fortsatt bare er noen hundre kilo. Undersøkelser i flere sørlandselver, blant andre verdiskapningsprosjektet i Mandalselva, tyder på at få andre tiltak innen naturforvaltningen kan vise til tilsvarende samfunnsøkonomisk lønnsomhet og verdiskapning som kalking av lakseelver.

Abstract:

Originally, the Agder counties in southern Norway had seven large salmon rivers. During the first 60/70 years of the 19th century, acidification caused extinction of the salmon in all these 7 rivers. In 1996 and 1997 liming programmes were initiated in two of the rivers; Tovdalselva and Mandalselva, respectively, to improve water quality to a level which made possible reestablishment of self-reproducing Atlantic salmon stocks. A project was initiated to take care of the veterinary requirements in fish stockings, and follow up the process of reestablishment of salmon by different scientific investigations. This report gives the results from the research project from 1997 to 2002.

Atlantic salmon are now documented in both Mandalselva and Tovdalselva. On the basis of the official rod catch statistics, the yield of adult salmon reached 10.4 tonnes in Mandalselva in 2001. However, the corresponding catches in Tovdalselva have so far been less than 0.4 ton per year. Liming of salmon rivers seems to be one of the most important measures in natural conservation, as regards to the socio-economic effect.

FORORD

Agderfylkene hadde opprinnelig sju større lakseførende vassdrag. I løpet av første halvdel av 1900-tallet førte sur nedbør til at laksebestandene i alle disse vassdragene ble utryddet. De siste individene fra de opprinnelige laksestammene på Sørlandet regner en med forsvant sist i 1960-årene. Sur nedbør har utryddet laksestammene i totalt 18 vassdrag i Sør-Norge og 12 stammer regnes som utryddingstruet på grunn av forsuring. I 1996 og 1997 kom det igang kalking i henholdsvis Tovdalsvassdraget og Mandalsvassdraget. Dette var to betydelige laksevassdrag før sur nedbør ble et problem. Målsettingen med kalkingsprosjektene var å skape god nok vannkvalitet til å kunne reetablere sjølreproduserende bestander av laks. DN opprettet i 1997 ”Reetableringsprosjektet” i samarbeid med Fylkesmennene i Aust-Agder og Vest-Agder, med økonomisk støtte fra Agder Energi. Prosjektets formål er å gjennomføre en genetisk og veterinærmessig forsvarlig kultivering av laksen i vassdragene og sikre en vitenskapelig basert kunnskapsoppfølging av reetableringene gjennom FoU-aktivitet. I denne rapporten oppsummeres resultater fra Reetableringsprosjektet fram til 2002.

Trondheim, november 2003
Yngve Svarte
Direktør Artsavdelingen

INNHold

LAKSEN ER TILBAKE I KALKEDE SØRLANDELSER- EN SYNTSE AV REETABLERINGSPROSJEKTET 1997-2002	6
1 INNLEDNING	16
2 OMRÅDEBESKIVELSE	18
2.1 Mandalsvassdraget	18
2.2 Tovdalsvassdraget	20
3 HISTORIKK OG UTVIKLING I LAKSEBESTANDENE FØR KALKING	24
3.1 Laksebestanden i Mandalselva - utvikling og historikk før kalking	24
3.2 Laksebestanden i Tovdalselva – utvikling og historikk før kalking	27
4 VANNKVALITET	31
4.1 Vannkjemi i Tovdals- og Mandalsvassdraget	31
4.2 Optimalisering av kalkingsstrategi	34
4.3 Faktorer som påvirker vannkvaliteten i Tovdalselva og Mandalselva	37
5 STRATEGI FOR REETABLERING AV LAKS	40
5.1 Genetiske studier av reetablering av laks i Mandalselva og Tovdalselva	40
5.2 Om stamfisk, settefiskanlegg og produksjon av utsettingsfisk	43
5.3 Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget - resultater fra prosjektet i 2000 og 2001	46
5.4 Veterinærfaglig del i reetableringsprosjektet i Tovdalsvassdraget og Mandalsvassdraget	51
6 UTVIKLINGEN I BESTANDENE AV UNGFISK OG VOKSEN FISK AV LAKS OG AURE ETTER KALKING	53
6.1 Utviklingen i tetthet av laks- og aureunger i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking	53
6.2 Utsetting av énsomrige laksunger i Mandalselva og Tovdalselva: overlevelse, vekst og spredning	58
6.3 Hvorfor gikk reetablering av laks raskere i Mandalselva enn i Tovdalselva?	63
6.4 Undersøkelser av smoltøkologi i Mandalselva	67
6.5 Hva slags opphav har laksen som går opp i Mandalselva og Tovdalselva?	72

7 FYSIOLOGISKE EFFEKTER HOS LAKSESMOLT	78
7.1 Smoltkvalitet i Mandalsvassdraget	78
7.2 Fysiologiske responser hos laks relatert til avgiftingsrater til aluminium i kalket surt humøst vann	83
7.3. Helsestatus til smolt produsert ved Finså og Audna klekkeri i perioden 1998 til 2001.....	87
8 HVORDAN HAR KRAFTUTBYGGINGEN PÅVIRKET LAKSEBESTANDEN	
I MANDALSELVA?	91
8.1 Oppvandring hos radiomerket laks forbi minstevannføringsstrekningen ovenfor Laudal kraftstasjon	91
8.2 Telling av laks i Mandalselva med Logie fisketeller med undervanns videoovervåking som kontroll.....	94
8.3 Mandalselva – effekter av Laudal kraftverk på overlevelse av utsatt smolt.....	97
8.4 Gyteområder for laks og aure i Mandalselva og vurderinger i forhold til tørrelegging og innfrysing av krypsiv.....	100
9 LOKAL ORGANISERING AV FISKET	104
9.1 Lokal organisering, flerbruksplan, driftsplan og fiskekortsalg i Mandalselva	104
9.2 Organisering av laksefisket i Tovdalselva	107
9.3 Verdiskaping av laksefiske.....	107

LAKSEN ER TILBAKE I KALKEDE SØRLANDELSER- EN SYNTSE AV REETABLERINGSPROSJEKTET 1997-2002

Ørnulf Haraldstad¹ og Trygve Hesthagen²

¹Fylkesmannen i Vest-Agder, ²NINA-Trondheim

I. Innledning

Det er nesten ikke til å tro: laksen er på full fart tilbake i mange kalkede Sørlandselver! For få år siden, omkring 1980, var det bare de mest optimistiske som trodde at dette var mulig. Situasjonen var nemlig svært dystert etter mange 10-år med sur nedbør. Kvaliteten på elvevannet var uakseptabel for laksen og de aller fleste laksestammene var gått tapt.

Før forsuringen rammet Sørlandet fantes det mye laks i flere sørlandselver. Eksempler på kjente stammer er Mandalslaksen, Otrallaksen, Tovdalslaksen og Kvinalaksen. Disse gamle stammene var tilpasset sine respektive elver ved naturlig utvalg gjennom århundrer. Otrallaksen var en typisk storlaksestamme, i Kvina dominerte mellomlaks, mens det i de andre stammene var mest smålaks (svele). Felles for alle elvene var laks av utmerket kvalitet!

Ved etablering av nye laksestammer på Sørlandet er det mange spørsmål som dukker opp:

- Hvordan var de gamle laksebestandene og kan vi få dem tilbake?
- Hvordan oppnå optimal vannkvalitet for laksen ved kalking?
- Hvilke laksestammer og hvilke stadier av utsetningsfisk bør velges til utsettinger?
- Hvordan blir den genetiske sammensetningen i de nye laksestammene i forhold til de gamle stammene?
- Hvordan er utviklingen i de nye bestandene?
- Hvilke problemer skaper vannkraftutbyggingen for laksen?
- Det offentlige betaler i hovedsak arbeidet med å få tilbake laksen. Klarer rettighetseierne å tilby et attraktivt laksefiske til allmennheten?
- Hvilke verdier skapes gjennom et nytt laksefiske på Sørlandet?



Lykkelig fisker med ny Mandalslaks!

Foto: Erik Walmann.

For å svare på disse spørsmålene ble det opprettet et prosjekt, "Reetablering av laks på Sørlandet". Prosjektet har valgt å studere etableringene av nye laksebestander i Mandalselva og Tovdalselva. Hovedmålet for prosjektet er å etablere livskraftige laksestammer i de to elvene.

II. Prosjektorganisering

Reetableringsprosjektet ledes av Direktoratet for naturforvaltning i samarbeid med fylkesmennene i Vest-Agder og Aust-Agder. Flerbruksplan for Mandalsvassdraget og forskningsinstitusjonene NINA og NIVA er også representert i styret. Prosjektet er finansiert av Direktoratet for naturforvaltning, med betydelige bidrag fra Flerbruksplan Mandalsvassdraget/Agder Energi. Reetableringsprosjektet er organisert i en kultiveringsdel og en forskningsdel. Kultiveringsgruppen ledes av Fylkesmannen i Vest-Agder, med deltakere fra berørte kommuner og lokale lag og foreninger. Forskningsgruppen ledes av NINA, med deltakelse fra fylkesmennene og forskningsinstitusjoner som er engasjert i oppdrag for Reetableringsprosjektet.

III. Mandalselva og Mandalslaksen

Mandalselva

Mandalsvassdraget ligger i Vest- og Aust-Agder fylke. Nedbørfeltet er omlag 1800 km² og gjennomsnittlig vann-

føring ved utløpet er 89 m³/s. Laks og sjøaure kan vandre fra elvemunningen ved Mandal by til Kavfossen i Bjelland, en strekning på 48 km.

Nedbøren i området har i flere 10-år vært svært sur. Berggrunnen tilhører det norske grunnfjellsområdet og har liten evne til å nøytralisere den sure nedbøren. Dette medførte at elva lenge var kronisk sur, med pH-verdier omkring 4,7-4,9. Vi regner i dag med at forsuren utryddet den stedegne laksestammen rundt 1970. Flere av sidevassdragene hadde en noe bedre vannkvalitet, og det reddet den opprinnelige sjøaurebestanden fra å lide samme skjebne som laksen.

Kalking

For å avsyre det sure elvevannet har kalking pågått siden tidlig på 1980-tallet. Kalkingen startet i sideelver lakseførende del. Den første kalkdosereren ble montert ved Logåna i 1982, og utover på 1980- og 1990-tallet ble også en del innsjøer kalket. På midten av 1990-tallet ble det satt opp til sammen fire kalkdoseringsanlegg i sideelvene Høyåna, Hesså og Kosåna. Våren 1997 ble kalking av hovedvassdraget iverksatt ved hjelp av kalkingsanlegg på Smeland, Håverstad og Bjelland. Dette er store anlegg med lagerkapasitet på ca 100 tonn kalk hver. Det vannkjemiske målet for kalkingsvirksomheten i vassdraget er satt til pH 6,0 fra 1. juni til 28. februar og til pH 6,2 fra 1. mars til 31. mai.

Mandalslaksen

Mandalselva har fra gammelt av vært kjent for sitt rike laksefiske. Audnedalspresten Peder Claussøn Friis beskrev lakserikdommen i Mandalselva allerede omkring år 1600: *"Denne å er også den fiskrigeste å på laks, som udi dette ganske rige er, hvilken laks også holdes og aktes for den beste laks og nydeligste som nogen steds her i landet fanges."* Laksen fra Mandalselva representerte gjennom lang tid store økonomiske verdier for både lokale



Mandalselva mellom Øyslebø og Holum.

bønder og handelsmenn. Dette symboliseres ved at Mandal har laksen i sitt byvåpen.

Årsfangstene av laks i Mandalselva må ha vært svært høye i tidligere tider. På midten av 1500-tallet ble det ifølge Peder Claussøn Friis eksportert "Hundrede Læster lax" fra Mandal til Lübeck i Tyskland. Dette tilsvarer et kvantum på rundt 140 tonn. I tillegg kom laksen som de lokale oppsitterne fanget til egen bruk. Det samlede årlige oppfiskede kvantum laks ble anslått til rundt 250 tonn på den tiden!



Engelske sportsfiskere sammen med lokale mandøler. Laks av gammel mandalsstamme henger på husveggen.

Offisiell statistikk for laksefangstene i norske elver fikk vi i 1876. I sju av årene mellom 1880-1900 var elva nummer 1 i laksestatistikken, dvs. den elva i landet med høyest innrapportert laksefangst. Rekordåret var 1884, med en rapportert fangst på nær 35 tonn. Fram til århundreskiftet skjedde det en viss nedgang i laksefangstene, og i perioden 1900-1909 ble de kraftig redusert. Sannsynligvis gjenspeiler denne fangstreduksjonen en dramatisk nedgang i laksebestanden i Mandalselva. Fangstene fortsatte å avta etter 1910, og i perioden 1940-1949 var gjennomsnittlig årlig utbytte redusert til mindre enn ett tonn. Bunnen ble nådd i 1972, med seks kilo innrapportert laks og sjøaure. Den gamle, stedegne Mandalslaksen var derfor etter vår vurdering praktisk talt utdødd rundt 1970.

Tiden fra 1870-åra til 1914 var gullalderen for utleie av laksefiske til engelske sportsfiskere. Fiskerettseierne fikk betydelig bedre økonomisk utbytte ved utleie enn ved å drive eget fiske. Engelske rikfolk var villige til å betale godt for å kunne utøve den edle fluefiskekunsten i Mandalselva. I tillegg til leieinntektene fra laksefisket hadde også lokale roere, kleppere, tjenestejenter og hestepassere inntekter fra engelskmennene.

IV. Tovdalselva og Tovdalslaksen

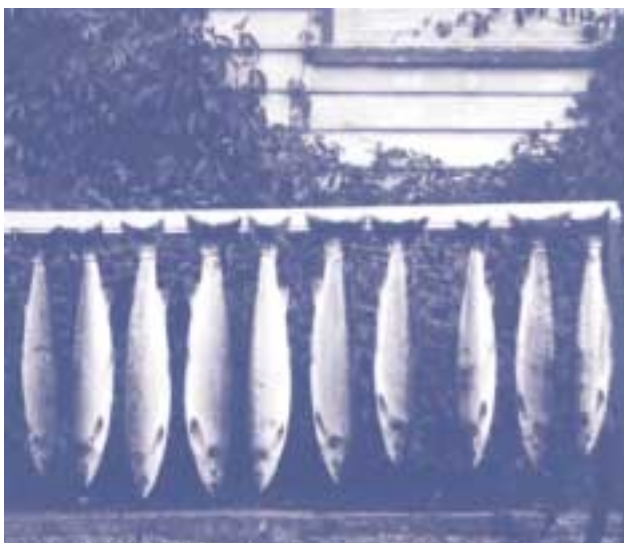
Tovdalselva

Tovdalsvassdraget ligger sentralt i det sørnorske forsøringsområdet, med et nedbørfelt på om lag 1800 km². Gjennomsnittlig vannføring ved utløpet er 65 m³/s. Laksen kan vandre helt opp til Herefossfjorden, en strekning på om lag 45 km. Tidligere gikk den noe høyere, til Storefoss ovenfor Gauslåfjorden.

Den øverste delen av vassdraget består av to greiner som løper sammen i Herefossfjorden. Den østlige, Tovdalsgreina, er smal og langstrakt og har sitt utspring i grensestraktene mellom Valle og Fyresdal. Det er mange relativt store innsjøer i de øvre delene, med Straumsfjorden som den største. Den vestlige greina, Uldalsgreina, har tre kildeområder: Skjeggedalsåna, Vatnedalsåna og Hovlandsåna. Et tredje, noe mindre sidevassdrag, med innsjøen Ogge i sentrum har to utløp. Det største er Rettåna, som går nordover til Uldalsgreina, mens Dikeelva renner ut i Flakksvann langt nede i vassdraget.

Kalking

Tovdalselva har vært et pionervassdrag i kampen mot forsureningen. Allerede i 1970 startet kalking i et område oppe i Uldalsgreina, og Hovvatn har vært sentral i forsørings- og kalkingsforskningen nesten like lenge. I anadrom sone ble det startet kalking av sidebekker i 1986, og etter hvert er mange innsjøer blitt kalket. I 1996 og 1997 ble det satt opp seks store kalkdoserere i vassdraget, en i Tovdalsgreina, tre i Uldalsgreina og en i hovedelva nedstrøms Herefossfjorden. I tillegg er det et lite doseringsanlegg i ei sidegrein av Rettåna. Totalt går det med 5.000-6.000 tonn kalksteinsmel i vassdraget hvert år. Det vannkjemiske



En dagsfangst ved Boen i Tovdalselva rundt 1950. Laksene veier ca. 3 kg.

målet for kalkingsvirksomheten i vassdraget er satt til pH 6,0 fra 1. juni til 14. februar og til pH 6,2 fra 15. februar til 31. mai.

Tovdalslaksen

Tovdalselva var lenge ei av de beste lakseelvene i landet. De ti første rapporteringsårene var gjennomsnittlig årsfangst 9.560 kg laks. Størst fangst ble registrert i 1883, med 17.422 kg. I årene 1880-1883 var Tovdalselva nummer tre blant landets lakseelver, både med hensyn til vekt og verdi. Når man legger til laks som ikke ble rapportert, og ikke minst de betydelige mengder som ble fanget i sjøen, har Tovdalselva utvilsomt produsert betydelige mengder laks i siste del av 1800-tallet.

Ettersom det er svært begrensede gyte- og oppvekstområder i elva nedenfor Boenfossen, er det åpenbart at mye laks må ha tatt seg opp forbi fossen og utnyttet de 40 km med tilgjengelig elvestrekning på oversiden. Men det ble fanget lite laks ovenfor Boenfossen. I tidsrommet 1884-1886 utgjorde fangstene på denne strekningen bare om lag 5 % av totalfangsten for hele elva.

Som i andre lakseelver på Sørlandet begynte sur nedbør å gjøre seg gjeldende ved inngangen til 1900-tallet, og fangstene avtok. I tiåret fra 1916 var fangstene i snitt 4.088 kg årlig, og i tiåret fra 1956 bare 317 kg. Så seint som i 1924 drog to mann 1.352 laks og sveler i Boenfossen i løpet av to måneder. På 1960-tallet ble det fortsatt fisket noen laks, men omkring 1970 var laksebestanden i Tovdalselva tapt. Laksen i Tovdalselva har måttet tåle mye gjennom de siste



Boenfossen i oktober 2003, sett fra østsida av elva. Laksetrappa ligger i skygge, men kan ses til høyre. Foto: Dag Matzow.

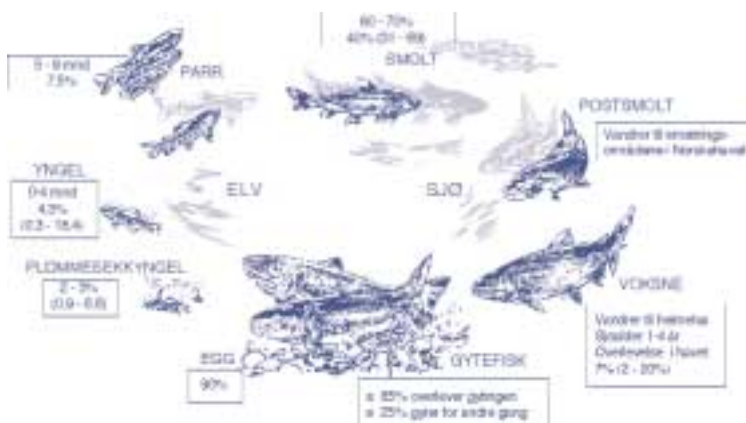
hundre år. Med den kultiveringsinnsats som nå blir nedlagt i elva, med kalking og utklekking av lakserogn, er håpet nå at vi skal få en bærekraftig laksestamme.

V. Kalking av ellevannet – hvilke utfordringer står vi overfor?

Før kalking var altså vannkvaliteten i Mandals og Tovdalsvassdraget svært dårlig. I begge vassdrag har kalkingen bidratt til en total endring i deler av vannkjemien, og pH har som oftest vært høyere enn 6,0 på lakseførende strekning i tiden etter fullkalking av elvene i 1996-1997. Kontinuerlig måling av pH viser imidlertid at kraftig nedbør, med stor tilførsel av surt vann fra sidebekker til lakseførende strekning, har skapt problemer også etter kalking. Dette gjelder særlig i tidlige flomfaser og når det er frost i bakken.

Ulike krav til vannkvalitet gjennom året

Reetablering av laks i forsurede vassdrag forutsetter at det gjennomføres kalkingstiltak som gir tilstrekkelig vannkvalitet for laksen gjennom hele året. Laksens ulike livsstadier har forskjellige krav til vannkvalitet (**figur 1.1**). Laksesmolten, som vandrer ut i havet i april-juni, er mest forsurningsfølsom. Mens smolten er i elva, må vannkvaliteten være optimal. Kalkingen bør optimaliseres med hensyn på det som til enhver tid er tilstrekkelig vannkvalitet. En slik optimalisering medfører også at det ikke brukes mer kalk enn nødvendig.



Figur 1.1. Laksens livssyklus

Vassdragsspesifikke mål for vannkvalitet (pH-mål)

Det er uorganiske aluminiumsformer som gir den primære giftvirkningen hos fisk i surt vann. Mengden giftig aluminium er pH-avhengig og pH-målet må derfor knyttes så nært opp til variasjonen i aluminiums-konsentrasjon og

fordelingen av ulike aluminiumsforbindelser som mulig. Mange faktorer påvirker imidlertid aluminiumskjemien i ellevannet, for eksempel innholdet av organisk stoff. Resultater fra undersøkelser i Tovdals- og Mandalselva viste at grunnlaget for å sette differensierte vannkvalitetsmål er styrket, dvs. at vannkvalitetsmålene skal være vassdragsspesifikke. Vassdrag med relativt høy konsentrasjon av organisk stoff (sørlandselver) kan for eksempel ha lavere pH-mål enn klarvannsvassdrag (vestlandselver). En av grunnene til det er at organisk stoff delvis vil avgifte ulike former for aluminiumsforbindelser i ellevannet.

Hvordan bør kalkingsanleggene styres?

Å komme fram til en økologisk og økonomisk optimal vassdragskalking har vært viktig i Reetableringsprosjektet. Tradisjonelt styres kalkdoseringsanleggene i elvene etter vannføring og ut fra en bestemt vannkvalitet i ukalket ellevann. Etter hvert styres flere anlegg etter pH-målinger oppstrøms og nedstrøms doseringsstedet. Nå viser det seg at selv ikke pH-styring gir optimale resultater i alle elver.

En av utfordringene i reetableringsprosjektet var å legge grunnlaget for å etablere en mer stabil vannkvalitet på lakseførende strekning i Tovdalselva. Kalkdosering fra anlegget i utløpet av Herefossfjorden skulle, sammen med kalking høyere oppe i vassdraget, gi god vannkvalitet på lakseførende strekning. Kontinuerlig måling av pH har imidlertid avdekket at dette ikke har vært tilstrekkelig til å sikre god vannkvalitet. Prosjektet kom fram til at kalkdoseringen også må styres etter vannføringen i et sidefelt til Tovdalsvassdraget, og etter 2-3 døgns prognoser for vannføringsøkning i elva. Med andre ord: å oppnå riktig kalkdosering kan være komplisert!

VI. Fins det rester av de gamle laksestammene?

Fra Tovdalselva fins et gammelt materiale av skjell fra voksen laks som ble samlet inn i 1910, og et annet skjellmateriale av laks fra 1955-56. Fra disse gamle tørkede lakseskjellene har det vært mulig å utvinne arvestoff (DNA). Dette arvestoffet har blitt sammenlignet med arvestoffet i de første naturlig rekrutterte lakseungene i Tovdalselva i 1997, det første året etter at kalkingen startet.

Arvestoffet i skjellmaterialet fra 1910 og 1955-56 skilte seg lite fra hverandre. Dette tyder på at laksestammen var den samme på 1900-tallet, mens det fortsatt var en stedegen stamme i elva. Derimot var arvestoffet fra lakseungene fanget i 1997 betydelig forskjellig fra arvestoffet i skjellene både fra 1910 og 1955-56. Dette indikerer at det nå er etablert en ny laksestamme i Tovdalselva, som er

arvemessig forskjellig fra den gamle Tovdalslaksen. Vi har ikke tilsvarende arvemessige (genetiske) resultater fra laksen i Mandalselva. Vannkjemiske data samt elektrofiske i elva tyder imidlertid ikke på at laksen har overlevd forsuringen.

VII. Hvordan reetablere nye laksestammer?

Det kan tenkes flere måter for reetablering av laks i et vassdrag. En måte er naturlig rekolonisering av vill feilvandret laks fra andre elver, samt tilfeldig oppvandring av fisk fra utsetningsforsøk i andre vassdrag og rømt oppdrettslaks.

En annen måte er å kombinere naturlig rekolonisering med fiskeutsettinger. Fiskeutsettingene kan være basert på avkom av:

- Fisk som vandrer opp i vassdraget
- Fisk fra geografisk nærliggende laksestammer
- Fisk fra et bredt spekter av laksebestander

Basis for fiskeutsettingene er stamlaks: laks som strykes for rogn og melke i forbindelse med fiskekultivering. Laksen kan settes ut i ulike livsstadier, både som øyerogn, lakseunger og laksesmolt. Øyerogn er rogn der fiskefosteret er relativt langt utviklet. I denne fasen er rogn ganske robust og tåler flytting.

Reetableringsprosjektet har lagt særlig vekt på oppbygging av smittefrie laksebestander. Alle veterinærmessige forhåndsregler er derfor fulgt for å oppnå dette.

Valg av stamlaks

For å reetablere laksebestander i Tovdalselva og Mandalselva har vi valgt å bruke laks fra nærliggende laksestammer som utsetningsfisk, henholdsvis laks fra Storelva (Vegårvassdraget) i Aust-Agder og Bjerkreimselva i Rogaland. I Mandalselva har det også i en periode blitt satt ut fisk med basis i stamlaks som vandrer opp i elva.

Stamlaks fra Storelva representerer en naturlig laksestamme som overlevde forsuringen og som geografisk ligger nær Tovdalselva. Stamlaks fra Bjerkreimselva representerer en naturlig laksestamme som overlevde forsuringen og som geografisk ligger nær Mandalselva. Stamlaksen i Mandalselva representerer i dag en sammensatt stamme.

Hvordan utføres kultiveringsarbeidet?

For å sikre seg mot overføring av smitte mellom fisk i ulike vassdrag, er det i dag forbudt å overføre rogn og levende fisk mellom ulike fiskekultiveringssoner. Tovdals-

elva og Mandalselva med tilhørende nedbørfelt utgjør forskjellige kultiveringssoner. I spesielle tilfeller kan det gis unntak fra dette forbudet for overføring av desinfisert øyerogn. Men skal det settes ut lakseunger eller laksesmolt i en kultiveringssone, må fisken komme fra et egnet fiskekultiveringsanlegg i egen sone. Hvis det ikke fins et slikt anlegg i sonen, er det kun anledning til å sette ut desinfisert øyerogn av laks.

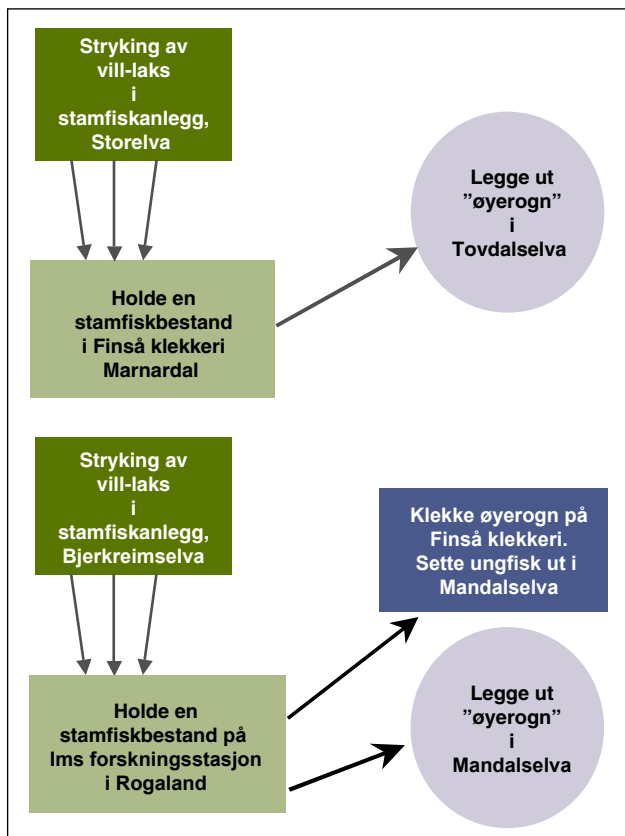


Stryking av laks på Finså klekkeri.

I Tovdalselva er det kun anledning til å sette ut desinfisert øyerogn (**figur 1.2**). Denne øyerogna kommer fra stamlaks fanget i Storelva. For å skaffe et tilstrekkelig antall øyerogn har det vært nødvendig å bygge opp en stamlaksbestand av Storelvalaks på Finså klekkeri i Mandalen. Fra Finså klekkeri overføres desinfisert øyerogn av Storelvalaks til utsetting i Tovdalselva.

Ved Finså klekkeri produseres det også øyerogn, lakseunger og laksesmolt for utsetting i Mandalselva. Lakseunger og laksesmolt produseres fra stamlaks innfanget i Mandalselva.

I forbindelse med utsettinger av Bjerkreimslaks i Mandalselva, har reetableringsprosjektet bygget opp en stamlaksbestand av denne stammen på Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims i Rogaland. Fra Ims overføres desinfisert øyerogn til Mandalselva, med første overføring i 2003.



Figur 1.2. Kultiveringsstrategien for de to elvene.

VIII. Utviklingen til de nye laksebestandene

Rognplanting i Tovdalselva

Rognplanting har en lang tradisjon som kultiveringsmetode for laksefisk. Hovedgrunnen til dette er at metoden er svært arbeidsbesparende i forhold til tradisjonell klekkeridrift med utsetting av yngel. To metoder er brukt:

- Rogn lagt ut i kasser med elvegrus. Kassene plasseres på elvebunnen
- Rogn som graves direkte ned i elvegrusen

Den befruktede lakserogna er lagt ut på elvestrekningen mellom Teinefossen og utløpet av Herefossfjorden. I årene 2000, 2001 og 2002 er det lagt ut henholdsvis 18.000, 240.000 og 249.000 befruktede rognkorn av Storelva-stammen.

Mer enn 80 % av rogn overlevde fram til lakseyngelen forlot grusen, enten den var lagt ut i kasser eller gravd direkte ned. Når rognplanting utføres i stor skala slik som i Tovdalselva, er det en klar fordel å benytte rognplanting i kasser framfor å grave rogn ned direkte i elvegrusen. Ved bruk av kasser kan en nemlig ta i bruk store områder der de naturlige bunnforholdene ikke består av gytelrus.

Det ble funnet signifikante forskjeller i rognoverlevelse mellom de ulike stasjonene for rognplanting og mellom kasser på den enkelte stasjon. Resultatene viser også signifikante forskjeller i overlevelse for rogn fra stamfisk med ulike stryke- og plantetidspunkt. Spredningen i stryketidspunkt medførte usynkron rognutvikling mellom gruppene. Tidspunkt for beregnet første næringsopptak varierte med hele 27 dager, fra 20. mai til 16. juni. Yngelen i de fleste grupper hadde et forsinket tidspunkt for første næringsopptak i forhold til et forventet gytetidspunkt for villfisk. Ingen av gruppene kom for tidlig opp av grusen i forhold til et temperaturkrav for næringsopptak og vekst på 8 grader i elvevannet.



Rognplanting i Tovdalselva.

Foto: Dag Matzow.

Utsetninger av lakseunger

For å påskynde reetableringsprosessen i Mandalselva og Tovdalselva, ble det satt ut énsomrig settefisk i de øvre delene av vassdragene. I Tovdalselva ble det kun satt ut fisk i 1997, mens det ble satt ut fisk hvert år i Mandalselva fra 1997. Det var også omfattende utsetninger før kalkingen i Mandalselva. Gjenfangster med elektrisk fiskeapparat på faste stasjoner ble gjennomført for å undersøke settefiskens overlevelse, vekst og spredning. I Tovdalselva hadde settefiskens "normal" overlevelse på 10-20 % fram til smoltstadiet, mens resultatene i Mandalselva indikerer en lavere overlevelse.

Settefisk i Tovdalselva vokste meget godt og de aller fleste smoltifiserte etter 2 år. Også i Mandalselva vandret de fleste settefiskene ut som 2-årig smolt.

Bestandsutvikling for laksunger

I Mandalselva har det vært en rask reetablering av laks, og allerede et par år etter kalking var det laksunger på de fleste stasjonene. Tettheten av laksunger har økt betydelig fra 1997 fram til 2002. I Tovdalselva har reetablering av laksunger gått saktere, og det ble bare fanget laksyngel på enkelte stasjoner i nedre del av vassdraget i de tre første årene etter kalking. I 2002 var det imidlertid en positiv utvikling både i utbredelse og tetthet av laksunger i Tovdalselva.

Laksesmolt i Mandalselva - økologi og kvalitet

Utvandrende smolt ble innfanget i smoltfeller utplassert ved Finså. Våren 2001 gikk smolten hovedsakelig ut i perioden 13. mai til 8. juni. Villsmolt vandret tidligere enn smolt fra fisk utsatt som énsomrige individ. Årsaken til dette kan være forskjeller i genetisk opphav mellom anleggsprodusert og naturlig produsert laks. Det kan også skyldes at den anleggsproduserte settefisk primært var satt ut høyt oppe i vassdraget og således hadde lang vandringsvei til smoltfella ved Finså. Forsinket nedvandring kunne resultere i redusert overlevelse for laksesmolten i havet.

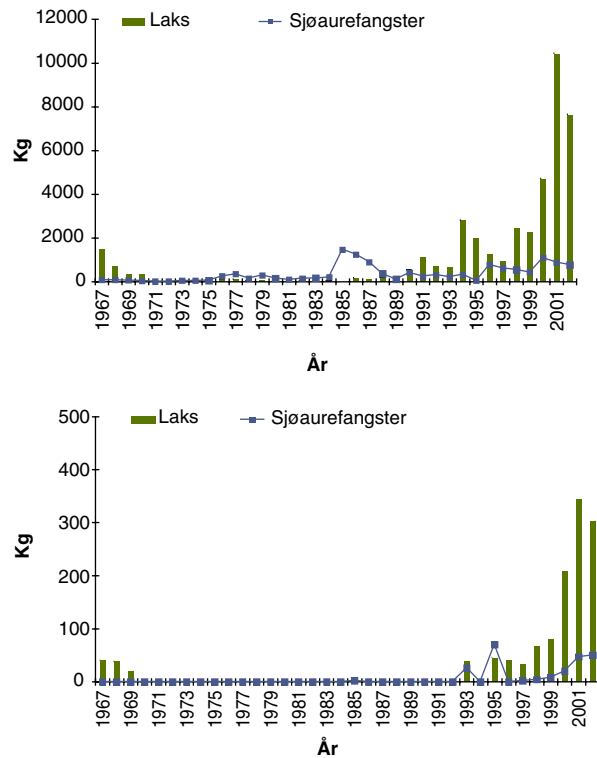
Det var generelt god kvalitet både på den utvandrende smolten og på anleggsprodusert smolt fra Finså klekkeri. Fysiologiske undersøkelser utført vårene 1999-2001 hadde blant annet som hensikt å evaluere om pH-målet i elva på pH 6,2 ga laksesmolten tilstrekkelig beskyttelse mot "giftig" aluminium. Prøvetakingen viste at smolt høyt oppe i lakseførende strekning hadde bedre helsestatus enn smolt som var fanget lenger nede i elva. Denne forskjellen innen vassdraget ble påvist både på stedegen villfisk og på anleggsprodusert fisk eksponert i bur. Blant fisk som ble fanget høyt oppe i vassdraget var villfisken større og hadde en mer velutviklet smoltdrakt enn fisk produsert i anlegg.

Voksen laks - fangstutvikling i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking

Mens Mandalselva har hatt en kraftig økning i laksefangstene etter kalking, tyder fangstutviklingen i Tovdalselva på at bestanden fortsatt er liten. Laksefangstene i de to elvene fra og etter kalking er vist i **figur 1.3**.

Hva slags opphav har laksen som går opp i Mandalselva og Tovdalselva?

I perioden 1998-2001 ble det samlet inn skjellprøver fra sportsfisket i Mandalselva og Tovdalselva for å undersøke laksens opphav.



Figur 1.3. Laksefangster i en del år før kalking, samt etter kalking i Mandalselva (øverst) og Tovdalselva (nederst).

I 1998 og 1999 var feilvandrende villfisk, hovedsakelig fra Audna, en viktig del av fangstene i Mandalselva. Men den store økningen i fangstene i denne elva i 2000 og 2001 skyldes hovedsakelig villfisk som er vokst opp i vassdraget. Mens utsatt fisk utgjør en betydelig del av bestanden i Mandalselva, har andelen utsatt fisk avtatt i Tovdalselva. Dette skyldes at det ikke er satt ut smolt eller settefisk i Tovdalselva etter 1997, mens omfanget av utsetninger har økt i Mandalselva. Resultatene tyder på at utsettingene i Mandalselva har vært særlig viktig for reetableringen av laks i øvre deler av vassdraget.

Hvorfor gikk reetableringen av laks raskere i Mandalselva enn i Tovdalselva?

Omfattende fiskeutsetninger er vurdert som hovedårsaken til at reetableringen av laks i Mandalselva gikk raskere enn i Tovdalselva etter kalking. Økningen i rekrutteringen av laks i Mandalselva skyldtes først og fremst at den utsatte fisken ga opphav til en større gytebestand. I Mandalselva, der fangstene har variert mellom 931 og 10.420 kg etter kalking, kunne variasjonen i tettheten av laksyngel i august måned i stor grad forklares med antall laks som ble fanget i elva ett år tidligere. Det er forventet at fangstene av laks gir en god indikasjon på størrelsen på gytebestanden. Resultatet tyder derfor på at gytebestandene hittil har begrenset rekrutteringen av laks i elva.

I Tovdalselva, der fangstene har vært mye lavere og variert mellom 33 og 345 kg, var det ingen sammenheng mellom tettheten av laksyngel og fangsten av laks året før (gytebestanden).

Tettheten av yngel i de to elvene følger stort sett den forventede utvikling i andre kalkede vassdrag der reetableringen har skjedd tilnærmet naturlig (som i Tovdalselva) eller ved hjelp av forsterkingsutsetninger (som i Mandalselva). Den raskere reetableringen av laks i Mandalselva kan også i noen grad skyldes oppvandring av flere feilvandrerere fra andre vassdrag.

IX. Hvordan har kraftutbyggingen påvirket laksebestanden i Mandalselva?

Det er i dag seks kraftverk i Mandalsvassdraget. Bjelland og Laudal kraftverk ligger på lakseførende del av elva der reguleringen har stor betydning for vannføringen. Reetableringsprosjektet har i samarbeid med Flerbruksplanen for Mandalsvassdraget undersøkt hvordan de nevnte reguleringsinngrepene påvirker den nye laksebestanden i elva.

To elveavsnitt på lakseførende del har redusert vannføring som følge av vassdragsreguleringene: elva mellom Kavfossen og utløpet av Bjelland kraftverk, og elva mellom dam Manflå og Laudal. I det 6 km lange elveavsnittet mellom dam Manflå og Laudal er minstevannføringen 3 m³/sek om sommeren og 1,5 m³/sek om vinteren. Dette elveavsnittet ligger midt i Mandalselvas lakseførende del. Produksjon av laks og sjøaure, samt muligheter for laksefiske øverst i Mandalsvassdraget, er avhengig av at ned- og oppvandrende fisk passerer dette elveavsnittet uten betydelig forsinkelse. Kombinasjonen av lav vannføring og høyere driftsvannføring ut fra utløpstunnelen fra Laudal kraftverk skaper imidlertid problemer for laksevandringen.

Et problem er at oppvandrende laks gjerne svømmer inn i utløpstunnelen fra kraftverket ved Laudal. For å hindre dette blir det satt inn gitter i utløpstunnelen i fiskesesongen. Et annet problem er at laks som velger å svømme opp i elveavsnittet med minstevannføring, må passere store grunne terskelbassenger, tre fisketrappes og flere løsmasseterskler før den når Manflåvann. Et tredje problem er at smolt og vinterstøinger møter vanskeligheter på sin vandring mot havet om våren. Havner fisk i kraftverksinntaket, vil mange bli drept i turbinene. Fisk som passerer inntaket synes å bli forsinket av ugunstige forhold i minstevannføringsstrekningen.



Utløpet fra Laudal kraftstasjon med første del av minstevannføringsstrekningen.

Foto: Eva Thorstad

Oppvandring hos radiomerket laks i elveavsnittet Laudal - Manflåvann

Oppvandring av voksen laks ble undersøkt i 1996 og 1997 ved å radiomerket 76 laks ved Laudal. Bevegelsene til disse individene kunne peiles nøyaktig. Laksen ble hindret og forsinket i oppvandringen ved en minstevannføring på 3,0 m³/sek, trolig på grunn av en kombinasjon av lav vannføring og mange terskler. Resultatene tyder på at tersklene fysisk sett ikke var vanskelige å passere for laksen, men at mange slike vandringshindre reduserte motivasjonen for å vandre. Det største vandringshinderet var dammen ved Manflåvann. Kun 16 % av laksen passerte hele elveavsnittet mellom Laudal og Manflåvann. De som passerte ble forsinket og ankom områdene øverst i vassdraget sent i sesongen. Laksen brukte gjennomsnittlig 41 dager på å passere hele elveavsnittet. En større andel av laksen passerte strekningen ved vannføring 3,0 m³/sek enn ved tidligere års lavere vannføringer. Korte perioder med økt vannføring (lokkeflommer) hadde en positiv effekt på oppvandringen idet laksen oftere passerte tersklene under og like etter lokkeflommer enn ved minstevannføring.

Telling av laks ved dam Manflåvann

Tellinger av oppgangslaks i fisketrappa på dam Manflåvann ble utført i 2000 og 2001. 133 og 56 laks ble registrert i telleren i hhv. 2000 og 2001. Lokkeflommer i juli, som var den viktigste måneden for lakseoppvandring, syntes å ha en positiv effekt på oppgangen. God virkning av lokkeflommene var trolig avhengig av liten driftvannføring i Laudal kraftverk. Flest fisk svømte forbi telleren om morgenen mellom kl. 2 og kl. 6.



Radiomerket laks.

Effekter av Laudal kraftverk på overlevelse til utsatt laksesmolt

Gjenfangster av utsatt laksesmolt har ofte blitt brukt til å avdekke eventuelle forskjeller i overlevelse mellom smoltgrupper utsatt på forskjellige steder i et vassdrag. I Mandalselva er det i perioden 1997-2000 satt ut smolt i kraftverkstunnelen til Laudal kraftverk, i minstevannføringsløpet og nedstrøms Laudal.

Gjenfangster av smålaks som stammer fra smolten som ble satt ut i 2000, viste at en betydelig del av smolten som ble satt ut direkte i kraftverkstunnelen går tapt. Derimot var det ingen vesentlig forskjell i overlevelse på smolt som ble satt ut midt i minstevannføringsløpet og nedenfor utløpet av kraftverket.

Feilvandringen av den voksne laksen var betydelig og varierte fra 19 til 71%. Feilvandrerne ble hovedsakelig tatt i Otra, men det ble også rapportert om gjenfangster fra en rekke elver fra Oselva i Hordaland i vest til Götaelva i Sverige i øst.

X. Organisering av fisket i Mandalselva og Tovdalselva

Rettighetshaverne i Mandalselva

I arbeidet med Flerbruksplan for Mandalsvassdraget ble det tidlig på 1990-tallet satt fokus på organiseringen av rettighetshaverne langs elva. Mandalselvas Elveeigarlag ble etablert som et andelslag i 1994. Laget er organisert med eget styre og fire delområder. Delområdene har myndighet til å fastsette bestemmelser om laksefiske som soneinndeling, korttyper og priser i eget område. Driftsplan for Mandalselvas lakseførende del var ferdig i juni 1999.

Rettighetshaverne i Tovdalselva

Nedre Tovdal Fiskelag, et grunneierlag for den lakseførende elvestrekningen, ble dannet i 1989. "Prosjektgruppe for kalking av Tovdalsvassdraget" ble opprettet i 1990, der fiskelaget deltok sammen med Agder Skogeigarlag og Birkenes, Kristiansand, Froland og Åmli kommuner. Prosjektgruppa er videreført som et samarbeidsorgan som står for driften av kalkdosererne, med sekretariat i Birkenes kommune. Nedre Tovdal fiskelag ble "vitalisert" i 1998, med kartlegging av rettighetsforhold og nye vedtekter. I mai 2000 var 97 % av rettighetshaverne på strekningen medlemmer av laget. Driftsplan for Tovdalselvas lakseførende del var ferdig i mars 2000.

Fiskekortsalg og fangstrapportering

I samarbeid med Flerbruksplan for Mandalsvassdraget har Mandalselva Elveeigarlag utviklet et EDB-verktøy som har fått navnet Fiskebasen. Ved hjelp av dette kan kortselgere via Internett koble seg til samme database og få en oversikt over hvor det er ledige kort. Disse kortselgerne kan selge kort til alle områdene som har sluttet seg til opplegget.

Fangstrapportering gjøres nå blant annet på Internett omtrent på samme måte som for fiskekortsalg. Kortselger kan legge inn fangsten samtidig som innbetalt depositum betales ut, eller fisker kan gjøre det selv. Dette forenkler arbeidet for laget betydelig, og det gir samtidig en indikasjon på fangsten gjennom sesongen både for laget og for tilreisende fiskere.

Fiskekortsalg og fangstrapportering for Tovdalselva foregår på samme måte som for Mandalselva.

XI. Kalking av lakseelver er lønnsomt

Reetablering av laks i et vassdrag innebærer en enestående mulighet til å kartlegge laksens betydning for lokal næringsutvikling og verdiskaping. Ved å måle endringer i antall fiskere og pengeforbruk, vil en kunne si noe om lokaløkonomiske effekter av reetableringstiltak for laks.

Flerbruksplan for Mandalsvassdraget tok i 1999 initiativ for å utvikle et system for å overvåke verdiskapingen. Prosjektet fikk navnet "Verdiskaping av laksefiske i Mandalselva". Det startet i 2000 og ble slutført i 2002. Prosjektets måsetting er å dokumentere lokal pengeforbruk og pengeforbruksmønster til ulike grupper av fiskere.

Analysene av omsetning knyttet til fiske viser en økning fra 2000 til 2001, på i størrelsesorden 40 %, til ca. 6,5 millioner kroner. En må anta at det ligger et potensiale for å kunne mangedoble nåværende verdiskaping gjennom å tilfredsstille markedets etterspørsel etter opplevelser, varer og service.

Kalking av laksevassdrag i Norge startet med Audna i 1985. Audnakalkingen var samfunnsøkonomisk lønnsom allerede tre år etter at kalkingen startet. Dette ble slått fast i en analyse av kostnadene og nytten av prosjektet.

Verdiskapningsprosjektet i Mandalselva forsterker dette bildet ytterligere. Få andre tiltak innen naturforvaltning kan vise til tilsvarende samfunnsøkonomisk lønnsomhet og verdiskapning som kalking av lakseelver. Kostnadene til elvekalking kan i utgangspunktet synes store, men når laksen først har vendt tilbake vil inntektene til lokalsamfunnet langt overstige kostnadene.

1 INNLEDNING

Steinar Sandøy

Direktoratet for naturforvaltning

Sur nedbør har utrydda de naturlige laksestammene i 18 vassdrag i Sør-Norge, mens 12 laksebestander regnes som utryddingstrua. Opprinnelig var det 7 større lakseførende vassdrag i Agderfylkene. I løpet av de første 60 årene av 1900 tallet førte forsuring til at laksebestandene i alle disse vassdragene blei utrydda. Samtidig ble innlandsfisken i store deler av Sør-Norge, og særlig i Agderfylkene, sterkt redusert eller helt borte på grunn av forsuring.

Kalking har lenge vært kjent som et middel mot forsuring av ferskvann. Før en ble klar over årsakssammenhengen mellom sur nedbør og fiskedød ble kalk, helst i form av skjellsand, brukt i klekkerier og gytebekker på Sørlandet for å bedre reproduksjonsforholdene for fisk. Alle disse kalkingene var av relativt liten målestokk, men som en kuriositet kan det nevnes at det alt i 1934 ble arbeidd med planer om kalking av Mandalselva. Laksebestanden i elva var allerede på det tidspunktet sterkt redusert. Dette prosjektet ble ikke realisert og det gikk et halvt århundre før det igjen blei lagt planer for kalking av såpass store vassdrag.

Kalking i offentlig regi kom i gang i Norge på begynnelsen av 1980-tallet. Audna i Vest-Agder var første laksevassdrag som blei kalka, med start i 1985. Kalkinga i Audna gav gode resultater i form av vellykka naturlig reproduksjon av laks i elva, og at det igjen kunne fiskes laks i Vest-Agder. Når de offentlige bevilgningene til kalking økte sterkt rundt midten av 1990-tallet, kom spørsmålet opp om en skulle starte kalking også av de andre store vassdragene på Sørlandet. Birkenes kommune var aktiv i arbeidet med å skaffe penger til kalking av Tovdalselva, og Flerbruksplan Mandalsvassdraget fikk utarbeida kalkingsplan for Mandalselva. I 1996 og 1997 kom det i gang fullskala kalking i henholdsvis Tovdalselva og Mandalselva.

I begge vassdragene var de opprinnelige laksebestandene altså utrydda for 30 til 40 år siden. Målsetninga med kalkingsprosjektene var å skape god nok vannkvalitet til å kunne reetablere sjølreproduserende laksebestander. Parallelt med planlegging av kalkingsprosjektene blei det derfor lagt en strategi for reetablering av laks i disse to fordums viktige laksevassdragene på Sørlandet. Reetableringsprosjektet blei etablert i 1997 og hadde som oppgave å sørge for en fiskefaglig og veterinærmessig forsvarlig

kultivering i vassdragene i forbindelse med reetablinga. Samtidig skulle prosjektene i Mandalselva og Tovdalselva brukes for å skaffe til veie og ta vare på ny kunnskap om reetablering av laks gjennom forskning og overvåking.

Organisering av Reetableringsprosjektet

Reetableringsprosjektet ledes av Direktoratet for naturforvaltning i samarbeid med fylkesmennene i Vest-Agder og Aust-Agder. Flerbruksplan Mandalsvassdraget og forskningsinstitusjonene NINA og NIVA er også representert i styret. Prosjektet er i hovedsak finansiert av Direktoratet for naturforvaltning, med betydelige bidrag fra Flerbruksplan Mandalsvassdraget/Agder Energi. Reetableringsprosjektet er organisert i en kultiveringsdel og en FoU-del med egne prosjektledere. Kultiveringsgruppa ledes av Fylkesmannen i Vest-Agder, med deltakere fra berørte kommuner og lokale lag og foreninger. Kultiveringsprosjektet knytter til seg fiskefaglig og veterinærmessig kompetanse etter behov. FoU-gruppa ledes av NINA med deltakelse fra forskningsinstitusjoner som er engasjert i FoU-prosjekter i tilknytning til Reetableringsprosjektet. Formålet med FoU-prosjektene er å skaffe grunnlag for:

- En vitenskapelig dokumentasjon av reetableringene.
- Å evaluere kultiveringsstrategiene som brukes.
- En optimalisering av kalkingsstrategien i de to vassdragene.

Reetablering og kultivering

Reetableringa vil skje gjennom naturlig innvandring og ved utsetting av laks fra stammer som er valgt ut til formålet. Naturlig innvandring skjer ved at laks som kommer tilbake fra havet for å gyte har en viss grad av feilvandring og går opp i andre elver enn de fiskene vandra ut fra. Som grunnlag for utsetting har Reetableringsprosjektet valgt å bruke de to gjenlevende naturlige laksestammene som ligger geografisk nærmest de to vassdragene som reetablers. I Mandalselva brukes stamlaks fra Bjerkreimselva (Rogaland) til produksjon av utsettingsmateriale. I Tovdalselva brukes stamlaks fra Storelva i Holt (Aust-Agder), for øvrig den eneste gjenværende av de opprinnelige laksestammene i Agderfylkene. I Mandalselva kultiveres i tillegg på den naturlig innvandrende laksen, altså feilvandrerer fra andre vassdrag. I Tovdalselva blei det første partiet av rogn fra Storelva satt ut i 2000. De første utsettingene av rogn av Bjerkreimstamme ble gjort i Mandalselva våren 2003.

Reetableringsprosjektet har brukt mye ressurser på opprustning og oppbygging av Finså klekkeri som har stått sentralt i kultiveringsarbeidet både i Mandalselva og Tovdalselva. Klekkeriet har kultivert på laks som har gått opp i Mandalselva og siden 1998 er det hvert år satt ut startføra yngel. Dette har trolig vært et viktig bidrag til den raske veksten i laksebestanden i Mandalselva etter kalking. Finså klekkeri er også brukt til å bygge opp en stamfiskbestand av laks fra Storelva. Av denne er det produsert rogn som siden 2000 er planta ut i Tovdalselva. Av veterinærmessige årsaker kunne det ikke flyttes stamlaks fra Bjerkreim til Finså klekkeri. NINAs forskningsstasjon på Ims er derfor brukt til å bygge opp en stamfiskbestand fra Bjerkreim og til produksjon av rogn til Mandalselva. Denne rogn overføres i sin tur til Finså klekkeri.

Regulering av Mandalselva

Mandalselva er regulert til kraftproduksjon med en utbygging som har skjedd i flere faser. Laudal kraftverk, som er det nederste og nyeste, fikk konsesjon i 1975. Reguleringa har medført at noen strekninger i Mandalselva har sterkt reduserte vannføringer og svært små krav til minstevannsføring. Tilstanden i vassdraget med sterk forsuring og utrydda laksebestand når konsesjonene blei gitt var medvirkende årsak til de lave minstevannsføringer. Situasjonen har gjort at forvaltningen heller ikke har funnet det forsvarlig å pålegge regulanten verken kompensasjonsutsettinger av fisk eller å gjennomføre biologiske undersøkelser. Kalking og reetablering av laks i vassdraget har normalisert situasjonen i Mandalselva og konsesjonen gir da grunnlag for å ta opp igjen spørsmålet om minstevannsføring. Spørsmålet om regulanten kan pålegges utsetting av fisk og å gjennomføre biologiske undersøkelser blir løpende vurdert av DN. NVE har satt i gang en prosess for å vurdere eventuell revisjon av manøvreringsreglementet og DN og Agder Energi er i dialog for å vurdere aktiviteter i Reetableringsprosjektet opp mot regulantens konsesjonsforpliktelser.

Økonomi

Reetableringsprosjektet har de siste årene hatt årlige budsjetter på mellom 4 og 5 millioner kroner. Mellom 2 og 3 millioner har gått til investering og drift av kultiveringsanlegg og kultiveringsvirksomhet og ca. 1,5 mill. kroner til FoU. 3-400 000 kroner har gått til administrative utgifter i DN og hos Fylkesmennene i Vest- og Aust-Agder. Prosjektet er i hovedsak finansiert over DN's budsjett. Agder Energi har bidratt med 0,6 mill. pr. år gjennom Flerbruksplan Mandalsvassdraget. Dette beløpet økte til 1 mill. kroner i 2003.

Denne rapporten er en oppsummering fra de første 5 år av Reetableringsprosjektet. Rapporten beskriver hva som er gjort av kalkings- og kultiveringstiltak og viser status for reetablering av laks i de to vassdragene. Rapporten beskriver og begrunner også de reetablerings- og kultiveringsstrategier som er valgt i Mandalselva og Tovdalselva. Videre rapporteres resultatene fra FoU-prosjektene fra første fase av Reetableringsprosjektet. Noen undersøkelser i tilknytning til reguleringsproblematikken er finansiert av Flerbruksplan Mandalsvassdraget.

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

2.1 Mandalsvassdraget

Svein Haugland¹ og Ørnulf Haraldstad²

¹Prosjektleder i Flerbruksplan for Mandalsvassdraget

²Fylkesmannen i Vest-Agder

Innledning

Mandalsvassdraget ligger i Vest- og Aust-Agder fylke (figur 2.1). Laks og sjøaure kan vandre fra elvemunningen ved Mandal by til Kavfossen i Bjelland, en elvestrekning på 48 km. Nedbørfeltet er omlag 1800 km². Gjennomsnittlig årlig nedbør i vassdraget er 1650 mm og gjennomsnittlig vannføring ved utløpet er 89 m³/sek.

Nedbøren i området har i flere 10-år vært svært sur. Berggrunnen tilhører det norske grunnfjellsområdet og har liten evne til å nøytralisere den sure nedbøren. Som følge av denne lufttransporterte forurensningen var elva lenge kronisk sur, med pH-verdier omkring 4,7-4,9 hele året. Vi regner i dag med at forsuringen utryddet den opprinnelige, stedeagne laksebestanden. Flere av sidevassdragene hadde en noe bedre vannkvalitet. Dette reddet den opprinnelige sjøaurebestanden fra å lide samme skjebne som laksen. Ut over forsuringproblemet er Mandalselva lite forurenset.

Kalking

For å avsyre det sure elvevannet har kalking pågått siden tidlig på 1980-tallet. Kalkingen startet i sideelver i den lakseførende delen av vassdraget. Den første kalkdosereren ble montert ved Logåna i 1982. Utover på 1980- og 1990-tallet ble også en del innsjøer kalket. På midten av 1990-tallet ble det satt opp til sammen 4 kalkdoseringsanlegg i sideelvene Høyeåna, Hesså og Kosåna. Våren 1997 ble kalking av hovedvassdraget iverksatt ved hjelp av kalkingsanlegg på Smeland, Håverstad og Bjelland. Dette er store anlegg med lagerkapasitet på ca 100 tonn kalk hver. Det vannkjemiske målet for kalkingsvirksomheten i vassdraget er satt til pH 6,0 fra 1. juni til 28. februar og til pH 6,2 fra 1. mars til 31. mai.

Mange av sideelvene som munner ut på den lakseførende strekningen kalkes nå til en tilfredsstillende vannkvalitet. Enkelte av sidevassdragene er ikke godt nok kalket til å unngå at de til enkelte tider kan bidra med surt vann til hovedelva. Dette kan gi lokale surstøt i elva og er således en utfordring for driften av kalkdoseringsanleggene i hovedelva.

Selv om dagens kalking har et forbedringspotensiale, regner vi med at den lakseførende delen av elva har hatt en vannkvalitet som er tilfredsstillende for overlevelse av laks fra våren 1997 og fram til i dag.

Fiskebestander

Mandalselva var tidligere en av Norges beste lakseelver. Forsuringen utryddet laksen, men etter at elva ble kalket er en ny laksebestand etablert. Bestandsutviklingen for laks og sjøaure har vært svært positiv de siste årene.

I Mandalsvassdraget finnes i tillegg til laks og sjøaure også ferskvannsstadionære aure, abbor, ål, stingsild, bekkerøye, ørekyte og sørv. Auren var den dominerende fiskearten tidligere. Auren var av varierende størrelse og kvalitet. I mange fjellvann ble den stor og fin. Auren i Monnvassdraget, for eksempel i Monsvannene og i Gaukheivann, var viden kjent blant sportsfiskere for 40-50 år siden. De opprinnelige aurebestandene i fjellområdene ble nærmest utryddet som følge av den sure nedbøren, men som følge av kalking og flytting av fisk er det i dag flere lokaliteter med godt fiske. Abbor fantes og finnes fremdeles i vann i den sørøstlige delen av nedbørfeltet. Bekkerøya er satt ut i vassdraget fordi den tåler surt vann bedre enn auren. Denne nordamerikanske laksefisken reproducerer i noen bekker i vassdraget. Ørekyte og sørv er nykommere i vassdraget. Ørekyta ble registrert i Højevassdraget på midten av 1990-tallet, sørven ble registrert i nedre del av elva sommeren 2002.

I den ukalkede delen av Mandalsvassdraget er de fleste fiskebestandene sterkt negativt påvirket av surt vann. I den kalkede delen av vassdraget synes alle fiskebestandene å ha gode livsvilkår.

Vassdragsreguleringer

Det første kraftverket i Mandalsvassdraget, Skjerka kraftverk i Åseral, stod ferdig allerede i 1932. Senere er det bygget ytterligere 5 kraftverk: Håverstad i 1955, Logna i 1961, Bjelland i 1975, Laudal kraftverk i 1981 og Smeland i 1985. Bjelland og Laudal kraftverk er lokalisert på lakseførende strekning. Total reguleringsgrad for Mandalsvassdraget er 14 %.

Vassdragsreguleringen har stor betydning for vannføringen i den lakseførende delen av elva. Inntaksmagasinerne til Bjelland- og Laudal kraftverk er små, henholdsvis 2,2 og 2,0 millioner m³. Reguleringen av disse inntaksmagasinerne betyr derfor relativt lite for vannføringen i elva. Det er

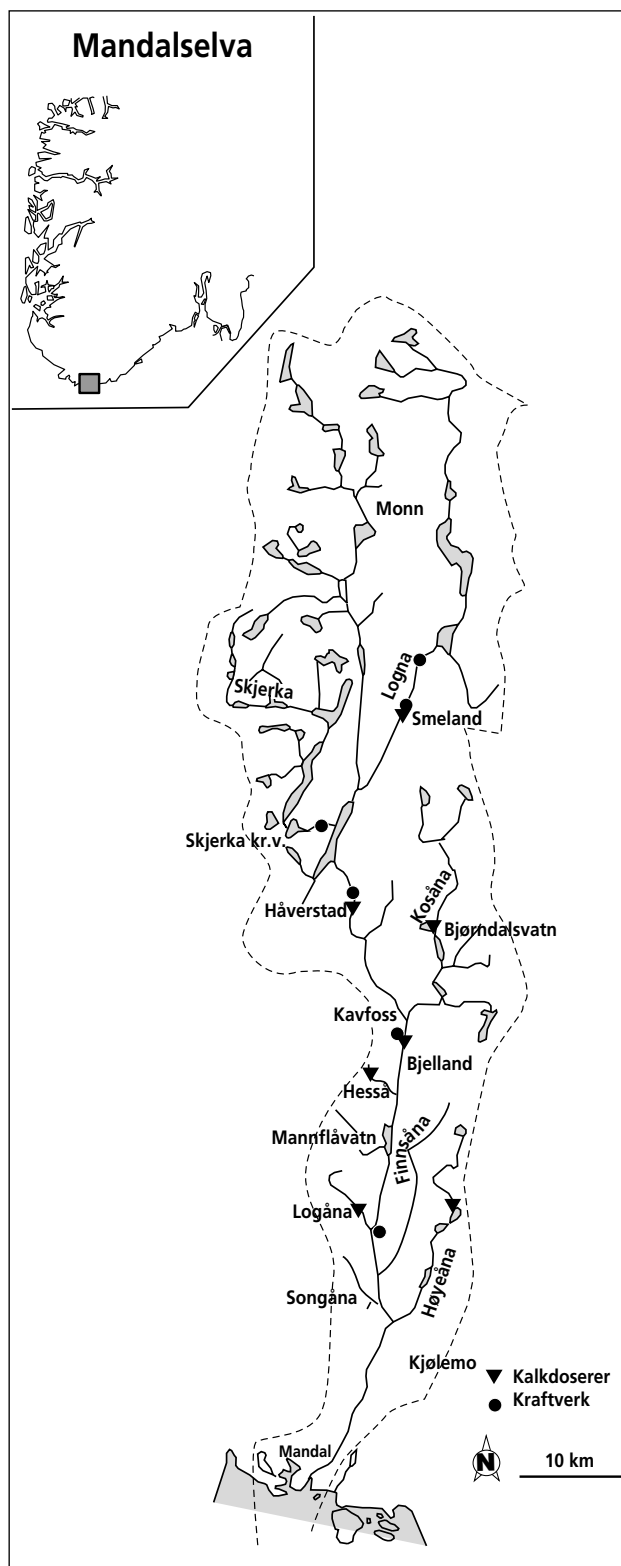
vannføringen ut av Håverstad kraftverk like nedstrøms Ørevann, som betyr mest for vannføringen lenger nede i vassdraget.

Vannføringen nedenfor Laudal varierer relativt mye både gjennom året og gjennom døgnet. De store variasjonene skyldes lastvariasjoner på Håverstad. Hurtige endringer i lokale tilsig, for eksempel fra Kosåna, kan også gi store vannføringseendringer nedstrøms Laudal. Endringer kan også skyldes frekvensreguleringer eller et ønske om å holde en stabil vannstand i Manflåvatn.

To elvestrekninger har redusert vannføring som en konsekvens av vassdragsreguleringene: Elva mellom Kavfossen og utløpet av Bjelland kraftverk, og elva mellom dam Manflå og Laudal. Minstevannføringene er endret de siste årene som et resultat av arbeidet med Flerbruksplan Mandalsvassdraget. Mellom Kavfossen og utløpet av Bjelland kraftverk er minstevannføringen fastsatt til 2 m³/sek om sommeren og 1 m³/sek om vinteren, inkludert avrenningen fra Kosåna. Mellom dam Manflå og Laudal er minstevannføringen nå 3 m³/sek om sommeren og 1,5 m³/sek om vinteren.

Det har i mange år vært arbeidet for å forbedre oppgangsforholdene for laks i elva mellom Laudal og dam Manflå. For laksevandring er det påpekt problemer ved utløpet fra Laudal kraftverk og i fiskesesongen blir det satt inn gitter i utløpstunnelen for å hindre fisk i å svømme inn i tunnelen. Videre sliter laksen med å passere store grunne terskelbasseng, tre fisketrapper og flere løsmasseterskler i dette elveavsnittet. Ved utløp fra Bjelland er det observert lignende problemer for laksen, men der er det ikke montert gitter. I elva oppstrøms Bjelland kraftverk er det i liten grad satt fokus på laksevandring.

Om våren møter anadrom fisk hindringer ved Laudal kraftverk på sin vandring mot sjøen. Havner fisk i kraftverksinntaket, vil mange bli drept i turbinene. Fisk som passerer inntaket vil kunne bli forsinket av ugunstige forhold i minstevannføringsstrekningen mellom dam Manflå og Laudal. Hvis denne fisken når sjøen for seint, kan det føre til høy dødelighet i havet og redusert tilbakevandring av gytefisk til elva.



Figur 2.1. Mandalsvassdraget, med de største innsjøene og sidevassdragene. Kalkdosere og kraftverk er avmerket.

2.2 Tovdalsvassdraget

Dag Matzow

Fylkesmannen i Aust-Agder

Innledning

Tovdalsvassdraget ligger sentralt i det sørnorske forsøringsområdet. Det er omsluttet av Otra og Nidelva, som begge har dobbelt så stort nedbørfelt. Likevel er Tovdalsvassdraget et komplett vassdrag som strekker seg fra fjell til fjord, med ei totale lengde på ca 12 mil.

Geografisk oversikt - nedbørfelt

Den øverste delen av vassdraget består av to greiner som løper sammen i Herefossfjorden (**figur 2.2, tabell 2.1**). Den østlige, Tovdalsgreina, er smal og langstrakt og har utspring i grensetraktene mellom Valle og Fyresdal kommuner. Terrenget når her opp i ca 1000 m o.h. Det er mange relativt store innsjøer i de øvre delene, med Straumsfjorden (757 m o.h.) som den største. Den vestlige greina, Uldalsgreina, strekker seg opp mot 700 m. o. h. i heiene øst for Byglandsfjorden. Den har tre kildeområder; Skjeggedalsåna, Vatnedalsåna og Hovlandsåna. Et tredje, noe mindre sidevassdrag, med innsjøen Ogge i sentrum har to utløp, det største er Rettåna, som går nordover til Uldalsgreina, mens Dikeelva, kommer ut i Flaksvann langt nede i vassdraget.

Berggrunn

Hele vassdraget ligger i det sørnorske grunnfjellsområdet. Elvedalen fra Hynnekleiv, via Herefoss til utløpet i Topdalsfjorden ligger i forkastningssone som blir kalt den store grunnfjellsbreksjen. Denne sonen deler grunnfjellet i to med Telemark-området på nordsiden og Bamble-området på sørsiden, og den kan følges sammenhengende fra Kristiansand til Skien (Anon 1977). Bergartene består i alt vesentlig av granitter og gneiss, men området omkring Straumsfjorden i Tovdalsgreina tilhører det såkalte

Grøssæ-Totakområdet (Sigmond 1975). Her består berggrunnen av kvartsitt med bånd av mer basiske bergarter, noe som har hatt betydning for vannkvalitet og levetid for fisk i dette området. Tilsvarende bergarter finnes øverst i Otravassdraget, der de også har hatt betydning for fiskebestandene (Gunnerød 1981).

Klima og vannføring

Gjennomsnittlig årsnedbør, målt ved Herefoss er 1.293 mm. Normalt faller det minst nedbør om våren (mars-juni) og mest i månedene august – desember (Egerhei 1984).

Vassdraget blir som regel islagt hver vinter, men den islagte perioden varierer mye i lengde (Egerhei 1984). På de høyere liggende innsjøene kan en regne med at isen ligger til et godt stykke ut i mai. Strykpartiene, derimot, vil være åpne det meste av vinteren. I Hovlandsåna er det av og til isproblemer med oppbygging av isdammer og mindre isganger. Dette har sammenheng med uttapping av magasin i dette elvepartiet. Ellers i vassdraget er det ikke kjent at isen skaper spesielle problemer av denne typen.

Typisk for vannføringen i elva er markert vårflokk i april og mai og høye vannføringer utover høsten. Om sommeren kan vannføringen bli svært lav. Det er typisk for Tovdalsvassdraget at høye vannføringer kan finne sted når som helst i løpet av året. Mildt klima kan føre til snøsmelting og nedbør i form av regn også om vinteren (Hindar og Tjomsland 2001).

Vannkraftutbygging og inngrep

Som kraftkilde har Tovdalsvassdraget gjennom tidene hatt betydning for mølle og sagbruksdrift. Fra 1952 har Boen bruk produsert el-kraft til industriformål i Boenfossen. Denne lille kraftstasjonen har vanninntak i fossekrona, men er ikke knyttet til noen regulering. Boen kraftstasjon har i dag maksimal slukeevne på 16,7 m³/sek. Dette utgjør 26 % av midlere vannføring i elva, som er 65 m³/sek (Jonsson 1996). Utbygging av noen betydning kom imid-

Tabell 2.1. Nedbørfelt og vannføring i Tovdalsvassdraget. Etter Hindar (1991).

	Hele vassdraget	Uldalsgreina, inklusive 2/3 av Ogge	Tovdalsgreina
Nedbørfelt (km ²)	1.885	745,0	670,0
Årlig avrenning (millioner m ³)	2.110	880,0	705,0
Spesifikk avrenning (L/sek/km ²)	34,5	37,5	33,5
Middelvannføring (m ³ /sek)	65,0	28,0	22,5
Andel av vannføring til Herefossfjorden (%)*		58,0	42,0
Middelflokk (m ³ /sek) **	408		
Tiårsflokk (m ³ /sek)**	641		

*Kilde: Egerhei 1984. **Kilde: NVE (internettside)

lertid først i 1960 da Arendal kommunale E-verk bygget ut Hanefossen og regulerte Uldalsvassdraget. Denne reguleringen ble utvidet ti år senere og Uldalsgreina har i dag reguleringsmagasiner på til sammen 100 mill. m³.

I Tovdalsgreina ble Straumsfjorden tidligere brukt som reguleringsmagasin til fløtningsformål i vassdraget. Den øverste delen av Tovdalsgreina, ovenfor Rjukanfossen, er varig vernet mot kraftutbygging (Verneplan IV). Olje- og energidepartementet har i 2003 foreslått at hele Tovdalsgreina, ned til Herefossfjorden blir varig vernet.

Lakseførende strekning

Tovdalselva har ei lakseførende strekning på 45,5 km, fra utløpet i sjøen ved Kjevik til øvre ende av Herefossfjorden. Vi vet at laksen opprinnelig har gått ytterligere 8 km opp til Storefoss nedenfor Botnefjorden. Vi kan ikke se bort fra at fisk fortsatt kan komme opp hit, via et sideløp til Herefossen som går ned i Laksehøl på Herefoss. Total opprinnelige lakseførende strekning er dermed 53,5 km, som fordelte seg slik:

Fra grense elv/sjø (marbakken ved Kjevik) til Boenfossen	7,5 km
Fra Boenfossen til Teinefossen	15,0 km
Fra Teinefossen til utløp Herefossfjorden	15,0 km
Herefossfjorden	8,0 km
Fra Herefoss til Storefoss	8,0 km

Den lakseførende delen av Tovdalselva opp til Herefossfjorden karakteriseres av lange stilleflytende partier med innsjøkarakter avbrutt av strykparterier og fosser. Fra sjøen er det 6,2 km med stilleflytende elv opp til Svittefoss, som er den nederste fossen i Tovdalselva. Den har et fall på ca. 1 m. På den 600 m langestrekningen fra Svittefoss til Boenfossen flyter elva raskere, og Boenfossen er et betydelig oppgangshinder for fisk. Det sies at fisken får problemer med fossen når vannføringen overstiger 10 m³/s. På lav vannføring deler fossen seg i tre løp og fisken kan vandre opp alle løpene. Det er blitt hevdet at Boenfossen er lettere å gå for smålaks enn for mellom- og storlaks. I 2001 ble det laget noen terskelkulper for å lette oppgangen i det østligste løpet, og elveierlaget arbeider i 2003 med å bygge ei fisketrapp øst for fossen. Fra Boenfossen er det 12,3 km til utløp av Flakksvann. På denne strekningen er det lite fall (ca. 2 m) og elva flyter stille over grus og sandbunn på strekningen opp til Birkeland. Oppstrøms Birkeland er det flere strykparterier. Fra Flakksvann er det 1,4 km opp til Teinefoss/Smørfoss (på et eldre profilkart over elva kalles nedre del av fallet Teinefoss og øvre del av fallet kalles Smørfoss). På nederste del av dette området (nedstrøms hengebru) er det mange fine gyteområder mens øvre del er storsteinet og stritt.

Teinefossen har vært et oppvandringshinder siden det ble bygget ei fløtingssskjerm i 1883, men det ble gjort tiltak i 2001/2002 som gir fisken mulighet for å vandre opp via et sideløp. Oppstrøms Teinefoss/Smørfoss er det ca 0,8 km opp til Grytefoss. Her går elva delvis i småstryk med steinbunn og delvis over fjell i dagen. Selve Grytefoss er et 100 m langt stryk og herfra er det ca. 1,2 km oppover til Lundefoss. Det er litt drag i elva på hele strekningen som har grus og steinbunn. Fra Lundefoss til Slettane bru (0,5 km) er bunnsstratet storsteinet. Strekningen Slettane bru – Buhølen (5,6 km) er stilleflytende med grus og steinbunn. Fra Buhølen til Kjærestrøm (1,6 km) er elva storsteinet og veksler mellom stryk og kulper. Laksefoss og Svåfoss som begge er stryk med fall på 1-2 m ligger på denne strekningen. Fra Kjærestrøm til Rislåfoss (3,2 km) er elva igjen stilleflytende over grus og steinbunn som på strekningen Slettane bru – Buhølen. Selve Rislåfossen er en kløft i fjellet og oppstrøms Rislåfoss ligger Sundtjørnhølen som er et stilleflytende område på ca. 1 km lengde. Fra Sundtjørnhølen er det ca. 1,1 km til Herefossfjord, og denne strekningen kalles Sundtjørnfossane. Her er det rikelig med strykparterier, med stein i størrelse 20-100 cm, og enkelte dype kulper.

Andre fiskearter i vassdraget

På den lakseførende strekningen finnes abbor, sik og lagesild i Herefossfjorden og Flakksvann. Aure dominerte tidligere i de øvre deler av vassdraget, men gikk sterkt tilbake som følge av forsuring og forsvant helt fra Uldalsgreina på 1970-tallet. I de øverste deler av Tovdalsgreina, derimot, overlevde auren og den har i løpet av 1990-tallet rekolonisert elva. Abbor var også gått sterkt tilbake, men har etter kalkingen hatt en eksplosiv utvikling i Herefossfjorden og begge de øvre greinene (opp til Tveitvann og til Mjåvassfjorden). Sik ble borte fra Flakksvann og Herefossfjorden som følge av forsuringen på 1970/90-tallet (Hesthagen m.fl. 2002). Arten overlevde likevel i Gauslåfjorden, og i 1997 ble den igjen funnet i Herefossfjorden. Lagesild er blitt borte fra Herefossfjorden, men finnes fortsatt i Flakksvann. Den finnes også i innsjøen Berse i et lite sidevassdrag til Flakksvann. Forekomsten av lagesild er bemerkelseverdig, på grunn av avstanden til andre bestander, og det har vært spekulert på om det skyldes utsetting. Likevel er det sannsynlig at lagesilda har innvandret naturlig til vassdraget (Kleiven 1999). Det har vært satt ut bekkerøye i regulerte vann øverst i Uldalsvassdraget, og arten spredte seg nedover hele vassdraget etter 1980. I 1989 var fiskesamfunnet i elva og sidebakkene sterkt preget av forsuring. Det ble da nesten bare fisket bekkerøye, både i Herefossfjorden og nedover i elva, aure forekom bare sporadisk (Matzow 1989). I dag er bekkerøya blitt fortrengt av den voksende aurebestanden og finnes bare sporadisk (Hestehagen m.fl. 2003). Det har de siste par år

kommet meldinger om funn av gjedde i Ogge og i Flakksvann, men det er fortsatt ikke klart om gjedda reelt forekommer i vassdraget.

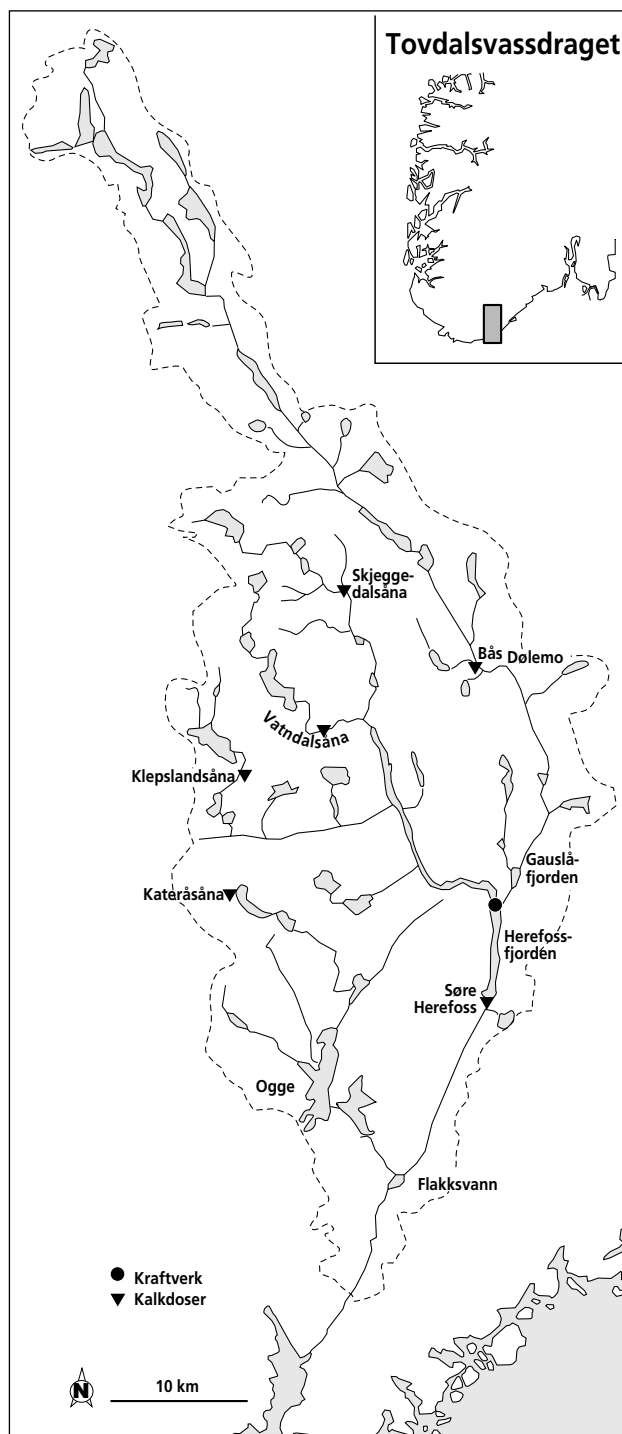
Kalkingshistorikk

Tovdalsvassdraget ble tidlig forsuret, og det er gjort stor innsats i lang tid for å forbedre vannkvaliteten. Skjellsandkalking har vært svært utbredt i alle deler av vassdraget. I Uldalsgreina startet de første kalkingstiltakene allerede i 1970 i regi av kalkingspioneren Hans Kalleberg i Prestøygard- og Storøygardsvatn (Skov m.fl. 1990). Fra 1985 ble aktivitetene i dette området utvidet med statlig finansiering, og Lisleøygardsvatn og Store Stangevatn ble fullkalket fra 1991. Store Hørvatn har vært kalket siden 1982, som ledd i et forskningsprogram som har pågått kontinuerlig siden tidlig på 1970-tallet. En annen større innsjø, Førevatn, ble kalket fra 1991. Noen innsjøer i Mykland, Flekevatt og Saudalsvatn, ble kalket i 1990-91. Høvringsvatn ble kalket i 2002.

I Oggeområdet startet skjellsandkalking i 1984, og i løpet av årene fram til 1990 økte kalkingsaktiviteten i dette vassdraget. En avgrenset del av Ogge, Sirekilen, ble kalket fra 1989. To innsjøer med avrenning til Rettåna, Kyllandsvatn og Haukomvatn, ble kalket henholdsvis i 1990 og 1996. I Tovdalsgreina startet skjellsandkalking øverst i Straumsfjordområdet i 1985, mens noen mindre innsjøkalkinger kom til fra 1987 i et sidevassdrag til Årdalen. Mjåvatn i Valle ble kalket i 1992. Langs den lakseførende strekningen av hovedelva ble flere tilløpsbekker skjellsandkalket fra 1986-89. To innsjøer, Heimdalsvatn og Begervatn, ble kalket fra henholdsvis 1986 og 1988.

I 1996-97 ble kalkingsinnsatsen økt dramatisk da de fem store kalkdosererne ble satt i gang (**figur 2.2**). Fra hver av to største, ved Søre Herefoss og Bås, slippes det årlig ca 1.500 tonn kalksteinsmel ut i elva. De øvrige, i Skjeggedal, Vatnedal og Klepslandsåna leverer til sammen omtrent samme mengde kalk. Dosereren i Klepslandsåna blir i 2003 flyttet til Hovlandsåna. I vassdraget er det i tillegg en liten doserer i Kateråsåna. I tillegg til dosererne blir årlig ca 8 innsjøer kalket med totalt fra 1.000 til ca 1.500 tonn kalksteinsmel. Ogge alene kalkes årlig med 7-800 tonn. Det samlede forbruket av kalk varierer en del fra år til år, i forhold til nedbør og vannføring, men i et normalår brukes det ca 5.500-6.000 tonn kalksteinsmel.

Det vannkemiske målet for kalkingsvirksomheten i vassdraget er satt til pH 6,0 fra 1. juni til 14. februar og til pH 6,2 fra 15. februar til 31. mai. Kalkingen følges opp med en nøye driftskontroll, og strategien blir stadig forbedret for å sørge for en stabil vannkvalitet på den lakseførende strekningen.



Figur 2.2. Tovdalsvassdraget, med de største innsjøene og sidegreinene. Kalkdoserere og kraftverk er avmerket.

Litteratur

Anon 1977. Generell geologi. Vedlegg 3 til konsesjons-søknad fra Aust-Agder Kraftverk for Tovdalsvassdraget. - Utarbeidet av Berdal, Høvik.

Egerhei, T. 1984. Tovdalselva. - Vassdragsrapport til Samlet Plan for Vassdrag. (83 s.)

Gunnerød, T.B. 1981. Vannkvaliteten i Tovdalsvassdraget i Aust-Agder, 1972 – 1975. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Reguleringsundersøkelsene 2-1981. (48 s.)

Hesthagen, T., Fløystad, L. og Saksgård, R. 2003. Tovdalsvassdraget - Innlandsfisk. - S. 56-58 i: Kalking av vann og vassdrag - effektkontroll 2002. DN-notat 2003-3.

Hindar, A. 1991. Kalkingsplan for Tovdalsvassdraget. - NIVA Rapport O-91032. (31 s.)

Hindar, A. og Tjomsland, T. 2001. Evaluering av kalkingsstrategien på lakseførende strekning i Tovdalselva ved hjelp av en vassdragsmodell og forslag til endringer i styringssystemet for kalkdosering. - NIVA Rapport 4401-2001. (42 s.)

Jonsson, B. 1996. Boenfossen kraftverk i Tovdalselva. Fiskeribiologisk vurdering i forbindelse med planlagt opprusting av kraftverket. - NINA Notat. (6 s.)

Kleiven, E. 1999. Kalkingsresponsar på ulike fiskeartar i Vestre og Austre Grimevatn, Lillesand, og historia om lagesilda (*Coregonus albula*) på Sørlandet. - NIVA Rapport 3965-98. (55 s.)

Matzow, D. 1989. Rapport fra befarung i Tovdalselva, strekningen Boen-Herefoss, 11. juli 1989 og prøvafiske 3. november. - Notat fra Fylkesmannen i Aust-Agder.

Sigmond, E. M. 1975. Geologisk kart over Norge, berggrunnskart SAUDA 1:250 000. - Norges geologiske undersøkelse.

Skov, A., Vikse, P. og Matzow, D. 1990. Kalkingsplan for Aust-Agder 1990-1993. - Rapport fra Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernabdelingen, Nr. 11-1990. (242 s.)

3 HISTORIKK OG UTVIKLING I LAKSEBESTANDENE FØR KALKING

3.1 Laksebestanden i Mandalselva - utvikling og historikk før kalking

Ørnulf Haraldstad¹ og Trygve Hesthagen²

¹Fylkesmannen i Vest-Agder, ²NINA-Trondheim

Innledning

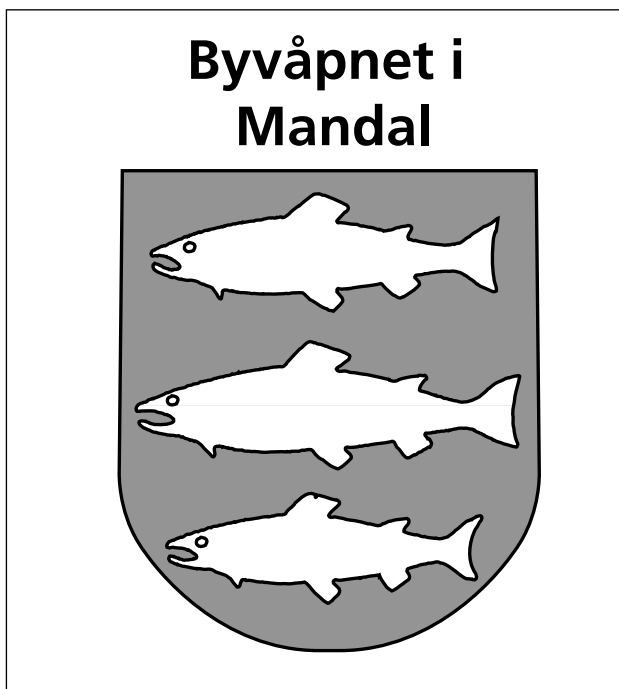
Mandalselva har fra gammelt av vært kjent for sitt rike laksefiske. Audnedalspresten Peder Claussøn Friis beskrev lakserikdommen i Mandalselva allerede omkring år 1600: *”Denne å er også den fiskrigeste å på laks, som udi dette ganske rige er, hvilken laks også holdes og aktes for den beste laks og nydeligste som nogen steds her i landet fanges.”* Laksen fra Mandalselva representerte gjennom lang tid store økonomiske verdier for både lokale bønder og handelsmenn. Dette symboliseres ved at Mandal har laksen i sitt byvåpen (**figur 3.1**). Også offentlige myndigheter oppdaget at de kunne skumme fløten av denne ressursen. Alt i middelalderen hadde Mariakirken, det kongelige kapell i Oslo, sikret seg retten til ett av de beste fossefiskeriene i elva (Slettan 1970). Men de aller fleste fiskeriene var allikevel eid av bøndene sjøl.

Store laksefangster på 1500-1600-tallet

Årsfangstene av laks i Mandalselva må ha vært svært høye i tidligere tider. På midten av 1500-tallet ble det ifølge Peder Claussøn Friis eksportert ”Hundrede Læster lax” fra Mandal til Lübeck i Tyskland. Dette tilsvarer 1.200 tønner, og én tønne inneholdt 117 kg laks (Kvalheim 1959). Eksporten til Lübeck dreide seg altså om et kvantum på rundt 140 tonn. I tillegg kom laksen som de lokale oppsitterne fanget til egen bruk, og det samlede årlige oppfiskede kvantum på den tiden ble anslått til rundt 250.000 kg (Kvalheim 1959).

På 1600-tallet hadde Erik av Pommern problemer med avtaler om lakseleveranser fra Mandal (Kvalheim 1959). På den tiden hadde innbyggerne i Landskrona i Skåne, som den gang var dansk, privilegiet på kjøp av all laks fra Mandalselva for videreförhandling til borgere i Lübeck. Handelen foregikk ved stedfortredende kjøpmenn, som bodde i ”de danske boder” i Mandal. Lokalt ble disse bodene kalt ”Buane”. I en klage fra Landskrona i 1641 går det fram at danskene led store økonomiske tap fordi kongen nå hadde begunstiget den nye byen Kristiansand ved

fordeling av handelsrettighetene med Mandalslaks. I 1658 måtte for øvrig danskene avstå Skåne til Sverige, og dermed mistet Landskrona denne laksehandelen.



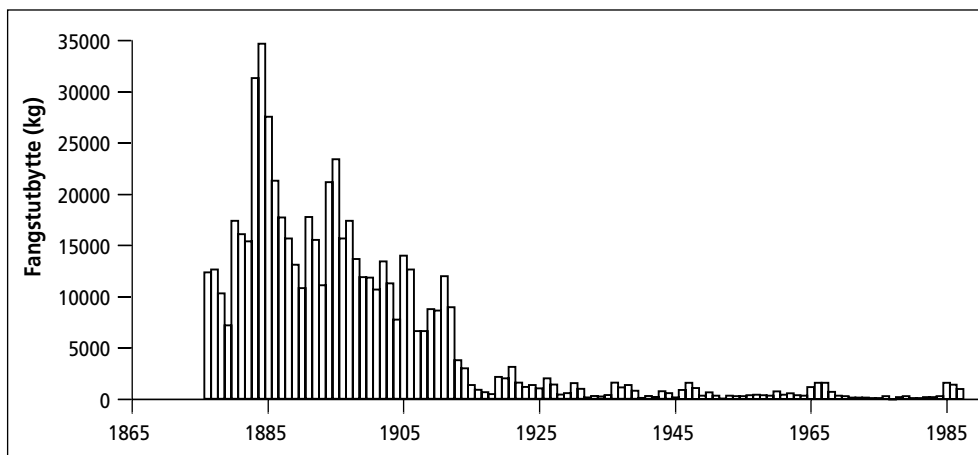
Figur 3.1. Mandals byvåpen, med 3 lakser.

Offisiell fangststatistikk kom i gang i 1876

Norge fikk offisiell statistikk for laksefangstene allerede i 1876. Sjøl om laksestatistikken nok ikke var helt pålitelig på den tiden, gir den likevel et godt bilde av fangstutviklingen. For årene 1880-1900 plasseres Mandalselva blant de aller beste lakseelvene i landet. I sju av disse årene var den nummer 1, dvs. den elva i landet med høyest innrapportert laksefangst. Rekordåret var 1884, med en fangst på nær 35 tonn (**figur 3.2**). I perioden 1880-89 ble det i gjennomsnitt tatt 21 tonn laks årlig i Mandalselva. Fram til århundreskiftet (1890-99) skjedde det en viss nedgang i laksefangstene, med et gjennomsnitt på 15 tonn pr. år. I neste ti-år (1900-09) ble fangstene kraftig redusert til et gjennomsnittlig årlig utbytte på bare fire tonn. Sannsynligvis gjenspeiler denne fangstreduksjonen en dramatisk nedgang i laksebestanden i Mandalselva. Fangstene fortsatte å avta etter 1910, og i perioden 1940-49 var gjennomsnittlig årlig utbytte redusert til mindre enn ett tonn

(722 kg). Bunnen ble nådd i 1972, med seks kilo innrapportert laks og sjøaure. Den gamle, stedege Mandalslaksen var derfor etter vår vurdering praktisk talt utdødd rundt 1970, og gjennom mange år etter dette var laksefangstene nærmest på et nullnivå. I tillegg er det dokumentert at elvevannet har vært surt og giftig for laksen helt siden overvåkingen av vannkvaliteten startet i 1965 og fram til kalkingen begynte i 1996. Den samme negative bestandsutviklingen ble også registrert i de andre lakselvene på Sørlandet (Hesthagen og Hansen 1991a,b).

var to viktige grunner til det. For det første det eldgamle forbudet mot å stenge elva helt, for i "midtdypet" skulle fisken kunne passere. Andre grunnen var helgefredningen. Alt i 1559 ble bøndene sammen med lagmannen på tinget enige om at alle garn og nøter skulle ligge på land i helgene. Her var mandalsfiskerne langt forut for sin tid! Laksefisket i Mandalselva har likevel ikke vært uproblematisk, for det har vært mange tvister om rettigheter og reguleringer av fisket opp gjennom tidene. Fra 1600-tallet og framover finnes det en rekke rettsavgjørelser og dokumenter som viser dette (Kvalheim 1959).



Figur 3.2. Den offisielle laksestatistikken for oppfisket kvantum laks i Mandalselva for perioden 1876-1987.

Fiskeredskaper

Mange fiskeredskaper har blitt brukt for å fange laksen i Mandalselva (Slettan 1970):

- Stønnot, også kalt laksvarp. Det ble brukt stående nøter, med åpning i den enden laksen var ventet. En vaktmann på et stillas (laksessstige eller kjell) ga signal når han så laks i nota. På dette signalet trakk notemannskapet nota sammen. Østerlandsfiskeriet ved elvemunningen var det aller beste.
- Kastenot. Denne ble rodd ut fra land ved hjelp av båt. Folk på land holdt i landtauet, mens notbåten ble rodd nedover med strømmen til hele nota var ute. Så la de til land for å møte de som hadde landenden, og nota ble dratt sammen. Kastenota ble mest brukt i nedre del av elva (flatelva), men også på egnede steder høyere oppe i elva.
- Laksegard. Dette var et stengegejerde som ble satt ut fra land på tvers av strømmen. I ytterenden av garden hang et garn medstrøms som laksen ble fanget i. Laksegard var vanlig på flatelva, men ble også brukt på stilleflytende partier høyere oppe i elva.
- En rekke spesialredskaper som håv, kastegarn, kjer og flæger. Disse ble særlig brukt i fosser og stryk.

Med slike effektive redskaper kan en nesten undres over at noen laks i det hele tatt kunne passere uskadet og nå fram til gyteplassene. Gytebestanden ble allikevel sikret, og det

Laksefiske utleiet til "engelskmannen" på slutten av 1800-tallet

Tiden fra 1870-åra til 1914 var gullalderen for utleie til engelske sportsfiskere. Fiskerettseierne fikk betydelig bedre økonomisk utbytte ved utleie enn ved å drive eget fiske. Engelske rikfolk var villige til å betale godt for å kunne utøve den edle fluefiskekunsten i Mandalselva. I tillegg til leieinntektene fra laksefisket hadde også lokale roere, kleppere, tjenestejenter og hestepassere inntekter fra engelskmennene.

I 28 somre på rad kom "The Honourable", W.W.Vernon, til Mandalen for å fiske laks. Han bygde seg et stort sommerhus i Holum og hytte ved elva. Det var et pust fra den store verden når han ankom med stort følge, "lady" og italiensk mesterkokk. Etter Vernon kom kaptein Hamilton. Han bygde seg også hus, som seinere ble drevet som hotell. I 1900 var sportsfiske i nedre deler av elva fortsatt ettertraktet, og de som leiet fiskeretten fra Mandal bro til Foss i Bjelland, en strekning på nærmere 50 km, betalte 30.000 kroner for rettigheten (Kvalheim 1959). Under den 1. verdenskrig uteble de engelske sportsfiskerne fra Mandal. Etter krigen, i 1920-åra, var det igjen noe utleie, men avtakende laksefangster satte raskt en stopper for virksomheten.

Hva sa ekspertene om utviklingen i laksefisket tidlig på 1900-tallet?

I både 1914 og 1921 ble det rapportert om omfattende fiskedød i Mandalselva (Jensen og Snekvik 1972). Samtidig med avtakende fangster tidlig på 1900-tallet, rapporterte Fiskeriinspektøren om stor dødelighet av lakserogn i mange klekkerier på Sørlandet. I begynnelsen ble dårlig vanntilførsel gjennom vinteren, meget slamaktig vann og skader eller sykdom på rogn antydning som mulige årsaker til den store dødeligheten (Sunde 1922). I 1925 ble det tatt vannprøve fra ett av klekkeriene på Sørlandet, som viste pH 5,2 (Sunde 1926). Disse pH-målingene ble gjort etter forslag fra professor Knut Dahl, som hadde mistanke om at lakseyngelen døde fordi vannet var for surt. Dahl støttet seg til et nylig publisert engelsk arbeid som viste en sammenheng mellom lav pH og dødelighet hos aure. For å motvirke surheten anbefalte fiskerisekretær Sunde å enten blande lut i klekkerivannet eller la det komme i kontakt med kalkstein. Allerede høsten 1925 ble de første avsyrningsforsøkene foretatt i to klekkerier på Sørlandet, der filterkarene ble fylt med knust kalkstein (Sunde 1926). Dette gjaldt klekkeriene ved Vikeland og Kristiansand (Kristiansand og Oplands Jæger- og Fiskerforening). Tiltaket var vellykket idet pH økte fra 5,0-5,3 i råvannet til 6,0-7,2 etter behandlingen. Forsøk viste at nærmere 90 % av laksyngelen overlevde i vannet som ble filtrert gjennom kalkstein, mot bare 20-30 % i råvannet. Mer vitenskapelige forsøk dokumenterte også at dødeligheten blant lakseyngelen i klekkerier på Sørlandet skyldtes lav pH (Dahl 1926, 1927). Dahl mente derfor at dette var bevis godt nok til å si at tilbakegangen i de lokale laksebestandene også skyldtes det sure vannet. Forsøk foretatt på slutten av 1950-tallet tydet på at laksens klekkesuksess i Mandalselva hadde forverret seg ytterligere (Anonym 1962). I november 1956 ble det lagt ut Vibertesker med befruktet lakserogn fra Sandvikselva både i hovedelva (litt ovenfor Finsåbrua) og i Finså. Fram til våren 1957 var det en overlevelse på bare 0,6 % fra egg til yngel i hovedelva, mot hele 80 % i Finså. pH i Mandalselva i forsøksperioden lå mellom 4,8-5,2, og det ble konkludert med at den mislykkete klekkingen høyst sannsynlig skyldtes det sure vannet.

Vannkvalitetsmålinger begynte i 1927

Nyere beregninger viser at tålegrensen for overflatevann på Sørlandet var overskrevet allerede på slutten av 1800-tallet (Mylona 1996, Kroglund m.fl. 2002). Det er derfor grunn til å tro at forsurening var hovedårsaken til at laksen i Mandalselva og andre elver på Sørlandet gikk så sterkt tilbake på slutten av 1800-tallet og tidlig på 1900-tallet. De første pH-målingene i Mandalsvassdraget ble tatt av fiskerisekretær Sunde i 1927, og viste at hovedelva var kronisk sur, med pH 4,9 (Wright 1977). Sideelvene Holums-

bekken, Høyåna og Fiskåna hadde derimot langt bedre vannkvalitet, med pH 5,5. I 1965 startet den systematiske overvåkingen av vannkvaliteten i Mandalselva (Henriksen m.fl. 1981). Gjennomsnittlig årlig pH i elvevannet lå rundt 4,7-5,0 fram til begynnelsen av 1990-tallet (SFT 1994). Beregninger av syre-nøytaliserende kapasitet (ANC) fra 1980 viste i starten verdier helt nede i - 40 $\mu\text{ek/L}$, og de holdt seg hovedsakelig under - 20 $\mu\text{ek/l}$ til tidlig på 1990-tallet (SFT 1995). Elvevannet inneholdt også høye konsentrasjoner av labilt aluminium, med et gjennomsnitt på over 100 $\mu\text{g/l}$. Slike høye konsentrasjoner av denne aluminiumsfraksjonen er giftig for laksen.

Forslag om å kalke Mandalselva i 1933

Fiskerisekretær Sunde mente at resultatene fra filtreringen av klekkerivann på Sørlandet var så oppløftende at forsøkene kunne gjennomføres i fullskala. Allerede i årsmeldingen fra Fiskeriinspektøren for 1933 foreslo han at det sure vannet i Mandalselva kunne motvirkes ved å tilsette kalksteinmel. Han vurderte prosjektet som "meget lett gjennomførlig", og mente at økonomiske vurderinger ville avgjøre om planen skulle iverksettes (Sunde 1934). Noen kostnads kalkyler eller beregninger av nødvendig kalkbehov for å avsyre Mandalselva ble imidlertid ikke lagt fram. Sunde mente at den nåværende "sure perioden" før eller seinere ville ta slutt, slik at kalking bare ville være aktuelt for ei kortere tid. Der tok nok fiskeeksperten feil! Han var likevel framsynt når det gjaldt planer om å kalke Mandalselva, men det skulle altså gå over 60 år før den ble iverksatt.

Litteratur

Anonym 1962. Fiskeriinspektørens årsmelding om ferskvannfisket for årene 1951-1962. - Landbruksdepartementet.

Dahl, K. 1926. Vandets surhetsgrad og dens virkninger paa ørretyngel. - Tidsskrift for Norsk Landbruk 33: 232-242.

Dahl, K. 1927. The effect of acid water on trout fry. - Salmon and Trout Magazine 46: 35-43.

Henriksen, A, Snekvik, E. og Volden, R. 1981. Endringer i pH i perioden 1966-79 for 38 norske elver. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 2/81. (69 s.)

Hesthagen, T. og Hansen, L.P. 1991a. Estimates of the annual loss of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway due to acidification. - Aquacult. and Fish. Manage. 22: 85-91.

Hesthagen, T. og Hansen, L.P. 1991b. Tap av laks i forsurede lakse-elver i Norge. - NINA Oppdragsmelding 94: 1-12.

Jensen, K.W. og Snekvik, E. 1972. Low pH levels wipe out salmon and trout populations in southernmost Norway. - *Ambio* 1: 223-225.

Kroglund, F., Wright, R.F. og Burchart, C. 2002. Acidification and Atlantic salmon: critical limits for Norwegian rivers. - *Naturens Tålegrenser*, Fagrapport 111. Miljøverndep., (NIVA Rapport O-20191).

Kvalheim, O. 1959. Sørlandets mest berømte lakseelv. Mandalselva i gamle dager. - *Stangfiskeren* 27: 24-31.

Mylona, S. 1996. Sulphur dioxide emissions in Europe 1880-1991 and their effect on sulphur concentrations and depositions. - *Tellus* 48B: 662-689.

SFT (Statens forurensingstilsyn). 1994. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 583/94.

SFT (Statens forurensingstilsyn). 1995. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 628/95.

Slettan, B. 1971. Om laksefisket i Mandalselva i eldre tid. - Hovedfagsoppgave i historie, Universitetet i Oslo.

Sunde, E.S. 1922. Laksefiskeriene. - i: Fiskeri-inspektørens årsmelding om ferskvannfisket for 1921. Landbruksdepartementet.

Sunde, E.S. 1926. Surt vand dræper laks - og ørretengel. - *Norsk Jæger og Fisker-Forenings Tidsskrift* 55: 1-4.

Sunde, E.S. 1934. Laksefiskeriene. - S. 9-12 i: Fiskeri-inspektørens årsmelding om ferskvannfisket for 1933. - Landbruksdepartementet.

Wright, R.F. 1977. Historical changes in the pH of 128 lakes in southern Norway and 130 lakes in southern Sweden over the period 1923-1976. SNSF prosjektet TN 34/77. (71 s.)

3.2 Laksebestanden i Tovdalselva - utvikling og historikk før kalking

Dag Matzow¹ og Einar Kleiven²

¹Fylkesmannen i Aust-Agder, ²NIVA-Sørlandsavdelingen

Innledning

I gammel tid var Tovdalselva ei av de beste lakseelvene på Sørlandet. Som i Mandalselva var laksen en viktig del av det økonomiske utkommet for bønder langs elva, og for handelsmenn og embetsmenn som visste å nytte sine privilegier.

Tovdalselva munner ut i Topdalsfjorden, som er en forlengelse av Kristiansandsfjorden. Den nedre del av elva blir ofte kalt for Topdalselva. Ei annen mektig elv, Otra, munner ut i samme fjordsystem. Når laksen kommer et stykke inn i Kristiansandsfjorden mellom Odderøya og Sjursøya møter den elvestrømmen fra Otra. Her er fjorden bare halvannen kilometer bred, og laksen må velge om den skal gå opp i Otra eller gå gjennom elvestrømmen og fortsette inn i Topdalsfjorden. Og laksen har til alle tider visst hva den skulle velge. "En Topdals-Lax søger aldrig og findes aldrig i Torridals-Elven, og en Torridals-Lax kommer aldrig i Topdals- eller nogen anden Elv." – I 1811 skrev Henrik Wergelands far Nicolai dette i Otralaksen var bred og stutt mens Tovdalslaksen hadde en slankere kroppsform, og når laks ble fanget i fjorden visste fiskerne beskjed om det var Otralaks eller Topdalslaks de hadde foran seg.

Boenfossen og Teinefossen

Laksen kommer uten problemer opp til Bufossen – eller Boenfossen som den vanligvis blir kalt. Denne fossen er i dag et betydelig vandringshinder. Når laksen kommer opp og forbi Bufossen kan den relativt uhindret komme opp til Herefossfjorden. Corneliussen (1914) skrev i 1723 at det i Herefossfjorden "iblandt af en Hændelse kand fanges en Sviling (Lax)". Den største hindringen på denne strekningen er Teinefossen et stykke ovenfor Flakksvann. Navnet på denne fossen forteller at det har vært et viktig fiske her i gammel tid. Laksen kunne lett komme forbi fossen i et sideløp på østsida, men dette ble delvis stengt av en fløtningsmur som ble bygget i 1882 (Helland 1904). Det ble laget en luke i muren, men denne har periodevis vært lite tilgjengelig for fisk på vandring. I 2001/2002 ble det gjort tiltak for på ny å lette lakseoppgangen i dette løpet. Det er ikke umulig for laks å gå opp selve fossen, men det er åpenbart at muren fra 1882 gjorde Teinefossen til et betydelig vandringshinder.

Hvor langt gikk laksen?

Etter all sannsynlighet gikk laksen opp til Gauslåfjorden. Fra Gauslåfjorden til Herefossfjorden har elva to løp. I det ene ligger Herefossen, som ikke er tilgjengelig for oppgang. Det andre løpet danner Laksefossen, som tidligere har vært mulig å passere for oppvandrende laks. Denne fossen skal ha blitt noe påvirket da Sørlandsbanen ble anlagt i 1930-årene, men det er ikke umulig at laksen fortsatt kan komme opp hvis vannføringen er gunstig. Ovenfor Gauslåfjorden kunne laksen gå ca tre kilometer til Storefoss, like ved grensa mellom Birkenes og Froland kommuner. Et annet vitnesbyrd om laksens vandring i Tovdalsvassdraget er at Bringsverd skipreide, det øverste av de to skipreider som omfattet Tovdalsvassdraget, strakte seg til et stykke ovenfor Gauslåfjorden (Stensvand 1941). Skipreidene ble opprettet så tidlig som på 900-tallet i Gulatingslagen, fra Sunnmøre til Agder, og hver skipreide var ansvarlig for å stille ett skip "så langt inn i landet som laksen går" (Gunnnes 1986).

Fisket i Tovdalselva

Fisket ved Bufossen har til alle tider vært spesielt kjent. På Christian II's tid (konge fra 1513-23) ble leia for fisket i fossen betalt med 8 lester salta laks og 100 spekelaks, noe som utgjorde ca 10 000 kg. Senere, omkring 1575, kan en se av leia at fisket avtok mye (Kleiven 1993).

På 1500-tallet beskriver Peder Claussøn Friis fisket i Tovdalselva: "Igjennem denne Dal løber en Aa, oc ere mange skjøne Laxefiskend der udi, dog et besynderligt Fiskeri; som kaldes Bufisken eller Bofisken, oc som hører kronen til, men var i gammel Tid Bondegods met Gaarden, som kaldis Boen.". Ifølge Friis ble det omkring 1530 fisket 20-24 lester laks i Bufisken, tilsvarende 28.000-34.000 kg. At laksefisket i Bufossen var viktig og viden kjent kan være en årsak til at både Kristian 4. og Frederik 3. besøkte elva; amtmann Holm skrev i 1796 at disse Tvende konger skal have siddet der med sine ministre og seet, hvorledes Fiskeriet skede". Begge kongene fikk sine "Cifre" inngravert i fjellet ved fossen (Kleiven 1993, Frøstrup og Vigerstøl 1994).

På 1800-tallet inntok engelske sportsfiskere elva. Fisket ved Boen var viden kjent langt inn på 1900-tallet. Mange standspersoner og kjente menn fra inn- og utland prøvde fiskelykken, ofte med stort hell, til utpå 1950-tallet.

Men det var ikke bare Bufisken som var viktig. Stensvand (1941) hevder at Bufossen ikke var noe betydelig hinder for laksens oppvandring, i alle fall ikke før vassdraget ble berørt av noen "industrielle anlegg" (først og fremst sagbruk), dvs. tidligst på slutten av 1600-tallet. Det første anlegget skal være et sagbruk som lensmannen Erik

Munch i 1580 anla i Flakkefossen, som ligger i et sidevassdrag. Stensvand (1941) antar at første anlegg i Bufossen kom noe senere enn dette. Før 1815 har det fra bøndernes side neppe vært noen klage over at laksen ble avstengt i Bufossen. Men i 1855 hadde laksefisket avtatt drastisk på oversiden av fossen. Stensvand var født i 1844 og husker at det ble fisket laks på stang i elva ovenfor Bufossen i alle fall til 1875. Bufossen har med andre ord vært en betydelig hindring for oppvandring i minst 150 år, først og fremst som følge av inngrep i forbindelse med utnytting av vannkraften.

Hvor store var fangstene av laks?

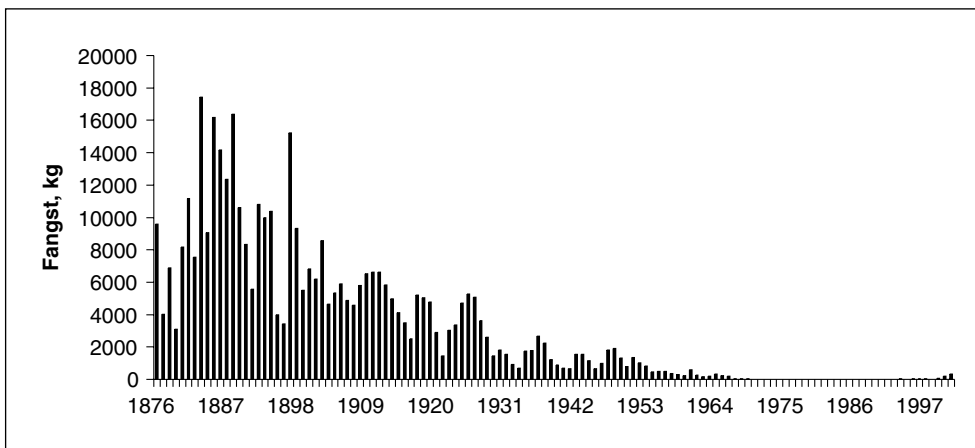
I den offisielle laksestatistikken som startet i 1876 var Tovdalselva fremdeles ei av de gode lakseelvene i landet (**figur 3.3**). De ti første årene var gjennomsnittlig årsfangst 9.560 kg laks. Størst fangst ble registrert i 1883, med 17.422 kg. I årene 1880-83 var Tovdalselva nummer tre blant landets lakseelver, både med hensyn til vekt og verdi (Kleiven 1993). Når man legger til annen fanget laks som ikke ble rapportert, og ikke minst de betydelige mengder som ble fanget i sjøen, har Tovdalselva utvilsomt produsert betydelige mengder laks i siste del av 1800-tallet.

Fra midten av 1800-tallet begynte et omfattende laksefiske i sjøen. De første kilenøtene ble tatt i bruk i Rogaland i 1844. Femti år senere var det i hele landet mer enn åtte tusen kilenøter (Berg 1986), og 360 i Lister og Mandals amt (Kvalheim 1959). Det store antall kilenøter gjorde stort innhogg i laksebestanden. I 1887, 1895 og 1900 var fordelingen mellom sjøfangstene i amtet og elvefangst i Tovdalselva disse: 37.880/12.350 kg, 40.587/3.971 kg og 41.471/6.819 kg. Disse tallene illustrerer i tillegg at det var stor variasjoner i elvefangstene fra år til år.

Etttersom det er svært begrensede gyte- og oppvekstområder i elva nedenfor Bufossen er det åpenbart at mye laks må ha klart å ta seg opp forbi fossen og utnyttet de 40 km med tilgjengelig elvestrekning på oversida. Men det ble fanget lite laks ovenfor Bufossen. I tidsrommet 1884-86 ble bare 4,6 % eller 600 kg fanget, mot totalt 13.135 kg i hele vassdraget (Landmark 1889). Også Landmark (1880) er av den oppfatning at elva har "talrige, til dels meget gode Gydepladse" ovenfor fossen, men det er ikke høler som laksen samler seg i "og hvor Andledningen til dens Fangst er let". Det er "en for Elvens Produktion meget heldig Omstændighed" skriver han videre.

Kultivering

Kunstig utklekking av laks kom tidlig i gang ved Bufossen og var i drift i lang tid. Fiskeriinspektør Landmark (1880) skriver at det "paa Boen værende Udklækningsapparat"



Figur 3.3. Fangststatistikk for Tovdalselva fra 1876 til 2001.

hadde vært ute av bruk i mange år fordi fangsten av stamfiske var vanskeliggjort “ved det føromtalt Fabrikianlæg. Sidste Høst blev det derimod igjen belagt med Laxerogn” Våren 1881 ble det således klekket og satt ut 20.000 yngel og året etter 60.000. I 1884 og 1886 ble det klekket og sluppet ut 100.000 hvert av de to år (Landmark 1889). Men en større utsetningsperiode ble tidsrommet 1887-90, da det årlig ble satt ut mellom 112.000 og 140.500 yngel årlig (Landmark 1894).

I sitt budsjettforslag for 1881 foreslo Landmark å bygge en “Utklækningsanstalt for Laxerogn, beregnet paa en Udklækning af ca. 2 Millioner Yngel” (Landmark 1886). Landmark (1886) så for seg at en storstilt utklekking ved Bufossen ville komme “den tilstøtende Kyststrækning” til gode, som var ”stærkt besat med Kilenøter”. Utvidelsen av klekkeriet ble ikke gjennomført. Stortingskomiteen var redd for at oppgangen av laks i fossen skulle bli vanskeliggjort, og at eieren av fisket i Bufossen skulle få for stor fordel av det.

I et avisintervju i 1933 med Ditlef Hegermann, daværende eier av Boen bruk, opplyser han at det i løpet av en 20-års periode var satt ut “hele 20 millioner lakseyngel i elva... men i stedet for å få en lakserik elv, er det gått fort den andre veien, slår han fast” (Frøstrup og Vigerstøl 1994). Klekkeriet ble drevet videre av Johan G. Olsen som overtok Boen bruk i 1940. Driften varte til ca 1960.

Tovdalslaksen gikk tapt

Som i andre lakseelver på Sørlandet begynte sur nedbør å gjøre seg gjeldende ved inngangen til 1900-tallet (Mylona 1993, Kroglund m.fl. 1994) og fangstene avtok. I tiåret fra 1916 var fangstene i snitt 4.088 kg årlig, og i tiåret fra 1956 bare 317 kg. Så seint som i 1924 drog to mann 1.352 laks og sveler i Bufossen i løpet av to måneder (Kleiven 1993). På 1960-tallet ble det fortsatt fisket noen laks her, men omkring 1970 var laksebestanden i Tovdalselva tapt.



Laks på 9,6 kg tatt ved Flakkebrua nær Teinefossen i 1957. Mannen på bildet er Anders K. Flakk.

Foto: Arfinn Flaa.

Laksen i Tovdalselva har måttet tåle mye gjennom de siste hundreår. Med den kultiveringsinnsats som nå blir nedlagt i elva, med kalking og utklekking av lakserogn, er håpet nå at vi skal få en bærekraftig laksestamme som kan ha ei sikker framtid foran seg.

Litteratur

Berg, M. 1986. Det norske lakse- og innlandsfiskets historie. Fiskeetaten 1855-1986. - Universitetsforlaget. (162 s.)

Corneliussen, C. 1914. Beretning om vestre Raabygdelaugets Fogderi 1723. - S. 22-31 i: Bidrag til Agders Historie. Utgitt av Agders Historielag.

Frøstrup, J.C. og Vigerstøl, N.P. 1994. Veiderliv II. Glimt fra Agders jakt- og fiskehistorie. - Friluftsførlaget. (312 s.)

Gunnes, E. 1986. Lagting og leidang. - S. 126-131 i: K. Mykland (red.). Norges Historie. Bind 2. Cappelen. Oslo.

Helland, A. 1904. Topografisk-statistisk beskrivelse over Nedenes amt. Første del. - Aschehoug og Co. (W. Nygaard). Kristiania. (780 s. + kart)

Kleiven, E. 1993. Kongeleg laksefiske i Tovdalselva. - S. 13 i: Agderposten, 6.april 1993.

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

Kvalheim, O. 1959. Sørlandets mest berømte lakseelv. Mandalselva i gamle dager. - Stangfiskeren 27: 24-31

Landmark, A. 1880. Fiskeri-Inspektørens Indberetning om Ferskvandsfiskerierne for Aarene 1876-1879.

Landmark, A. 1886. Indberetning fra Fiskeri-Inspektøren hvad der til Ferskvandsfiskeriernes Fremme er udført og om disses Tilstand i Aarene 1880-1883. (173 s.)

Landmark, A. 1889. Fiskeri-Inspektørens Indberetning om Ferskvandsfiskerierne for Aarene 1884-1886. (121 s.)

Mylona, S. 1993. Trends of sulphur dioxide emissions, air concentrations and depositions of sulphur in Europe since 1880. - EMEP/MS-C-W Report 2/93. (35 s.)

Stensvand, A. 1941. Laksefisket i Tovdalselven. - Gjengitt i Birkenes historielag, Årsskrift nr. 18 1999: 21-28.

Wergeland, N. 1963 (1811-). Christianssands Beskrivelse. Skrifter utgitt av Kristiansan Museum. Nr. 1. (461 s.)

4 Vannkvalitet

4.1 Vannkjemi i Tovdals- og Mandalsvassdraget

Atle Hindar

NIVA-Sørlandsavdelingen

Sammendrag

Vannkvaliteten i Tovdals- og Mandalsvassdraget var gjennom hele 1980-tallet svært dårlig for laks, men har gradvis endret karakter fra tidlig på 1990-tallet og fram til kalkstart i hhv. 1996 og 1997. pH økte og giftig aluminium i vannet avtok som følge av mindre surt nedfall. I begge vassdrag bidro kalking til en total endring i deler av vannkjemien, og pH i overvåkingsseriene har med få unntak vært høyere enn 6,0 på anadrom strekning i tiden etter kalkingsstart. Kontinuerlig måling av pH har imidlertid vist at kraftig nedbør med stor tilførsel av surt vann fra sidefeltene på anadrom strekning i tidlige flomfaser og særlig i perioder med frost i bakken har skapt problemer også etter kalking.

Innledning

Reetablering av laks i forsurede vassdrag forutsetter at det gjennomføres kalkingstiltak som gir tilstrekkelig vannkvalitet for laksen gjennom hele året. Siden laksens ulike livsstadier har forskjellige krav til vannkvalitet, bør kalkingen optimaliseres med hensyn på det som til enhver tid er tilstrekkelig vannkvalitet. En slik optimalisering vil også medføre at det ikke brukes mer kalk enn nødvendig, og økonomien i tiltaket vil derfor være best mulig. Her redegjøres det for vassdragenes generelle vannkvalitet basert på overvåkingsdata (Hindar og Skancke 2002, Kaste og Skancke 2002) og analyser utført av Hindar m.fl. (2000).

Resultater

Ved karakteristisk vannkvalitet og trender i Tovdals- og Mandalsvassdraget, har vi valgt å bruke data fra overvåkingsstasjonene i nedre del av vassdragene (Marnardal i Mandalsvassdraget og Boenfossen i Tovdalsvassdraget) i denne presentasjonen. Vannkvalitet med hensyn på pH, Al-fraksjoner og total organisk karbon (TOC) og den endringen som har skjedd de siste årene er gjennomgått.

For Mandalsvassdraget eksisterer det data helt tilbake fra 1964 og i Tovdal fra 1967 (Snekvikserien), men bare pH ble målt helt fram til det statlige overvåkingsprogrammet startet i 1980. Da ble alle hovedioner inkludert. Fra 1984 er det målt Al-fraksjoner og fra 1985 TOC ved disse stasjonene.

Vannkvaliteten i Tovdals- og Mandalsvassdraget var gjennom hele 1980-tallet svært dårlig for laks, men har gradvis endret karakter fra tidlig på 1990-tallet og fram til kalkstart i hhv. 1996 og 1997 (se tidsutvikling for pH i **figur 4.1**). I Mandalselva ved Marnardal var vannkvaliteten dårligst på slutten av 1970-tallet, og vi kan se en utvikling med redusert pH i den tidligste delen av denne perioden i takt med økt forsurening.

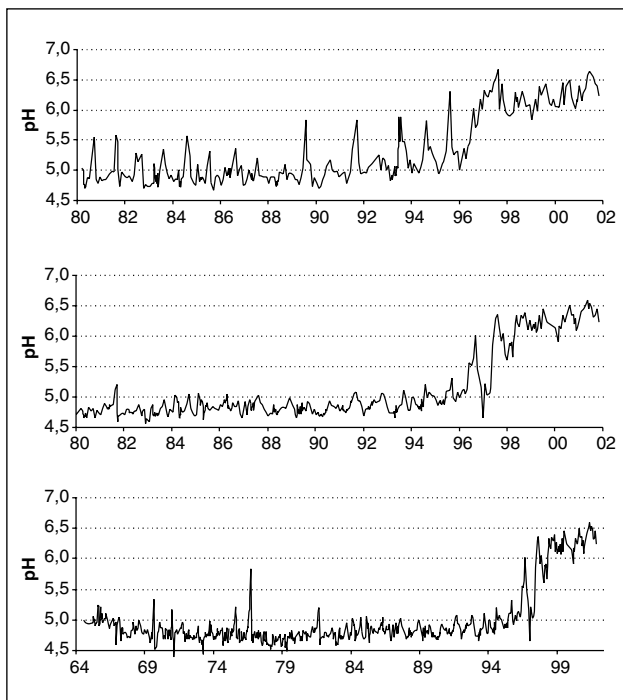
I begge vassdrag bidro kalking til en total endring i deler av vannkjemien, og pH i overvåkingsseriene har med få unntak vært høyere enn 6.0 på anadrom strekning i tiden etter kalkingsstart. Kontinuerlig måling av pH har imidlertid vist at kraftig nedbør med stor tilførsel av vann fra de sure sidefeltene på anadrom strekning i tidlige flomfaser og særlig i perioder med frost i bakken (rask vannføringsøkning) har skapt problemer. Dette er bl.a. godt dokumentert i DN's overvåkingsrapport for 1999 og i driftskontrollrapporter fra NIVA (Høgberget 2000). I disse periodene har kalkingen ikke klart å holde pH over de vannkvalitetsmålene som ble satt. Dette var utgangspunktet for simuleringsprosjektet i Tovdalsvassdraget (Hindar og Tjomsland 2001).

Måleseriene som ble brukt for analyser av aluminium er splittet i tre; perioden 1984/85-1989; 1990-1996/97 og 1996/97-1998/99. Første periode representerer tida fra Al-fraksjoner ble inkludert i vannkjemiprogrammet og fram til en positiv vannkvalitetsutvikling kunne registreres, andre periode fram til kalkstart, mens tredje periode er etter kalking.

Endringene over tid i reaktivt (RAI) og labilt (LAI) Al fra 1984 til 1998/99 og forholdet mellom LAI og pH er vist i **figur 4.2** og **figur 4.3**. Forholdet mellom pH og hhv. labilt Al og TOC er også sammenliknet for de to vassdragene.

Mandalsvassdraget fram til kalking hadde middel-pH på 4,8 i perioden 1985-1989, og pH var signifikant ($p < 0,01$), men svakt økende til 4,9 i perioden fram til kalkingsstart sommeren 1997. Labilt Al var svært variabel, med middel- og medianverdier på 120 µg/L i den første delen av perioden før kalking, signifikant avtakende til 100 µg/L i den andre perioden. Verdier på opp mot 200 µg/L ble registrert i hele perioden før kalking.

Tovdalsvassdraget fram til kalking hadde middel-pH på 4,9 i perioden 1985-1989, men signifikant økende til 5,2 i perioden 1990 og fram til kalkingsstart høsten 1996.



Figur 4.1. Tidsutvikling i pH i Tovdalsvassdraget (øverst)- og Mandalsvassdraget (midten og nederst).

Labilt Al var svært variabel, med middel- og medianverdier på 140-150 $\mu\text{g/L}$ i den første delen av perioden før kalking, signifikant ($p < 0,05$) høyere enn i Mandalsvassdraget. Middelkonsentrasjonen for LAI var signifikant ($p < 0,05$) avtakende til noe under 100 $\mu\text{g/L}$ i den andre perioden, ikke signifikant forskjellig fra Mandalsvassdraget. Verdier på opp mot 200 $\mu\text{g/L}$ ble også i dette vassdraget registrert i denne perioden.

I Mandalselva var variasjonen i pH, RAl og LAI langt mindre enn i Tovdalselva, men Tovdalselva hadde gjennomgående høyere konsentrasjoner av Al-fraksjoner enn Mandalselva. Fra 1990 har det vært en markert nedadgående tendens for LAI i Mandalselva, noe senere i Tovdalselva, og i begge elver ga sjøsaltepisoden i januar 1993 (Hindar m.fl. 1994) markerte utslag. Kalkingen har trolig, i tillegg til redusert forsuring, vært med å redusere konsentrasjonen av RAl i begge vassdrag, og LAI er redusert til svært lave nivåer, spesielt pga kalking.

Forholdet mellom LAI og pH kan brukes til å undersøke om det har vært en endring i mobilisering og/eller spesiering av de giftige, uorganiske Al-forbindelsene fra den ene til den andre perioden. Mens data fra alle de tre periodene fordeler seg jevnt langs en nesten sammenhengende eksponensiell kurve i Tovdalselva, er det en signifikant reduksjon i LAI-konsentrasjonene ved samme pH i Mandalselva i perioden 1990-1996. Dette kan forklares ved at syretrykket er blitt mindre og at mindre Al mobili-

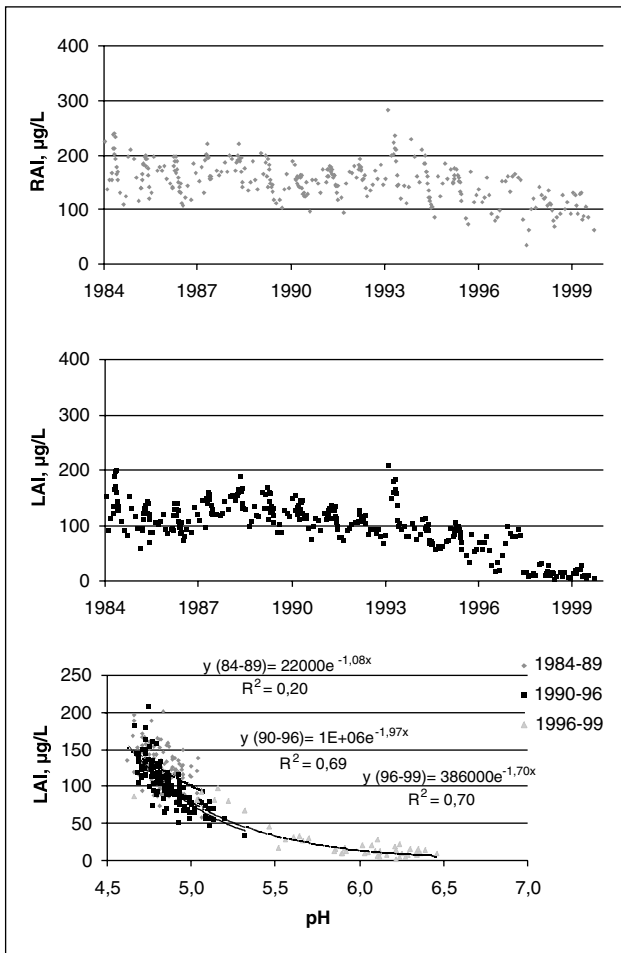
seres fra terrenget. Siden analyse av total Al ikke foreligger innenfor overvåkingsundersøkelsene kan en imidlertid ikke med sikkerhet si om det har vært en generell reduksjon i de totale Al-tilførslene.

Lavere LAI kan også generelt forklares ved at pH er økt samtidig med økning i TOC fra ca. 1990. TOC-økning medfører at Al i sterkere grad bindes til organisk materiale.

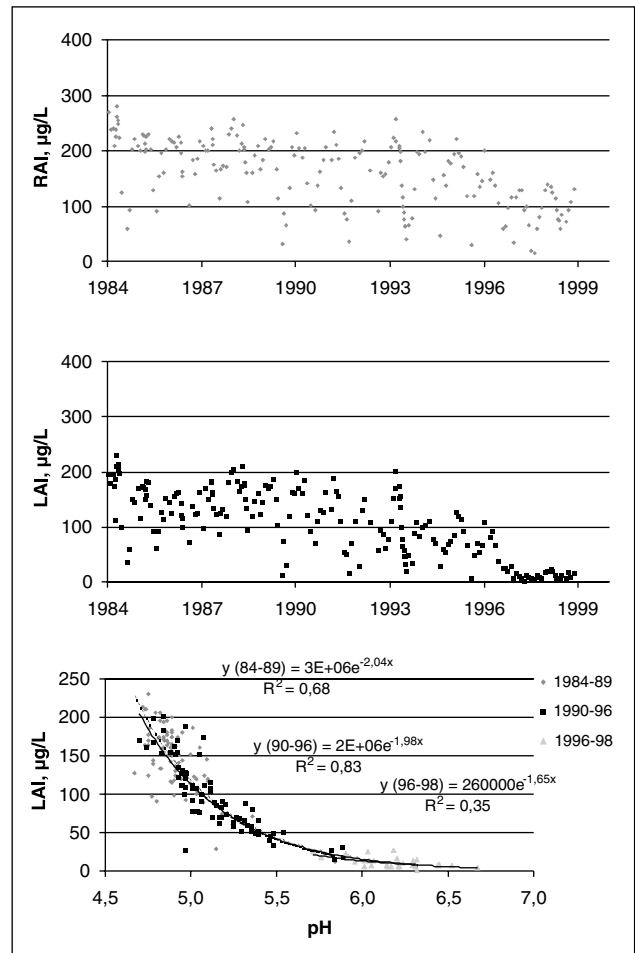
Konsentrasjonen av LAI var klart høyere ($p < 0,05$) i Tovdalselva enn i Mandalselva ved samme pH når pH var lavere enn 5,5 i hele den undersøkte perioden. Ved høyere pH og etter kalking var det ikke signifikante forskjeller, men før kalking økte forskjellen med avtakende pH.

Syre-”trykket”, målt som sulfatkonsentrasjon i vassdragene, var markert større i Tovdalselva enn i Mandalselva. I 1985 var den ikke-marine sulfatkonsentrasjonen i Tovdalselva og Mandalselva hhv. 3,8 og 2,8 $\text{mg SO}_4/\text{L}$, mens den i 1998 var redusert til hhv. 2,3 og 1,5 $\text{mg SO}_4/\text{L}$. Reduksjonen er 1,48 mg/L i Tovdalselva og 1,27 mg/L i Mandalselva, som tilsvarer hhv. 49 og 45 % reduksjon. Forskjellen i konsentrasjoner mellom elvene kan tilskrives forskjellen i midlere spesifikk avrenning. Den er 33,9 L/s km^2 i Tovdalselva (NVE-st. 531 Flaksvatn) og 47,6 L/s km^2 i Mandalselva (NVE-st. 548 Kjølamo). Svoveldeposisjonen er omlag den samme, men konsentrasjonen blir mindre i Mandalselva pga fortykning. Det forklarer også den lavere konsentrasjonen av giftig aluminium (LAI) i Mandalselva. Årsaken til at variasjonen i Al er større i Tovdalselva er trolig at vannføringen er mer naturlig på grunn av liten regulering og at det i perioder med lavvannføring om sommeren transporteres lite Al i vassdraget (Hindar m.fl. 2000).

Det var også en signifikant ($p < 0,01$) forskjell mellom TOC-konsentrasjonene i de to vassdragene før kalking (ved $\text{pH} < 5,5$). Middelkonsentrasjonen i Mandalsvassdraget var 2,8 mg/L , mens den var 3,4 mg/L i Tovdalsvassdraget. Etter kalking var middelkonsentrasjonene høyere i begge vassdragene, men ikke lenger signifikant forskjellige, og lå på hhv. 3,5 og 3,7 mg/L . Dette kan se ut som en kalkingseffekt, men en slik trend er funnet for hele regionen, og kan henge sammen med den generelle endringen i klimatiske forhold (SFT 1999). En kalkingseffekt kan imidlertid ikke utelukkes, spesielt fordi økningen i Mandalsvassdraget var så stor i forhold til Tovdal. Dette bør undersøkes nærmere.



Figur 4.2. Endring i reaktivt Al (RAI) og labilt Al (LAI) over tid i Mandalselva, samt forholdet mellom pH og labilt Al for tre ulike perioder.



Figur 4.3. Endring i reaktivt Al (RAI) og labilt Al (LAI) over tid i Tovdalselva, samt forholdet mellom pH og labilt Al for tre ulike perioder.

Litteratur

Hindar, A., Henriksen, A., Tørseth, K. og Semb, A. 1994. Acid water and fish death. - *Nature* 372: 327-328.

Hindar, A. og Skancke, L.B. 2002. Tovdalsvassdraget. Vannkjemi. I: Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2001. - DN-notat 2002-1: 42-44.

Hindar, A., Teien, H.-C., Salbu, B., Lierhagen, S. og Oug, E. 2000. Faktorer som påvirker aluminiumskjemien og dermed vannkvalitetsmålet for laks i Tovdal- og Mandalsvassdraget. - NIVA Rapport 4229-2000. (81 s.)

Hindar, A. og Tjomsland, T. 2001. Evaluering av kalkingsstrategien på lakseførende strekning i Tovdalselva ved hjelp av en vassdragsmodell og forslag til endringer i styringssystemet for kalkdosering. - NIVA Rapport 4401-2001. (42 s.)

Høgberget, R. 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. - NIVA Rapport 4276-2000. (16 s.)

Kaste, Ø. og Skancke, L.B. 2002. Mandalsvassdraget. Vannkjemi. s. 63-65 i Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2001. - DN-notat 2002-1.

SFT 1999. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 1998. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 781/99. (240 s.)

4.2 Optimalisering av kalkingsstrategi

Atle Hindar

NIVA-Sørlandsavdelingen

Sammendrag

Siden det er uorganiske aluminiumsformer som gir den primære giftvirkningen hos fisk i surt vann, er det viktig at pH-målet ved kalking knyttes så nært opp til variasjonen i Al-konsentrasjon og fordelingen av Al-forbindelser som mulig. Mange faktorer påvirker imidlertid Al-kjemien i vassdrag. Resultater fra undersøkelser i Tovdals- og Mandalsvassdraget i dette prosjektet viste at grunnlaget for å sette differensierte vannkvalitetsmål, både på grunnlag av årstid og på grunnlag av generell vannkvalitet, er styrket. Det vil si at vannkvalitetsmålene kan være vassdragsspesifikke. Vassdrag med relativt høy konsentrasjon av organisk stoff kan ha lavere pH-mål enn klarvannsvassdrag. pH-målet kan være lavere sommer og høst enn sein vinter og vår fordi temperatur er en viktig forklaringsvariabel for fordeling av aluminiumsformer. I tillegg kommer lakse-smoltens spesielle vannkvalitetskrav, som forsvaret et forholdsvist høyt pH-mål i perioden april-juni. Siden uorganisk monomert Al er så godt korrelert med pH, kan det se ut til at pH-nivået er mer avgjørende for toksisiteten enn om kalktilsettingen skjer høyt oppe i vassdraget.

Innledning

Reetablering av laks i forsurede vassdrag forutsetter at det gjennomføres kalkingstiltak som gir tilstrekkelig vannkvalitet for laksen gjennom hele året. Siden laksens ulike livsstadier har forskjellige krav til vannkvalitet, bør kalkingen optimaliseres med hensyn på det som til enhver tid er tilstrekkelig vannkvalitet. En slik optimalisering vil også medføre at det ikke brukes mer kalk enn nødvendig, og økonomien i tiltaket vil derfor være best mulig.

Å komme fram til en økologisk og økonomisk optimal vassdragskalking (Hindar 1992) har vært målsettingen med de to litt større vannkjemiske prosjektene i Reetableringsprosjektet. I ett av dem var formålet å legge grunnlag for en mer stabil vannkvalitet i den lakseførende strekningen i Tovdalselva (Hindar og Tjomsland 2001). Resultater ved bruk av simuleringsmodeller ble antatt å vise om vannkvaliteten kunne forbedres med tilpasninger av eksisterende kalkdoseringsanlegg eller om andre kalkingsteknikker, slik som terrengkalking i lokalfeltet nedstrøms Herefossfjorden, ville være nødvendig i tillegg. Overføringsverdien av resultatene for slike simuleringer til Mandalsvassdraget og andre vassdrag ble antatt å være høy.

Tovdalsvassdraget er fullkalket siden oktober 1996 ved at det er satt i drift fem store kalkdoserere i vassdraget. Tiltaket er basert på alt. II i kalkingsplanen fra 1991 (Hindar 1991) med unntak av dosereren ved Klepsland i Uldalsvassdraget, som er plassert høyere oppe i sidevassdraget enn anbefalt, og at en doserer et stykke opp i Tovdalsgreina ble sløyfet. I 1999 ble det etablert en uavhengig driftskontroll i vassdraget (Høgberget 2000) og justeringer av kalkingsstrategien i øvre del er anbefalt (Hindar m.fl. 2000).

Vannkvaliteten i Herefossfjorden og kalkdoseringen i utløpet av denne innsjøen skal gi tilstrekkelig god vannkvalitet på anadrom strekning. Dette er særlig viktig om våren i forbindelse med smoltifiseringen. Takket være kontinuerlig måling av pH er det imidlertid avdekket at det ikke var god nok kontroll med vannkvaliteten på den anadrome strekningen (Hindar 2000, Høgberget 2000). Det skyldes at vannet i sidefeltene i den nedre del (**figur 4.4**, **tabell 4.1**) er surt og aluminiumsholdig og at nedbør gir raskere avrenning her enn i hovedvassdraget. Faseforskylvingen i vanntransport har gitt uakseptabelt lav pH på anadrom strekning i perioder til tross for kalking.

Tovdalsvassdraget er langt og det tar tid å transportere kalk nedover i vassdraget. Dosert kalk ved Søre Herefoss kan bruke flere dager på å nå utløpet i fjorden. Dersom det lokale tilsiget øker mye i løpet av f.eks. ett døgn, vil tilført kalk ved Søre Herefoss doseringsanlegg ikke nå fram tidnok til å kompensere for dette. Dette forholdet kan forsterkes med tele i bakken fordi avrenningen fra lokalfeltet nedstrøms Herefossfjorden da blir spesielt rask (udempet). I utgangspunktet, det vil si med de eksisterende styringsmuligheter, ville det ikke være mulig å styre kalkdoseringsanlegget ved utløpet av Herefossfjorden etter slike forhold uten vesentlig kostnadsøkning.

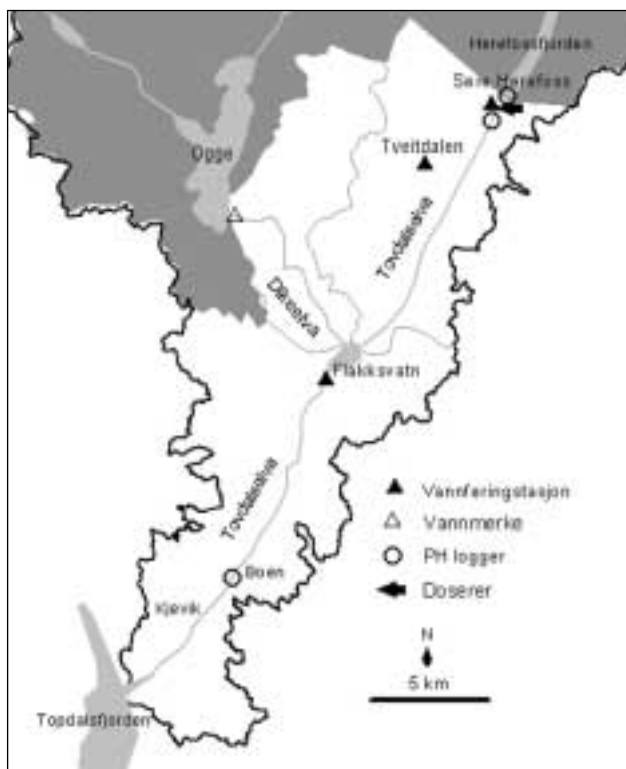
I dette prosjektet tok vi sikte på å undersøke om det finnes andre styringsprinsipper for kalkdosereren som kan gi tilstrekkelig kontroll med vannkvaliteten eller om andre kalkingsalternativer må vurderes, slik som en eller flere ekstra kalkdoserere eller terrengkalking i hele lokalfeltet nedstrøms Herefossfjorden.

Metoder

Arealer for sidefelt ble funnet (**tabell 4.1**) og vannkjemi ble målt i alle sidebekker på denne strekningen. Vi benyttet matematiske modeller for å simulere kalktransport og pH på strekningen mellom Søre Herefoss og Topdalsfjorden (**figur 4.4**). Modellene gir mulighet for å synliggjøre tenkte situasjoner slik at vi kan avdekke hva som kan føre til kritiske forhold og eventuelt hvordan slike episoder kan unngås.

Det ble beregnet hvordan tilførsler fra kalkdoseringsanlegget ved Søre Herefoss påvirker vannkvaliteten i vassdraget videre nedover fra Herefossfjorden med hensyn på kalsium og pH ved bruk av elvemodellen QUAL2E. Modellen ble først kalibrert og testet mot observerte verdier i Tovdalsvassdraget for å få kjennskap til hvor pålitelige simuleringene var. Derneft ble det kjørt diverse scenarier for å få innsikt i de ulike problemstillingene.

Innsjømodellen FINNECO ble benyttet spesielt for å studere hvordan Flakksvatn innvirker på kalktransporten i Tovdalselva og for å få kjennskap til i hvilken grad elvemodellen QUAL2E også kunne anvendes for Flakksvatn.



Figur 4.4. Oversiktskart over nedre del av Tovdalsvassdraget med plassering av dataloggere. Lokalfeltet nedstrøms Herefossfjorden og Ogge er i hvitt. Lokalfeltet ned til Boen er omlag 250 km² stort. Nedre kalkdoserer i vassdraget er ved utløpet av Herefossfjorden.

Tabell 4.1. Arealer til de sidebekker som ble prøvetatt i januar 2001. Nedbørfeltet til Ogges utløp mot Birkeland er beregnet, se tekst i rapporten. Totalt areal for alle sidefelt ned til Boenfossen er gitt. Vesbekken renner ut mellom Boenfossen og utløpet ved Hamresanden.

Lok nr	Lokalitet	Areal-km ²
Lok. 7.30	Risdalsbekk	26,0
Lok. 7.31	Spjotbekken	12,5
Lok. 7.32	Mosfjellbekken	12,5
Lok. 7.33	Ogge ut, sør	50,0
Lok. 7.34	Mørkelibekken	19,0
Lok. 7.35	Barkebekken	7,0
Lok. 7.36	Dikeelva	95,4
Lok. 7.37	Bersebekken	14,0
Lok. 7.38	Dalebekken	12,0
Lok. 7.39	Bjorbekken	5,5
SUM		253,9
Lok. 7.40	Vesbekken	15,0

Totalt areal for lokalfeltet mellom Herefossfjorden og Boenfossen er 254 km² (tabell 4.1). Ved en spesifikk avrenning på 35 L/s/km² gir det en middelvannføring på ca. 9 m³/s. Ved kraftig flom og en faktor på 10-15 ganger middelvannføring kan vi forvente vannføringer opp mot 100-130 m³/s fra dette området. Middelvannføringen i Tovdalselva ved Flakksvatn (1.794 km²) er til sammenlikning ca. 60 m³/s (NVE 1987).

Konklusjoner og anbefalinger er basert på modellsimuleringer, med de generelle usikkerheter dette innebærer og med de usikkerheter som er nevnt ved gjennomgangen av de ulike scenariene i rapporten. Datamaterialet fra vassdraget var imidlertid godt og resultatene er derfor egnet som grunnlag for tiltak.

Resultater

Prosjektet viste at Dersom det doseres kun etter informasjon om vannføring og pH i Tovdalselva ved Søre Herefoss, må det sannsynligvis jevnlig doseres til 0,5 pH-enhet over vannkvalitetskravet, i det minste på stigende vannføringer. Dosering basert på slike sanntidsforhold vil ikke hindre problemer knyttet til sure episoder og vil medføre store ekstrakostnader pga overdosering.

Ved å dosere for vannføringen ved Søre Herefoss til 0,1 pH-enhet over vannkvalitetskravet og i tillegg dosere for det lokale tilsiget dersom dette er stigende, til 0,5 pH-enhet over kravet, vil vannkvaliteten ved Boen langt på vei kunne være akseptabel. En formel for å beregne doseringsmengden ble foreslått i rapporten. Dersom doseringen

startes i henhold til formelen to døgn før kraftig vannfø-
ringsøkning vil effekten av den sure episoden være betrak-
telig redusert. Ved tre døgn korrekt prognose vil proble-
met trolig opphøre. For å prognosere avløpet må man ha
tilgang på varsel om forventet nedbør og temperatur.

Et alternativ til prognosebasert dosering er å dosere kalk
ved utløpet av Flakksvatn for det lokale tilsiget med en
mengde tilsvarende 2. ledd i likningen, f.eks. etter ett døgn
med avtakende pH ved Boen. Dette vil redusere virkning-
en av surt lokalt tilsig betraktelig. En slik ”nøddoserer”
ved utløpet av Flakksvatn bør kunne nøytralisere vannet
ned til Boen i et par døgn inntil økt kalkmengde fra Søre
Herefoss når fram. Det kan være behov for å dosere 100
tonn kalksteinsmel for å nøytralisere en ekstremt sur epi-
sode. Den enkleste form for ”nøddoserer” kan være å
legge forholdene til rette for at en lastebil kan slippe kalk-
steinsmel direkte i elva, men da sier det seg selv at dose-
beregningen blir unøyaktig.

En bedre og langt mer fleksibel metode er imidlertid å
beregne vannføringene med en avløpsmodell, f.eks. HBV-
modellen, som er spesielt utviklet for norske forhold, og
deretter nytte modellen QUAL2E for å se hvordan pH-
verdiene nedover i vassdraget kan forventes å bli i de
kommende dagene ifølge prognosene. Dette kan utnyttes
til å sette igang spesiell dosering. Kritiske situasjoner kan
unngås, likeledes unødvendig overdosering. Modellene
kan på forhånd klargjøres på en slik måte at driftsopera-
tøren kun legger inn karakteristiske, observerte og prog-
noserte tall og dermed får ut resulterende pH-verdier ned-
over i vassdraget i de kommende dagene.

Bruk av modeller krever en ekstra innsats med å tilrette-
legge programmene og til fjernovervåking av data og
fjernstyring av doseringsanlegget. Imidlertid vil fleksibi-
liteten øke betraktelig, sure episoder kan unngås ved å
dosere ekstra og ikke minst kan kalkmengden tilpasses
behovet. Målet om økologisk og økonomisk optimaliser-
ing kan dermed oppfylles hvis dette rent teknisk og opera-
sjonelt er en mulig og akseptabel løsning.

Litteratur

Hindar, A. 1991. Kalkingsplan for Tovdalsvassdraget.
- NIVA Rapport O-91032. (31 s.)

Hindar, A. 1992. Hvordan kalker man økonomisk og øko-
logisk riktig? - S. 43-54 i: Vassdragskalking - strategi og
effekter, FoU-seminar på Finse 9. - 12. mars 1992. Direk-
toratet for naturforvaltning. - DN-notat 1992-5.

Hindar, A. 2000. Tovdalsvassdraget, 2 Vannkjemi. - S.
101-105 i: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av
større prosjekter 1999. - DN-notat 2000-2.

Hindar, A. og Tjomsland, T. 2001. Evaluering av kalk-
ingsstrategien på lakseførende strekning i Tovdalselva ved
hjelp av en vassdragsmodell og forslag til endringer i
styringssystemet for kalkdosering. - NIVA Rapport 4401-
2001. (42 s.)

Hindar, A., Tjomsland, T. og Høgberget, R. 2000. Opti-
malisering av kalkingsstrategien i Tovdalsvassdraget.
- NIVA Rapport 4239-2000. (70 s.)

Høgberget, R. 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskon-
troll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget. - NIVA
Rapport 4276-2000. (16 s.)

NVE 1987. Avrenningskart over Norge. - Norges Vass-
drags og Energidirektorat.

4.3 Faktorer som påvirker vannkvaliteten i Tovdalselva og Mandalselva

Atle Hindar

NIVA-Sørlandsavdelingen

Sammendrag

Vannkvalitetsforbedringen i Herefossfjorden og kalkdoseringsringen i utløpet av denne innsjøen skal gi tilstrekkelig god vannkvalitet på anadrom strekning i Tovdalselva. Dette er særlig viktig om våren i forbindelse med smoltifiseringen. Takket være kontinuerlig måling av pH er det imidlertid avdekket at det ikke var god nok kontroll med vannkvaliteten på denne strekningen. I dette prosjektet kom vi fram til at det var andre styringsprinsipper for denne kalkdosereren som vil gi tilstrekkelig kontroll med vannkvaliteten. Det forutsetter imidlertid styring også etter vannføring i et sidefelt og at en kan basere kalkdoseringen på 2-3 døgn prognoser for vannføringsøkning. Vi benyttet matematiske modeller for å simulere kalktransport og pH på anadrom elvestrekning. Modellene ble brukt for å synliggjøre tenkte situasjoner, avdekke forhold som kan føre til redusert vannkvalitet, samt til å finne fram til hvordan slike episoder kan unngås.

Innledning

Å komme fram til en økologisk og økonomisk optimal vassdragskalking (Hindar 1992) har vært målsettingen med de to litt større vannkjemiske prosjektene i Reetableringsprosjektet. I ett av dem var formålet å se nærmere på hvilke faktorer som har betydning for fordeling av aluminiumsfraksjoner i Tovdals- og Mandalsvassdraget (Hindar m.fl. 1999, 2000).

Siden det er uorganiske aluminiumsformer som gir den primære giftvirkningen hos fisk i surt vann, er det viktig at pH-målet knyttes så nært opp til Al-konsentrasjon og fordelingen av Al-forbindelser som mulig. Mange faktorer påvirker Al-kjemien i vassdrag, og de endres over tid. Kunnskap om denne dynamikken og forskjeller i toleranse hos de ulike livsstadier hos laks overfor surt, Al-holdig vann kan gi bedre grunnlag for å komme fram til riktige vannkvalitetsmål.

Al kan foreligge som enkle lavmolekylære kationer, være kompleksbundet med uorganiske og organiske ligander, foreligge som polymere, kolloider eller partikler. De treverdige kationene (Al^{3+}), som gjerne dominerer i klart vann ved pH-verdier under 5,0, hydratiseres og endres gradvis mot lavere positiv ladning etterhvert som pH stiger. Ved pH høyere enn 7 foreligger Al som aluminat, et negativt ladd Al-ion.

De ulike Al-tilstandsformene har forskjellig løselighet som varierer med temperatur og pH, og ved pH ca. 6,5 er løseligheten av Al minst. Ved å endre pH i vannet fra lav pH til pH 6,5 vil Al polymerisere og danne større kjeder med økende molekylvektstørrelse og avtakende ladning. Den begynnende polymeriseringen kan gi spesielt stor giftvirkning for fisk ved at de overgangsproduktene (Al-polymere) som dannes er svært reaktive overfor fiskegjeller (Rosseland m.fl. 1992).

Analyseteknikkene som brukes for bestemmelse av aluminium skiller mellom ulike Al-fraksjoner, og det er viktig at metodikken fanger opp ustabile former slik at giftvirkningen ved polymerisering kan påvises. De analyseteknikker som finnes i dag er basert på fraksjonering mhp. molekylvektstørrelse og reaktivitet og er operasjonelt definert, dvs. at det som måles er avhengig av separasjonsteknikkene. Ved å kombinere disse teknikkene, samt *in situ* fraksjonering, dvs. fraksjonering på stedet der vannprøvene tas, kan en komme nærmere en forståelse av hvilke Al-former som finnes i vannet, både før og etter kalking.

Både konsentrasjonsnivå og fordeling av ulike Al-forbindelser vil være viktig for vannkvalitetsmålet, og begge disse forholdene endres når pH og konsentrasjon av ligander, særlig løst organisk stoff, endres. Det er derfor klart at vannkvalitetsmålet i teorien kan variere dynamisk gjennom året. Denne dynamikken forsterkes ved at laksens sensitivitet også endres over året, med smoltstadiet om våren som det mest sensitive.

Det er problematisk å styre et kalkdoseringsanlegg etter en slik variasjon i vannkvalitetsmål fordi det er ressurskrevende å måle endringene kontinuerlig. Bakgrunnen for denne undersøkelsen var derfor blant annet å undersøke om toksisitet og dermed vannkvalitetsmål endres systematisk med lett målbare miljøvariable, f.eks. i et sesongmønster.

Elvenes generelle vannkjemi og variasjonen i denne setter grenser for hvor stor effekt miljøvariable har på toksisitet og vannkvalitetsmål. Variasjonen i løst organisk materiale vil påvirke kompleksbindingen med Al, og et klarvannsvassdrag vil kunne være langt mer toksisk enn et humøst vassdrag med samme pH og total Al-konsentrasjon. Det ble i undersøkelsen også lagt vekt på å beskrive vassdragenes generelle vannkvalitet og endringen i denne de siste 15 årene. Den generelle reduksjonen i nedfallet av forsurende forbindelser er viktig fordi mobiliseringen av Al kan reduseres og ladnings- og dermed bindingsforhold i jord endres. Dette er behandlet i en annen artikkel i denne rapporten.

Metoder

I denne undersøkelsen ble det samlet vannprøver i vassdragene under ulike nivåer av temperatur, vannføring og pH. Temperatur, vannføring og reaksjonstid etter kalking (avstand fra dosering) ble brukt som forklaringsvariable.

Det er analysert på en rekke vannkjemiske variable, spesielt Al-fraksjoner. De tre involverte laboratoriene (NIVA, NINA og LAK-NLH) benyttet ulike metoder for Al-bestemmelse. Ett laboratorium (LAK-NLH) har i tillegg benyttet fraksjonering *in situ* mht molekylstørrelse og ladning for å fange opp eventuelle endringer i Al-kjemien fra felt til laboratorium. Resultater som ble oppnådd ved bruk av de ulike metodene er sammenliknet.

De svakhetene ved datasettet som er nevnt i rapporten kan oppsummeres som følger:

- prøvetakingen dekket kun et utvalg av tenkelige kombinasjoner av temperatur, vannføring og pH-nivåer
- referanser til vassdragene med hensyn til kalkingsstrategi er ikke med
- kalkingen har ikke vært optimal på grunn av driftsproblemer i enkelte av de perioder prøvetakingen fant sted. Vannkvaliteten kan derfor ikke sies å ha vært helt representativ for ordinær drift av kalkdoseringsanleggene
- datasettet for feltfraksjonert aluminium fra LAK er ufullstendig på grunn av problemer med frost.

Resultater

Prosjektet viste at grunnlaget for å sette differensierte vannkvalitetsmål, både på grunnlag av årstid og på grunnlag av generell vannkvalitet, er styrket. Det vil si at vannkvalitetsmålene kan være vassdragsspesifikke. Vassdrag med relativt høy konsentrasjon av organisk stoff kan ha lavere pH-mål enn klarvannsvassdrag og pH-målet kan være lavere sommer og høst enn seinvinter og vår. I tillegg kommer laksesmoltens spesielle vannkvalitetskrav, som forsvarer et forholdsvis høyt pH-mål i perioden april-juni.

Siden uorganisk monomert Al er så godt korrelert med pH, kan det se ut til at pH-nivået er mer avgjørende for toksisiteten enn om kalktilsettingen skjer høyt oppe i vassdraget. Andre har dessuten vist at avgiftingshastigheten for Al er pH-avhengig (Kroglund m.fl. 1998). For sure og Al-rike sidebekker som renner ut på anadrom (laks- og sjøaureførende) strekning vil det være viktig med rask eller tidlig avgiftning, for eksempel ved terrengkalking (Hindar og Kroglund 2000), for å unngå ustabil aluminiumskjemi. pH er også en svært viktig forklaringsvariabel for de høy- og lavmolekylære Al-fraksjonene.

Kalking høyt oppe i vassdraget bør etter dette ha en tilleggsbegrunnelse, for eksempel å ta vare på forsøringsfølsomme organismesamfunn i øvre deler eller å fordele risiko for driftsproblemer på flere kalkdoserere.

TOC kommer ut som en viktig forklaringsvariabel, og påvirker fordelingen mellom uorganisk og organisk monomert Al i begge vassdrag. I tillegg gir temperatur ved prøvetaking et viktig bidrag til å forklare variasjonen i aluminium. Det vil si at årstidsvariasjonene påvirker aluminiumskjemien. Ved høy temperatur er det forholdsvis lave konsentrasjoner av både uorganisk og organisk monomert Al. Fordi både TOC og temperatur er viktige forklaringsvariable, er det grunnlag for å sette et relativt lavt pH-mål for kalking i sommerperioden og om høsten.

Vannføring ga bare unntaksvis et signifikant bidrag til å forklare variasjonen i vannkjemien. Det kan forklares med at vannkjemien kan være helt forskjellig ved oppadgående og nedadgående vannføring. Den brukte analysemodellen, med lineær sammenheng mellom vannføring og de variable vi mener den påvirker, tok ikke hensyn til dette.

TOC-variasjonen vil imidlertid delvis representere de ulike forholdene som råder under varierende vannføringsforhold. I tilfeller med høy vannføring er høy TOC - og Al-konsentrasjon assosiert først og fremst med høymolekylære, organiske Al-former. Det vil si at økende flom ikke krever spesielt høyt pH selv om den totale Al-konsentrasjonen øker. Dette viser også at måling av kun total Al ikke er tilstrekkelig for å forklare vannets giftighet.

Avstanden fra kysten til prøvetakingsstedet er viktig for å forklare den generelle vannkjemien og for Al-kjemien spesielt. Ukalkede referansestasjoner med surt vann ligger øverst i vassdraget og vannkvaliteten i vassdragene blir bedre jo nærmere kysten man kommer. Det skyldes ikke bare at kalking gir høyere pH og mindre uorganisk monomert Al, men det er også fordi sulfatkonsentrasjon og sjøsaltbidrag er størst nær kysten.

Det skjer en endring fra lavmolekylært, uorganisk monomert Al mot lavmolekylært, organisk monomert Al ved transport av vannprøver fra elv til laboratorium. Dette er vesentlig. Det tyder på at noe av det uorganisk monomere Al som finnes i elva ikke måles som uorganisk monomert Al i tradisjonelle undersøkelser, slik som overvåkningsundersøkelser. Toksisiteten kan dermed bli underestimert.

Prøver som har ligget lenge på laboratoriet før analyse er stabilisert slik at den statistiske sammenhengen mellom Al-fraksjoner og mellom Al-fraksjoner og andre variable (pH) øker. Syretilsettingen før analyse endrer fordelingen

mellom Al-fraksjonene i forhold til det den faktisk var i elvevannet. Spesielt under flom og ved prøvetaking av vann der en antar at Al-kjemien ikke har nådd stabile forhold bør fraksjonering utføres i felt.

På basis av prosjektet ble det tatt initiativ til prosjekter der flomepisoder i enkelte utsatte vassdrag kunne følges kjemisk og biologisk (Hindar m.fl. 2000, Teien m.fl. 2001). Kunnskapen om flomdynamikk og biologiske responser er derfor økt, bl.a. som et resultat av Reetableringsprosjektet.

Litteratur

Hindar, A. 1992. Hvordan kalker man økonomisk og økologisk riktig? - S. 43-54 i: Vassdragskalking - strategi og effekter, FoU-seminar på Finse 9.-12. mars 1992. Direktoratet for naturforvaltning. DN-notat 1992-5.

Hindar, A. og Kroglund, F. 2000. Forsuringssituasjonen for laks i Vosso og vurdering av behov for ytterligere kalkingstiltak. - NIVA Rapport 4255-2000. (41 s.)

Hindar, A., Teien, H.-C., Lierhagen, S. og Salbu, B. 1999. Hvordan kan generell vannkvalitet, kalkingsstrategi, hydrologi og temperatur påvirke aluminiumskjemien i Tovdals- og Mandalsvassdraget og dermed vannkvalitetsmålet for laks? - Reetableringsprosjektet. Årsrapport 1998. Utredning for DN nr. 1999-7. (18 s.)

Hindar, A., Teien, H.-C., Salbu, B., Lierhagen, S. og Oug, E. 2000. Faktorer som påvirker aluminiumskjemien og dermed vannkvalitetsmålet for laks i Tovdal- og Mandalsvassdraget. - NIVA Rapport 4229-2000. (81 s.)

Hindar, A., Åtland, Å., Teien, H.-C., Salbu, B., Johansen, M.-B., Raddum, G.G., Bjercknes, V. og Skancke, L.B. 2000. Vannkjemiske og biologiske undersøkelser for å studere mulige forsuringsproblemer i vassdrag i Sogn og Fjordane under flomepisoder i 1999. - NIVA Rapport 4256-2000. (88 s.)

Kroglund, F., Teien, H.-C., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Salbu, B. og Kvellestad, A. 1998. Varighet av ustabil og skadelig aluminiumskjemi på giftighet overfor laksepar; renneforsøk utført i Suldalslågen, høst 1996. - NIVA Rapport 3815-98. (64 s.)

Rosseland, B.O., Blakar, I., Bulger, A., Kroglund, F., Kvellestad, A., Lydersen, E., Oughton, D., Salbu, B., Staurnes, M. og Vogt, R. 1992. The mixing zone between limed and acid river waters: Complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. - Environm. Pollut. 78: 3-8.

Teien, H.-C., Standring, W., Salbu, B. og Hindar, A. 2001. Flomdynamikk i forsurede elver; vannkjemiske endringer og biologisk respons i to elver og en simulert estuarieblandsone under flom. - NIVA Rapport 4455-2001. (51 s.)

5 STRATEGI FOR REETABLERING AV LAKS

5.1 Genetiske studier av reetablering av laks i Mandalselva og Tovdalselva

Kjetil Hindar og Torveig Balstad
NINA-Trondheim

Sammendrag

Genetiske undersøkelser kan gi resultater som er viktige for valg av utsettingsstamme og utsettingsstrategi i kalkede vassdrag. Vi har studert laksebestander i og omkring det forsurete området, inklusive materiale samlet inn før bestandene døde ut og etter at samme vassdrag er rekolonisert.

Innledning

De genetiske undersøkelsene i reetableringsprosjektet skal etablere genetisk kunnskap om utviklingen av de reetablerte bestandene, bistå med genetiske vurderinger av strategien for reetablering og bidra med metoder som kan hjelpe de økologiske undersøkelsene. Både naturlig og kunstig reetablering er gjenstand for studier.

En vurdering av reetableringsstrategien for de vassdragene som er forsuret, vil blant annet være avhengig av hvorvidt det fins en restbestand i vassdraget av det vi kan kalle en stedegen stamme. Dette er mer sannsynlig for aure enn for laks, siden laksen gjerne gyter i hovedelva (som har vært sur over lang tid), mens auren ofte gyter i til dels små sidevassdrag, der en kan tenke seg at ett eller flere kan ha hatt områder med akseptabel vannkvalitet.

De genetiske undersøkelsene i elvene på Sørlandet har derfor søkt å svare på spørsmålet om det fantes en restbestand i Tovdalselva, der vi kan teste dette. Videre studerer vi genetisk den fisken som etablerer seg i vassdraget etter kalking, og sammenlikner de reetablerte bestandene med omkringliggende bestander, hvorav én er tatt i bruk som utsettingsmateriale hittil.

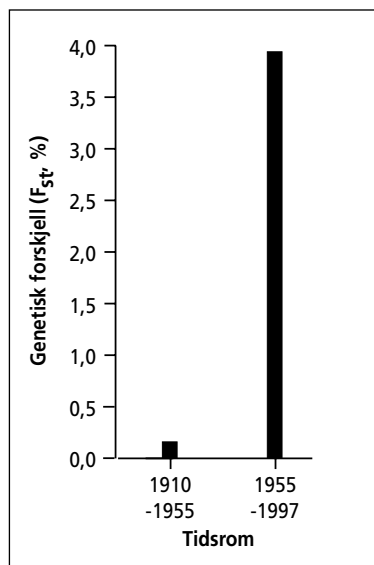
Ble den lokale laksebestanden utryddet av forsurening?

Fra Tovdalselva har NINA et gammelt skjellmateriale av voksen laks som ble samlet inn i elva i 1910, og et annet materiale av repeterte gytere av laks fra 1955-56. Studier av dette historiske materialet, og sammenlikninger med den første naturlig rekrutterte årsklassen i Tovdalselva fra 1997, kan gi oss en pekepinn på om laksen døde ut under

forsuringen, eller om det var en restbestand som overlevde forsureningen.

Vi studerte genetisk variasjon i selve arvestoffet, DNA, som vi utvant fra tørkede lakseskjell. I Danmark har forskere vist at korte DNA-biter (såkalte mikrosatellitter) kan brukes til å analysere laks genetisk fra skjell. Der ble metoden brukt til å vise at den lille bestanden i Skjern Å var en restbestand som likner på laksebestanden som var i elva på 1930-tallet.

For laksen i Tovdalselva fant vi at de to stikkprøvene fra hhv. 1910 og 1955-56 ikke skilte seg nevneverdig i fordelingen av genvarianter i noen mikrosatellitt (**figur 5.1**). På den andre siden var de to stikkprøvene fra hhv. 1955-56 og 1997 signifikant forskjellige. Naturlig nok var også de to stikkprøvene fra 1910 og 1997 forskjellige. Graden av genetisk differensiering mellom stikkprøvene var liten mellom prøvene fra 1910 og 1955-56 og betydelig større mellom 1955-56 og 1997.



Figur 5.1. Genetisk forskjell mellom stikkprøver av laks fra Tovdalselva fra hhv. 1910, 1955-56 og 1997, basert på analyse av DNA-mikrosatellitter.

Vi kan sammenlikne resultatene fra Tovdalselva med en analyse av gamle skjell fra Orkla, der bestanden ble (nær) utryddet på 1950-tallet som følge av metallforurensning fra gruvevirksomhet. Fra Orkla analyserte vi skjell fra 1908, 1930-tallet og de to siste tiårene. Resultatene våre viste ingen diskontinuitet i den genetiske variasjonen slik vi fant hos laksen fra Tovdalselva. Derimot var Orkla-

laksen før og etter bestandsknekken ganske like genetisk. Kontrasten mellom Tovdalselva og Orkla kan forklares med at for Tovdalselva gjaldt bestandsreduksjonen og utdøingen en hel region, mens for Orkla gjaldt den kun ett vassdrag innimellom vassdrag med levedyktige bestander. Siden noen individer utveksles mellom laksebestander i hver generasjon, kan slike "feilvandrerere" være med på å opprettholde variasjonen i vassdrag som ellers ville ha mistet mye på grunn av få eller ingen gytefisk.

Vi har ikke tilsvarende genetiske resultater fra Mandalselva som for Tovdalselva, men vannkjemiske data samt elektrofiske i elva tyder på at det ikke fantes noen restbestand som overlevde forsureningen i Mandalselva.

Genetisk strategi for reetablering

Det kan tenkes flere ulike strategier for reetablering av laksebestander i vassdrag. En strategi er å la naturen gå sin gang, med naturlig rekolonisering av ville feilvandrere samt tilfeldig oppvandring av fisk fra utsettingsforsøk i andre vassdrag og rømt oppdrettslaks. Denne strategien er blant annet fulgt i Sokndalselva der det ikke settes ut laks.

En annen strategi er å kombinere naturlig rekolonisering med fiskeutsettinger som har til hensikt å reetablere bestanden raskt, og som også gir mulighet for å styre reetableringen økologisk og genetisk. Fiskeutsettingene kan være basert på (i) fisk som vandrer opp i vassdraget, (ii) fisk fra nærliggende laksestammer, eller (iii) fisk fra et bredt spekter av laksebestander.

Etter diskusjoner i dette prosjektet, har vi valgt å følge strategi (ii) med hensyn til valg av fiskestamme for utsetting, og (i) der det ikke er mulig å skaffe nok stamfisk etter (ii). Ved å velge hhv. Storelva som utgangspopulasjon for utsetting i Tovdalselva, og Bjerkreimselva som kilde for utsetting i Mandalselva, er det mulig å ta både genetiske og økologiske hensyn:

- Storelva og Bjerkreimselva representerer de to geografisk mest nærliggende naturlige laksebestandene, og sannsynligvis også bestander som er genetisk ganske like de bestandene som eksisterte i Tovdalselva og Mandalselva.
- Storelva og Bjerkreimselva har begge truede laksebestander pga. marginale miljøbetingelser. Bruk av disse til utsetting i kalkede vassdrag, kan derfor være et bidrag til å ta vare på truede genetiske ressurser.
- Storelva og Bjerkreimselva har delvis økologiske forhold som likner på de to utsettingsvassdragene, og delvis også laksebestander som likner økologisk på de bestandene som eksisterte i Tovdalselva og Mandalselva, og som Hartvig Huitfeldt-Kaas beskrev tidlig i forrige århundre.

To forhold gjør valget av denne strategien for reetablering vanskelig. For det første er det et problem å skaffe nok stamfisk fra Storelva og Bjerkreimselva til utsetting. For det andre kan det være betenkelig rent fiskesykdomsmessig å flytte fisk vestfra (pga. generelt større problemer med fiskesykdommer på Vestlandet). En strategi som kan møte disse problemene, har derfor vært å bygge opp to stamfiskpopulasjoner basert på vill laks fra hhv. Bjerkreimselva og Storelva, og så bruke avkom av disse stamfiskpopulasjonene som kilde til utsettingsmateriale. (Haraldstad m.fl., s. 43).

Utsettinger basert på en stamfiskpopulasjon tar lang tid. I Mandalselva, der det fins et settefiskanlegg, er dette rustet opp for å gi grunnlag for utsettinger etter strategi (i). Stamfisk fanges i vassdraget, sjekkes for ytre karakterer slik at bare villfisk strykes, og avkommet brukes til utsettinger ulike steder i vassdraget. Disse utsettingene er fulgt opp forskningsmessig for å dokumentere effekten.

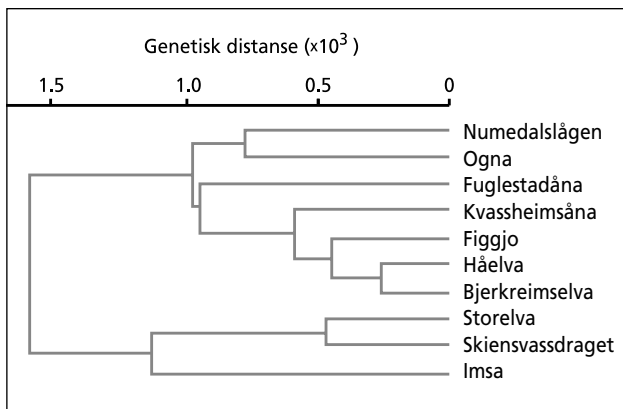
Det er selvsagt også en rekke andre laksebestander som kunne gi rogn for utsetting i Tovdalselva, for eksempel fra den levende Genbanken som har en svært god veterinærmessig kontroll. Da tar man imidlertid etter vår vurdering en uønsket genetisk risiko, fordi man velger donorpopulasjon fra et område/vassdrag langt unna utsettingsstedet. Når det er vist at fisk i kalkede vassdrag kan ha en høy feilvandring (Hansen og Johnsen, s. 97), betyr dette at de nærmeste naturlige laksestammene kan bli utsatt for en uønsket genetisk påvirkning i forhold til forvaltningens ønske om å bevare naturlig forekommende biologisk (genetisk) mangfold.

Slektskapet mellom laksebestander omkring Sørlandet

Vi har analysert fisk samlet inn i elver nær det forsurete området på Sørlandet for genetisk variasjon i inntil 49 gener, som ble valgt ut fra tidligere erfaring med genetiske analyser av laks fra norske vassdrag. Teknikken vi brukte til dette var enzyrnelektroforese, som avdekker arvelig variasjon i en rekke enzymer, der ulike varianter av et enzym kan tolkes som produkter av ulike genvarianter (alleler).

Basert på analyse av allelfrekvensene i et materiale av laksunger fra Numedalslågen øst for forsureningsområdet til Imsa vest for forsureningen, har vi oppsummert slektskapet mellom de undersøkte bestandene i et såkalt slektskapstre (figur 5.2). Vi har bare tatt med naturlig reproduserende laksebestander, og ikke tatt med de bestandene som er under reetablering. (Storelva er representert ved avkommet av stamfisken, da selve stamfiskmaterialet ikke var egnet til denne type genetisk analyse.)

Slektskapstreet viser forholdsvis små genetiske forskjeller mellom laksebestander på Sørvestlandet og Sørøstlandet. De laksebestandene som er mest like hverandre er Bjerkreimselva, Håelva og Figgjo på Sørvestlandet, og Storelva og Skiensvassdraget på Sørøstlandet. Med unntak av to elver, Imsa og Numedalslågen, ser elvene på Sørvestlandet og Sørøstlandet ut til å gruppere seg geografisk i slektskapstreet. Hvorvidt de nå utdødde bestandene representerte den vestlige eller østlige grenen, eller en egen gruppe, kan vi ikke si på grunnlag av disse resultatene.



Figur 5.2. Slektskap mellom naturlige laksebestander nær det forsurete området på Sørlandet, basert på analyse av enzymkodende gener.

De reetablerte laksestammene er genetisk forskjellige

Åtte av 49 enzymkodende gener viste genetisk variasjon i bestandene fra det forsurete området. I alle de genene som viste arvelig variasjon (unntatt ett), fant vi signifikante genetiske forskjeller mellom prøver av laks fra de ulike elvene. Selv om forskjellene i fordelingen av genvarianter mellom lokaliteter i flere av disse genene er små, viser resultatene at stikkprøvene ikke kan være tatt fra én og samme (stor)bestand.

Laksungene som klekket på Finså-anlegget i 1997 og den naturlig rekrutterte fisken i Mandalselva samme år, viste signifikant genetisk forskjell i ett gen. I stamfisken som brukes i anlegget lukes det ut rømt oppdrettslaks, og forskjellen mellom naturlig og kunstig rekrutterte avkomsgupper antyder at utsilingen av stamfisk har en genetisk effekt.

De naturlig rekrutterte laksungene i Mandalselva og Tovdalselva i 1997 viste signifikante genetiske forskjeller i tre gener. Dette viser at det ikke er samme "bestand" som nå koloniserer de to elvene. Det kan være flere årsaker til dette, som for eksempel at det er forskjellige naturlige laksestammer som feilvandrer til de to elvene, at Mandalselva har hatt flere utsetninger enn Tovdalselva, eller også at vår antagelse om at Mandalselva ikke har hatt noen restbestand, er feil.

Stamfisken fra Storelva tatt i 1996 og avkommet deres klekket på Tveit-anlegget våren 1997, representerer de samme familiene og viser ingen signifikante forskjeller i allelfrekvenser. Dette antyder at oppholdet i kultiveringsanlegget har fungert etter hensikten i forhold til å ta vare på et genetisk materiale som representerer det som ble samlet inn. Noe av denne fisken ble satt ut høyt oppe i Tovdalselva i 1997, mens resten ble overført til stamfiskpopulasjonen som bygges opp på Finså.

Den genetiske utviklingen i de reetablerte bestandene

Vi har studert prøver fra Mandalselva og Tovdalselva på ulike tidspunkt av rekoloniseringsprosessen, og sammenliknet resultatene med Storelva som har en naturlig fiskebestand. Til dette brukte vi deler av fiskens mitokondrielle DNA (mtDNA). Mitokondrielt DNA har en liten effektiv populasjonsstørrelse i forhold til kjerne-DNA. Dette skyldes at mitokondriegenomet kun nedarves fra mor til avkom, og at det nedarves som identiske kopier. Det skal derfor være lettere å finne variasjon over tid i små bestander dersom man studerer mtDNA enn kjerne-DNA eller enzymer som kodes av kjerne-DNA.

Vi fant ingen signifikant mtDNA-variasjon i Mandalselva mellom naturlig rekruttert avkom fra 1997 og stamfisk i 1998 (1997-parrmaterialet er 0+ laksunger fra gytingen høsten 1996). Det var heller ingen signifikant forskjell mellom to stikkprøver av stamfisk fra Storelva fra hhv 1996 og 1999. Til forskjell fra i disse to elvene, fant vi høyt signifikant variasjon over tid i Tovdalselva.

Resultatet fra Tovdalselva ("variasjon over tid") er det resultatet vi skulle forvente i en bestand som er i ferd med å rekoloniseres, mens stabilitet over tid er det vi har forventet i en naturlig bestand (som i Storelva). Resultatene våre antyder at Tovdalselva koloniseres av laks fra ulike kilder, og at disse varierer over tid eller også har et så lite antall hunnfisk at tilfeldigheter fører til at ulike mitokondrietyper er representert i hver gyting. I Storelva, derimot, er det til tross for en forholdsvis liten bestand, stabilitet i det genetiske materialet som nedarves via mitokondriene.

Resultatet fra Mandalselva med stabil fordeling over tid av mtDNA-varianter i et rekolonisert vassdrag, er derfor kanskje det mest uventede resultatet. En mulig forklaring kan være at rekoloniseringen domineres av fisk fra én eller noen få stammer, deriblant de stammene som er brukt til forsøksutsetninger i Mandalselva. Dette, sammen med kunnskap om utviklingen i bestandstetthet i Mandalselva, kan tyde på at vi får vi en raskere etablering og en sterkere stamme (i antall) ved å sette ut fisk i forhold til å la naturen gå sin gang.

5.2 Om stamfisk, settefiskanlegg og produksjon av utsettingsfisk

Ørnulf Haraldstad¹, Dag Matzow² og Kristian Hestvåg³

¹Fylkesmannen i Aust-Agder, ²Fylkesmannen i Vest-Agder,

³Finså Klekkeri AS

Innledning

For å reetablere laksebestander i Tovdalselva og Mandalselva er utsetninger av laks en definert arbeidsmåte. Laksen settes ut i ulike livsstadier, både som øyerogn, lakseunger og laksesmolt. Øyerogn er rogn der fiskefosteret er relativt langt utviklet. I denne fasen er rogn ganske robust og tåler flytting.

Målet for dette arbeidet i prosjektet har fram til 2002 vært årlige utsetninger av:

- om lag 200.000 befruktete lakserogn i Tovdalselva
- om lag 100.000 énsomrige lakseunger i Mandalselva
- om lag 10.000 laksesmolt i Mandalselva

I tillegg planlegges utsetninger av ulike livsstadier av Bjerkreimslaks i Mandalselva.

For å sikre mot overføring av smitte mellom fisk i ulike vassdrag er det i dag ikke tillatt å overføre levende fisk, verken yngel eller eldre stadier, mellom ulike fiskekultiveringssoner. Store lakseførende vassdrag med tilhørende nedbørfelt utgjør ofte en kultiveringszone. Eksempelvis ligger Mandalselva, Tovdalselva og Storelva i ulike kultiveringssoner.

Unntatt fra forbudet mot overføring av levende fisk mellom kultiveringssoner er desinfisert øyerogn. Skal det settes ut lakseunger eller laksesmolt i en kultiveringszone, må derfor fisken komme fra et fiskekultiveringsanlegg i egen sone. Hvis det ikke fins et slikt anlegg i sonen, er det kun anledning til å sette ut desinfisert øyerogn av laks.

I Mandalselva er det et fiskeanlegg, Finså klekkeri A/S. Fra dette anlegget er det anledning til å sette ut både øyerogn, lakseunger og laksesmolt i Mandalselva. Denne utsettingsfisken produseres fra stamlaks innfanget i Mandalselva. Stamfisk er laks som strykes for rogn og melke i forbindelse med fiskekultivering.

I forbindelse med utsetninger av Bjerkreimslaks i Mandalselva, har reetableringsprosjektet valgt å bygge opp en stamlaksbestand av Bjerkreimslaks på Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims i Rogaland. Fra Ims kan desinfisert øyerogn overføres til Mandalselva og til Finså klekkeri.

I den kultiveringssonen som omfatter Tovdalselva fins det ikke fiskekultiveringsanlegg. Derfor er det kun anledning til å sette ut desinfisert øyerogn i den elva. Øyerogna skal produseres fra stamlaks fanget i Storelva. For å skaffe et tilstrekkelig antall øyerogn har det vært nødvendig å bygge opp en stamlaksbestand av Storelvalaks på Finså klekkeri i Mandalen.

Valg av stamlaks

For å nå målet for de årlige lakseutsetningene har reetableringsprosjektet valgt å bruke stamlaks fra tre vassdrag: Storelva i Aust-Agder, Mandalselva i Vest-Agder og Bjerkreimselva i Rogaland.

Stamlaks fra Storelva representerer en naturlig laksestamme som overlevde forsuringen og som geografisk ligger nær Tovdalselva. Denne stamlaksen gir grunnlag for befruktete lakseegg som overføres til Tovdalselva. Stamfisk fra Mandalselva representerer i dag en sammensatt laksestamme i reetableringsfasen. Denne stamlaksen gir grunnlag for produksjon av lakseunger og laksesmolt for utsetting i Mandalselva. Stamfisk fra Bjerkreimselva representerer en naturlig laksestamme som overlevde forsuringen og som geografisk ligger nær Mandalselva. Denne stamlaksen gir grunnlag for befruktete lakseegg som skal overføres til Mandalselva.

Stamlaks til stryking

Antall stamlaks som er fanget og strøket for gyteprodukter fra Storelva, Mandalselva og Bjerkreimselva i årene 1996–2001 er vist i **tabell 5.1**. Stamfisk er fanget i de tre elvene eller i sidebekker til disse elvene. Oppdrettslaks, skadet laks og merket laks er sortert bort før stryking.

Kultiveringsanleggene

Finså klekkeri i Mandalselva, Vest-Agder

Finså klekkeri ligger i Marnardal kommune. Klekkeriet ble bygd i 1960 og brukt som forskningsstasjon i forbindelse med undersøkelser vedrørende sur nedbør og fiske-død. Ordinær klekkeridrift startet i 1991. Driften har hovedsakelig blitt finansiert gjennom offentlige tilskudd. Bidragsytere har vært staten ved Fylkesmannen i Vest-Agder og Direktoratet for naturforvaltning, kommunene Marnardal, Åseral og Mandal, Vest-Agder fylkeskommune og Mandalselvas Elveeigarlag. Det gamle klekkeriet ble restaurert og ny hovedbygning oppført i 1996.

Finså klekkeri ble tidligere drevet av Mandalselva Elveeigarlag i samarbeid med Marnardal kommune. I 2001 ble klekkeriet omgjort til et eget aksjeselskap, Finså Klekkeri A/S. Eierne er Marnardal kommune med 51% og Mandalselvas Elveeigarlag med 49%. Det er opprettet et

Tabell 5.1. Antall stamlaks fordelt på hunner og hanner som er strøket fra Storelva, Mandalselva og Bjerkreimselva i årene 1996 – 2001.

År	Storelva		Mandalselva		Bjerkreimselva	
	Hunner	Hanner	Hunner	Hanner	Hunner	Hanner
1996	8	7	17	17	0	0
1997	2	3	20	15	0	0
1998	0	0	57	32	0	0
1999	6	9	51	38	10	10
2000	9	10	36	28	0	0
2001	13	14	26	25	10	10
2002	8	8	17	17	0	0

eget styre for anlegget og daglig leder med ansvar for driften er ansatt. Klekkeriet drives med om lag 3 stillinger og har døgnkontinuerlig vaktordning. Driftskostnadene var om lag 2 millioner kroner i 2002.

Skjerka stamfiskanlegg i Storelva, Aust-Agder

Stamfiskeanlegget i Skjerka ble bygget og tatt i bruk i 1999. Skjerka er et sidevassdrag til Storelva, og anlegget ligger ovenfor lakse- eller sjøaureførende strekning. Anlegget kan ta i mot og oppbevare vill stamfisk fram til de blir strøket, og det er kapasitet til å oppbevare befruktet rogn fram til klekking. Anlegget kan ikke fore opp yngel, men har tillatelse til å oppbevare inntil 50 stamfisk og 20 liter rogn. Driftskostnadene var om lag 200.000 kroner i 2002.

Stamlaksen blir fanget i hovedelva, enten i ei fisketrapp ved Fosstveit, eller like nedstrøms denne. Når det nødvendige antall rogn er overført til Finså klekkeri for å vedlikeholde stamlaksbestanden der, er det fortsatt mye rogn igjen i Skjerka-anlegget. Fram til 2002 ble disse tatt vare på fram til klekking og deretter satt uforet ut i Storelva. Fra 2003 blir den resterende rogn satt ut i Storelva som øyerogn. Laksebestanden i Storelva er liten og sårbar. Prosjektet legger derfor stor vekt på at så mye som mulig av avkommet fra den ville stamfisken føres tilbake til elva.

Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims, Rogaland

Dette anlegget eies av Norsk institutt for naturforskning (NINA). Her drives eksperimentell fiskeforskning. Anlegget sto ferdig i 1978, med settefiskanlegg, laboratorier, kontorer og eget bolighus. Første del av anlegget var en fiskefelle i Imsa, der all opp- og nedvandrende fisk i elva blir kontrollert. Ved dette anlegget bygges det nå opp en stamlaksbestand av Bjerkreimslaks. Desinfisert øyerogn fra denne bestanden overføres til Mandalselva og Finså klekkeri.

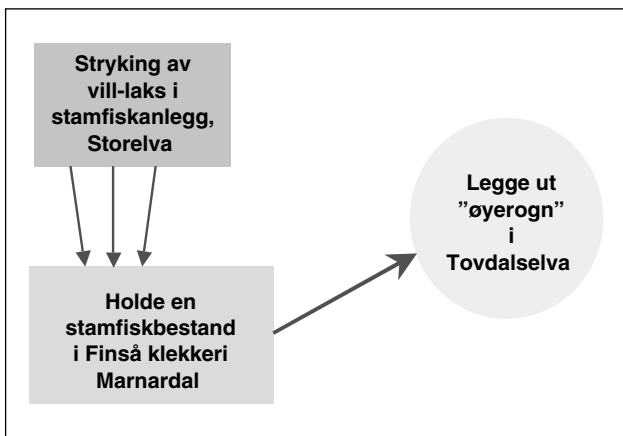
Oppbygging av stamlaksbestander og produksjon av øyerogn, lakseunger og laksesmolt

Reetableringsprosjektet har bygget opp to bestander med stamlaks som holdes i anlegg: Storelvalaks ved Finså klekkeri og Bjerkreimslaks ved Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims. I tillegg bruker reetableringsprosjektet vill stamlaks fra Mandalselva som grunnlag for produksjon av settefisk til utsettinger i Mandalselva.

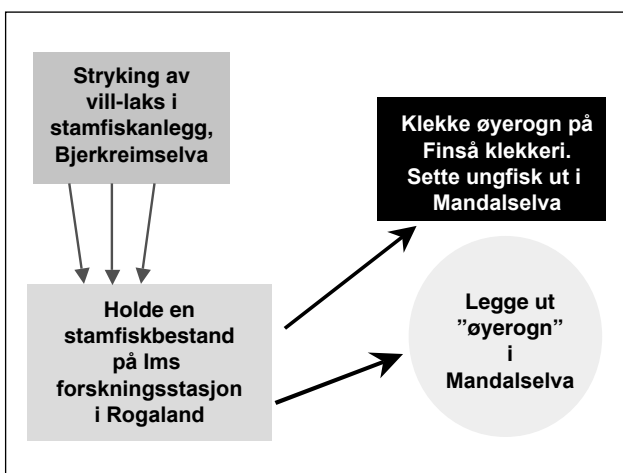
Storelvalaks

Den største utfordringen har vært å framskaffe 200.000 lakserogn for utsetting i Tovdalselva. For å klare dette har vi bygget opp en stamlaksbestand av Storelvalaks på Finså klekkeri i Mandalen. Når den ville stamlaksen som fanges i Storelva er gytemoden blir en porsjon rogn (500 stk) fra hver hunn befruktet med en av hannfiskene, slik at det blir mange helsøskengrupper. Porsjonen blir desinfisert og overført til Finså klekkeri, der de oppdrettes til kjønnsmoden stamfisk. Hvert år framover vil det bli tatt ut rogn og melke fra åtte vill-laks av hvert kjønn i Storelva. På denne måten sikres at stamfisken på Finså representerer hele den genetiske variasjonen til Storelvestammen. Ettersom fisken på Finså vokser til blir antallet redusert, slik at det blir noen få hundre kjønnsmodne stamlaks der alle tilgjengelige årsklasser og familiegrupper er representert. Dette stiller krav til at familiegruppene holdes atskilt når fiskene er små, og at de blir merket individuelt når de er store nok.

I dag fins det en stamlaksbestand av Storelvalaks på Finså klekkeri som strykes hver høst. Det produseres øyerogn som desinfiseres og transporteres til Tovdalselva der rogn blir satt ut i elvegrusen (Barlaup m.fl., s. 46). Hele prosessen, fra stryking av stamlaks i Storelva, via oppbygging av stamlaksbestand på Finså klekkeri, til rognutlegging i Tovdalselva, er beskrevet i **figur 5.3**. Antall lakserogn som er satt ut i Tovdalselva i årene 2000–02 er vist i **tabell 5.3**. Målet om å produsere og sette ut 200.000 rogn i Tovdalselva årlig ble oppnådd allerede i 2001. Fra 2003 er det kapasitet til å sette ut opptil 500.000 rognkorn. Videre ble 6.700 fettfinneklippede lakseunger av Storelvestamme ble satt ut i Tovdalselva i 1998.



Figur 5.3. Hvordan Storevlaks skal brukes til å etablere en ny Tovdalsstamme.



Figur 5.4. Hvordan Bjerkreimslaks skal brukes til å etablere en ny Mandalsstamme.

Tabell 5.2. Antall øyerogn av laks (Storelvstamme) som er lagt ut i Tovdalselva i årene 2000 – 2003.

År	2000	2001	2002	2003
Antall øyerogn	18.000	240.000	249.000	279.000

Bjerkreimslaks

Produksjon av Bjerkreimslaks for utsetting i Mandalselva foregår ved Forskningsstasjon for ferskvannsfisk på Ims i Rogaland. Stamslaks fanges i Bjerkreimselva. Gyteprodukter fra denne fisken overføres til anlegget på Ims der det nå bygges opp en stamlaksbestand av Bjerkreimslaks. De første kjønnsmodne individene i denne bestanden ble strøket høsten 2002. Vinteren 2003 ble de første produktene, med 176.000 desinfiserte øyerogn, lagt ut i Mandalselva fordelt på Kosåna og Lågåna (**figur 5.4**). Alternativt kan øyerogn legges inn på Finså klekkeri for

produksjon av lakseunger og laksesmolt for senere utsettinger. Reetableringsprosjektet vurderer fortløpende hvordan utsettingene av Bjerkreimslaks i Mandalselva skal foregå og hvilke stadier av laks som skal settes ut.

Mandalslaks

Produksjon av lakseunger og laksesmolt fra stamlaks fanget i Mandalselva foregår ved Finså klekkeri. Antall lakseunger og laksesmolt som er produsert på anlegget og satt ut i Mandalselva i årene 1996 - 2003 er vist i **tabell 5.3**.

Disse utsettingene har sammen med gyting av naturlig oppvandrede laks gitt grunnlaget for dagens laksebestand i Mandalselva. Utsettingene av Bjerkreimslaks gjennomføres for å undersøke om ren norsk laksebestand (Bjerkreimslaksbestanden) vil være bedre enn den bestanden som utvikler seg i elva nå. Dagens laksebestand er en blanding av tilfeldig oppvandrede laks fra mange ulike laksebestander.

Tabell 5.3. Antall startforede lakseunger og laksesmolt produsert på Finså klekkeri og utsatt i Mandalselva i årene 1996-2003.

År	Startforede lakseunger	Laksesmolt
1996	30.000	0
1997	47.900	0
1998	36.500	2.000
1999	93.000	4.100
2000	139.200	8.900
2001	114.100	3.000
2002	121.600	8.000
2003	85.200	0

5.3 Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget - resultater fra prosjektet i 2000 og 2001

Bjørn T. Barlaup¹, Jim Guttrup², Kristian Hestvåg³, Kjetil Hindar⁴, Einar Kleiven⁵, Frode Kroglund⁵, Vidar Moen⁶ og Tor Næss⁶

¹LFI, Universitetet i Bergen, ²Tvedestrand kommune

³Finså klekkeri AS, Marnadal, ⁴NINA-Trondheim

⁵NIVA Sørlandsavd., ⁶VESO-Trondheim

Sammendrag

Både rogn lagt ut i kasser med grus og nedgravd direkte i elvegrusen ga høy overlevelse (normalt > 80 %) fra planting og fram til lakseyngelen forlot grusen. Dette forutsetter imidlertid at grusen som rogn legges i har en kornfordeling som sikrer god vanngjennomstrømning og god oksygentilgang. Det ble funnet signifikante forskjeller i rognoverlevelse både mellom de ulike stasjonene for rognplanting og mellom kasser på den enkelte stasjon. Resultatene viser også signifikante forskjeller i rognoverlevelse for rogn fra stamfisk med ulike stryke- og plantetidspunkt. Spredningen i stryketidspunkt medførte usynkron rognutvikling mellom gruppene, og tidspunkt for beregnet første næringsopptak varierte med hele 27 dager (20 mai-16 juni). De fleste grupper hadde et forsinket tidspunkt for første næringsopptak i forhold til et forventet gytetidspunkt for villfisk. Ingen av gruppene kom for tidlig opp av grusen i forhold til et temperaturkrav for næringsopptak og vekst på 8 °C. Når rognplanting utføres i stor skala slik som i Tovdal (240 000 rogn plantet våren 2001) er det en klar fordel å benytte rognplanting i kasser framfor å grave rogn ned direkte i elvegrusen. Ved bruk av kasser kan en ta i bruk store områder hvor de naturlige bunnforholdene ikke består av gytégrus.

Innledning

Rognplanting har en lang tradisjon som kultiveringsmetode for laksefisk (Barlaup og Moen 2001). Hovedgrunnen til dette er at metoden er svært arbeidsbesparende i forhold til tradisjonell klekkeridrift med utsetting av yngel. Svært mange ulike metoder har vært benyttet for å plante rogn og resultatene har følgelig vært varierende.

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. På denne bakgrunn ble det utført et begrenset forsøk med utlegging av øyerogn i Tovdalselva våren 2000. Hensikten med forsøkene i 2000 var 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. Erfaringene fra forsøkene i 2000 ble brukt som grunnlag for utplanting av om lag 240.000 øyerogn i 2001. Her presenteres hovedresultatene fra prosjektet i 2000 og 2001.

Metoder

Stamfisk og rogn

Til utsetting av øyerogn i Tovdalselva ble det brukt lakse- rogn fra Storelvastammen i Vegårsvassdraget (Storelva i Holt). I tillegg ble materialet supplert ved stryking av noe villfisk fra Storelva (Haraldstad og Matzow 2002). Rogna ble merket med kjemisk kodemerking av øresteinerne (otolittene). Dette gjør det mulig å skille mellom gjenfanget fisk som stammer fra de ulike gruppene inndelt etter stryketidspunkt og utleggingsmetode.

Utlegging av rogn

Etter en gjennomgang av ulike metoder for utlegging av rogn ble to metoder valgt ut (Barlaup og Moen 2001). Metodene var basert på å grave ned rogn i kasser eller direkte i grusen og på denne måten etterlikne en naturlig gytegrop. Tilslaget ved bruk av de to metodene ble sammenliknet i forsøk i 2000 og 2001. Begge årene ble all rogn lagt ut på strekningen fra Teinefossen til utløpet av Herefossfjorden. Denne strekningen ble valgt fordi Teinefossen er kjent som et delvis vandringshinder for laksen i vassdraget, og fordi de vannkjemiske forholdene her er antatt gode og kontrolleres jevnlig i eksisterende overvåking.

Mål av hydrologiske, fysiske og vannkjemiske forhold

Ved utlegging av rogn ble det målt vanddyp (fra grusoverflate til vannoverflate) og gjennomsnittlig vannhastighet (målt på 60 % av vanddypet) over den enkelte grop og kasse. Ved utleggingstidspunktet ble det og tatt prøver av bunnssubstratet for å beskrive partikkelsammensetningen både i rognkassene og på områdene hvor rogn ble gravd ned. For å gi en vannkjemisk karakteristikk av den enkelte stasjon ble det tatt en vannprøve og en oksygenmåling fra overflatevannet. Tilsvarende prøver ble også tatt 15-20 cm nede i elvegrusen ved bruk av en Terhune-vannhenter.

Mål av rognoverlevelse og tilslag

Overlevelse fram til yngelen forlater grusen ble målt ved å telle opp antall døde rogn og plommeseckkyngel funnet igjen i den enkelte grop i kassene og i elvegrusen. Dette arbeidet ble gjort medio juni da det var forventet at all yngel hadde kommet opp av grusen og forlatt gropene. Elektrisk fiske ble utført på utvalgte stasjoner etterfølgende høst for å samle inn lakseyngel som stammet fra rognplantingen.

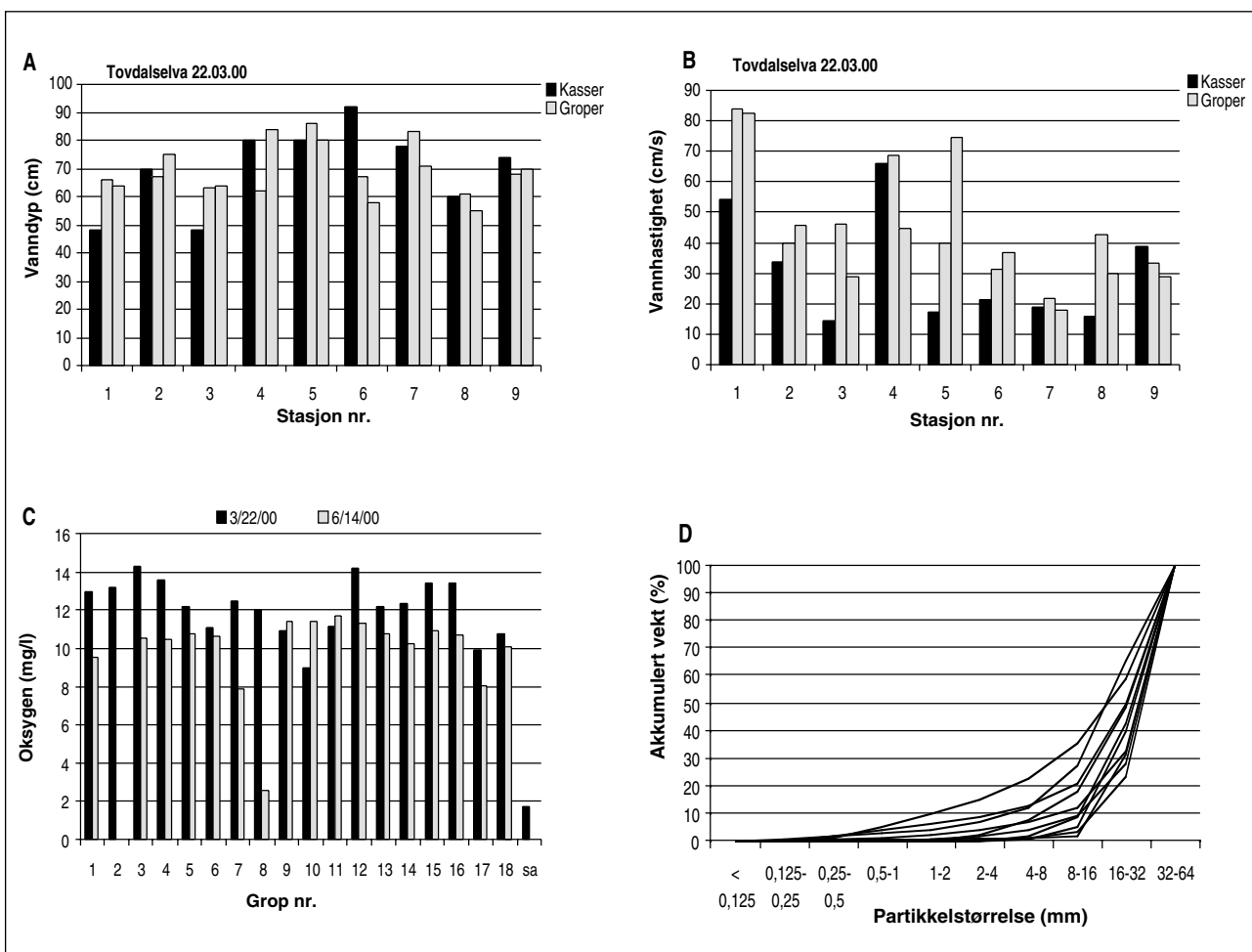
Resultater og diskusjon

Fysiske og vannkjemiske forhold på utleggingsområdene

Gropene og kassene ble satt på områder med et vanddyp og en vannhastighet hvor en kan forvente å finne naturlige gytegroper av laks (**figur 5.5**) (Heggberget m.fl. 1988). For samtlige groper hvor oksygeninnholdet ble målt nede i grusen, viste målingene at oksygeninnholdet i de aller fleste gropene var godt over det nivå som er regnet som kritisk for overlevelse av lakseeegg, dvs. ca 6 mg/l for øyeroegn og ca 8 mg/l for plommeseekkyngel (Davis 1975) (**figur 5.5**). Lavest oksygenkonsentrasjon ble funnet i grop nr. 8 på stasjon 4 i juni (2,6 mg/l), som da hadde strandet. Følgelig var vanngjennomstrømningen i gropa kraftig redusert, og dette er trolig forklaringen på den lave oksygenkonsentrasjonen. Målingen av et området hvor grusen hadde et relativt stort innslag av sand og silt viste seg å ha nær oksygenfrie forhold nede i grusen og var følgelig ikke egnet for rognplanting.

De vannkjemiske målingene viser pH verdier i overflatevannet mellom 5,90 og 6,21. Nede i elvegrusen ble det generelt funnet noe lavere pH-verdier, med verdier fra 5,51 til 5,86. Samlet vurderes de vannkjemiske forholdene for rogn i hovedsak som gode, men det er usikkerhet knyttet til tolkningen av den observerte reduksjonen i pH nede i substratet. Resultatene tilsier at forholdene målt i overflatevannet ikke nødvendigvis er representativt for hva rogn eksponeres for nede i grusen.

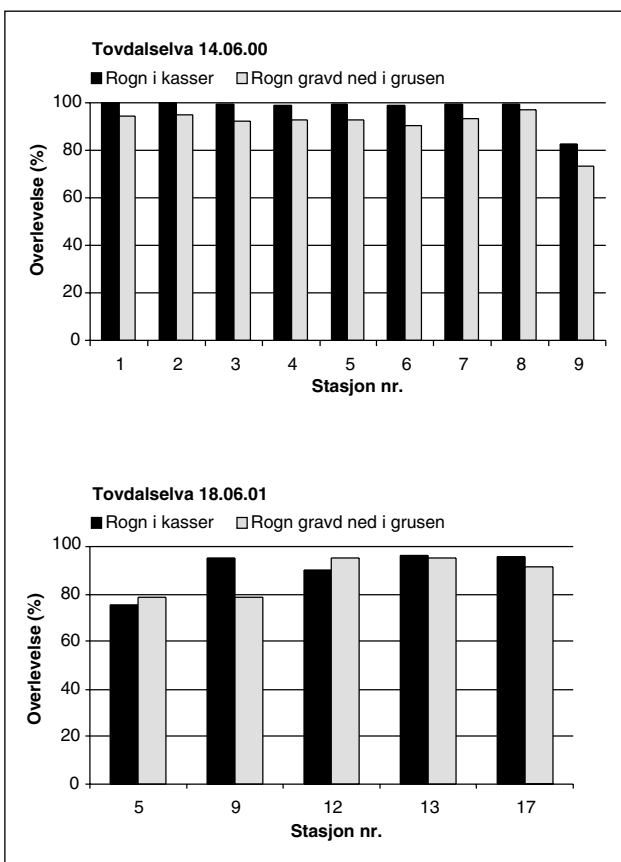
Flere studier av laksefisk har vist at det er en klar sammenheng mellom eggoverlevelse og grusens sammensetning. Det er særlig de finere fraksjonene som sand og silt som kan påvirke eggoverlevelsen i negativ retning ved å redusere oksygentilførsel til eggene (Chapman 1988). Basert på det lave innslaget av finpartikkulært materiale (< 1 mm) synes derfor grusprøvene å gjenspeile gode forhold for rognoverlevelse. Dette begrunnes ved at prosentandelene av partikler < 1 mm ikke overstiger mer enn om lag 10 % av det totale materiale i gropa (**figur 5.5**) (Chapman 1988).



Figur 5.5. A) Vanddyp og B) gjennomsnittlig vannhastighet over kassene og gropene på stasjonene. C) oksygenkonsentrasjonene målt nede i grusen på områdene hvor gropene med rogn ble gravd ned også i sanda, og D) kornfordelingskurver for grusprøver samlet inn fra de ni stasjonene hvor rogn ble lagt ut i Tovdalselva våren 2000.

Overlevelse fram til klekking

Beregnet overlevelse er basert på forholdet mellom antall rogn lagt ut i februar-mars og antall døde rogn funnet igjen i den enkelte grop i juni. For de fleste stasjonene og for begge utleggingsmetodene ble det estimert en overlevelse på over 90 % (figur 5.6). På resterende stasjoner ble overlevelsen estimert til om lag 75-85 %. På de fleste stasjonene ble det beregnet en noe høyere overlevelse for rogn lagt ut i kasser sammenliknet med rogn gravd direkte ned i elvegrusen. Samlet gir imidlertid resultatene klare indikasjoner på høy overlevelse fra utlegging til yngelen kommer opp av grusen ved bruk av begge utleggingsmetodene.



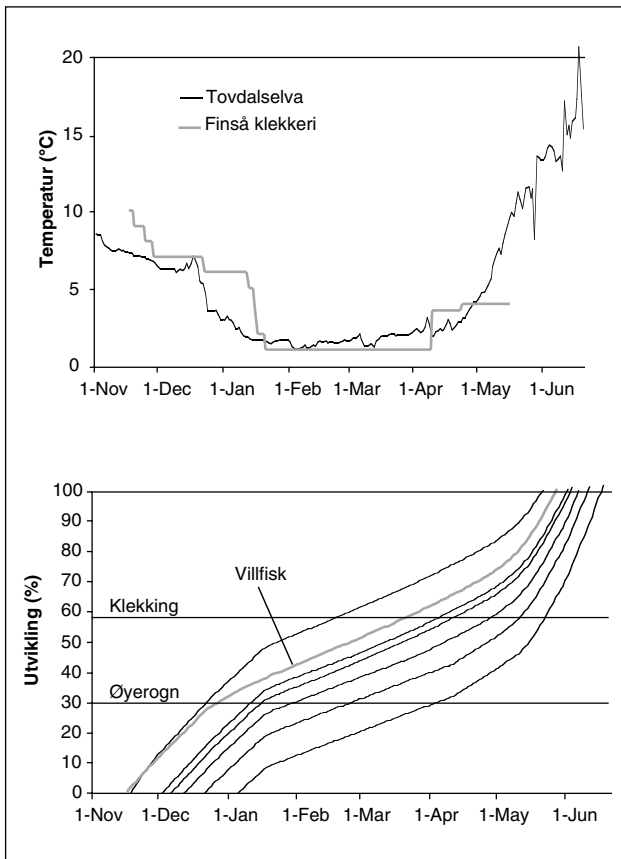
Figur 5.6. Beregnet overlevelse for øyerogn som er lagt ut i Tovdalselva i februar-mars til yngelen har forlatt grusen i juni 2000 (øverst) og 2001 (nederst).

Våren 2001 ble det lagt ut 240.000 rogn basert på stryking av stamfisk i anlegget på Finså. Stamfisken i anlegget på Finså modner ikke til samme tidspunkt og dette gir flere stryketidspunkt og et relativt langt tidsspenn mellom første og siste stryking. Stamfisken høsten 2000 ble derfor strøket til seks ulike tidspunkt fra midten av november til begynnelsen av januar. Rogn fra de ulike strykingene ble holdt atskilt og gitt et eget gruppenummer (1-6).

Utviklingshastigheten til rogn er sterkt temperaturavhengig og den relativt store forskjellen i stryketidspunkt for de ulike gruppene medfører store forskjeller i klekkesidspunkt og tidspunkt for første næringsopptak. Forskjellen mellom først og siste gruppe ved stryketidspunkt var 49 dager, ved øyerognstadiet 97 dager, ved klekkesidspunktet 93 dager og ved tidspunkt for første næringsopptak 27 dager. Sammenliknet med utviklingen for en villaks som gyter i Tovdalselva den 17 november (samtidig med første stryking på Finså), vil de fleste gruppene fra Finså ha en forsinket utvikling og dermed komme senere opp av grusen enn villfisken. Dette skyldes det sene stryketidspunktet på Finså i kombinasjon med ulike temperaturforhold i anlegget og i Tovdalselva (figur 5.7). Høsten 2000 var kjennetegnet med mye nedbør og generelt høy vanntemperatur fram til jul. Dette medførte at rogn var kommet relativt langt i utviklingen før vinteren sammenliknet med et mer normalt år.

Hos villaksen er gytetidspunktet trolig tilpasset det enkelte vassdrag slik at yngelen kommer opp av grusen til et tidspunkt da forholdene for overlevelse er gunstige (Heggberget 1988). En høy overlevelse forutsetter gunstige temperaturforhold når yngelen kommer opp av grusen. Det er kjent at lakseyngelen trenger en vanntemperatur som overstiger om lag 8 °C når den kommer opp av grusen for å ta til seg næring og vokse (Jensen og Johnsen 1986, Jensen m.fl. 1991). Resultatene fra Tovdalselva viser klart at samtlige grupper av rogn som ble lagt ut kom opp av grusen ved temperaturer som godt oversteg denne grensen. På den annen side er det ufordelaktig å komme sent opp av grusen om yngelen må konkurrere med individer som er kommet opp tidligere og som har etablert territorier. Et sent tidspunkt for første næringsopptak vil også kunne medføre at lengden på vekstsesongen blir betydelig redusert. Flere av rogngruppene som ble plantet i Tovdalselva vinteren og våren 2001 kom sent opp av grusen, og i konkurranse med annen yngel kan dette ha en negativ effekt på tilslaget.

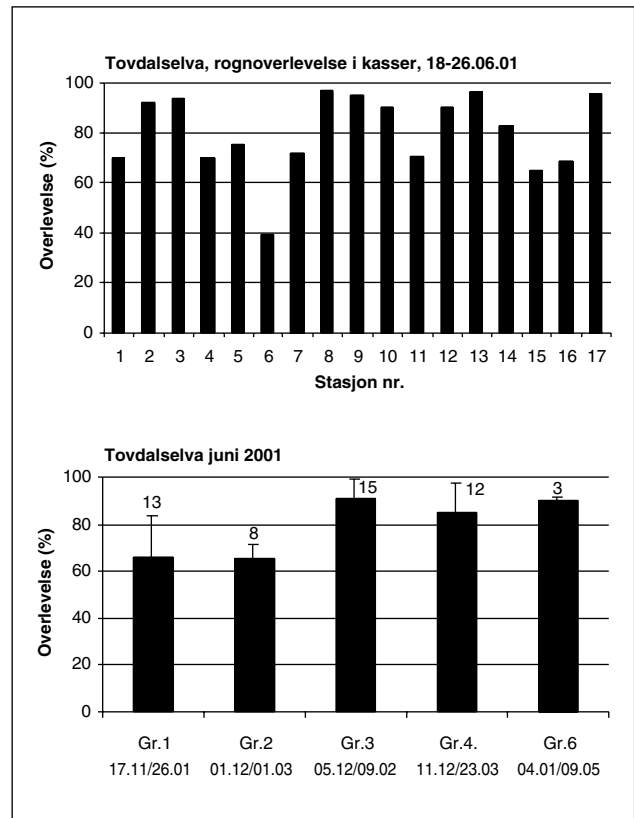
Overlevelsen i perioden fra utlegging til yngelen hadde forlatt kassene varierte fra 65 til 90 % (figur 5.8). De statistiske analysene av overlevelsen i den enkelte eggglomme viste at både gruppe (dvs stryketidspunkt), stasjon og kasse hadde en signifikant effekt på overlevelsen ($p < 0,05$, nøstet ANOVA og Tukey test). Dette resultatet viser at overlevelsen bestemmes av både biologiske og fysisk/kjemiske faktorer. På anlegget vil kjønnsmodning, stryketidspunkt og forholdene for rogn fram til utleggingstidspunktet være viktig. Etter utlegging vil forhistorien fra anlegget (bl.a. stryketidspunktet) være med å bestemme overlevelsen, men faktorer i elvemiljøet vil også spille inn. Forskjellig overlevelse på de ulike stasjonene er trolig et



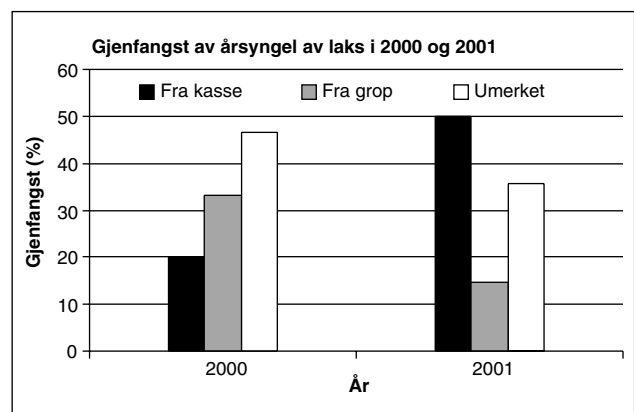
Figur 5.7. Temperaturforhold målt ved Finså klekkeri og i Tovdalselva ved utløpet av Søre Herefossfjorden (øverst). Figuren i nederste panel viser utviklingsforløpet for rogn fra de seks ulike gruppene med stamfisk fra Finså klekkeri som ble strøket i perioden 17.11. 2000-04.01.2001 sammenliknet med estimert utviklingen for rogn gytt av villaks i Tovdalselva den 17.11. 2000. Rognutviklingen er beregnet i henhold til modeller gitt av Crisp (1981, 1988).

resultat av fysisk-kjemiske og hydrologiske forskjeller mellom stasjonene. Interessant er det og at variasjonen i overlevelse mellom de fire egglommene i den enkelte kasse var signifikant mindre enn variasjonen i eggoverlevelse mellom kassene. Dette betyr at plasseringen av kassene og mikromiljøet i kassene er bestemmende for overlevelsen.

Gjefangstene av årsyngel i 2000 og 2001 viste at det ble fanget laks som stammet både fra rognplanting i kasser og groper, men også umerket yngel som stammet fra naturlig rekruttering. I 2000 var gjefangstene fra de to plantemetodene omtrent like store, mens yngel som stammet fra rognplanting i kassene dominerte i 2001. Fordelingen av gjefangster fra de to metodene i 2000 var signifikant forskjellig fra fordelingen i 2001 (chi-square, $p < 0,05$) (figur 5.9).



Figur 5.8. Overlevelse i perioden fra rogn ble lagt ut til yngelen hadde forlatt grusen i kassene på de 17 stasjonene som ble benyttet våren 2001 (øverst). Figuren nederst viser gjennomsnittlig overlevelse (med standard avvik) for de ulike gruppene rogn inndelt etter stryketidspunkt for stamfisken. Tall over søylene angir antall kasser kontrollert for hver gruppe. Datoer gitt under gruppenummer angir dato for når stamfisken ble strøket og når rogn ble lagt ut.



Figur 5.9. Prosentvis fordeling av årsyngel som stammet fra rognplanting i kasser med grus, fra rognplanting i groper direkte i elvebunnen og fra naturlig rekruttering. Figuren er basert på fangst av 90 årsyngel i 2000 og 76 årsyngel i 2001. Fangstene stammer fra stasjoner hvor det ble plantet like mye rogn i kasser og groper, og hvor all rogn stammet fra samme gruppe med tanke på strykedato og plantdato.

Det dårligere tilslaget for yngel som stammet fra groper i 2001 kan trolig forklares med tildels svært vanskelige forhold under selve plantingene grunnet høy vannføring og mye is og isgang. Dette vanskeliggjorde vurderingen av substratkvaliteten og en del av gropene ble lagt i for fin eller for grov grus. Ved kontroll av rognoverlevelsen i juni ble det påpekt at dårlig substratkvalitet med for mye sand i gropene trolig var hovedårsaken til den reduserte overlevelsen på stasjonene 5 og 9. På andre stasjoner er det mulig at overlevelsen ble redusert grunnet utvasking av rogn i groper som ble lagt i for grov grus. Erfaringene fra rognplantingen våren 2001 viser at rognplanting i kasser er mest hensiktsmessig når det er ugunstige forhold som høy vannføring og isgang under selve rognplantingen. En annen fordel ved bruk av kasser er at en kan ta i bruk store områder hvor de naturlige bunnforholdene ikke består av gytegrus.

Funnet av umerket årsyngel i 2000 og 2001 viser at det i disse årene også var naturlig rekruttering av laks på strekningen mellom Teinefossen og Herefossfjorden. I det innsamlede materialet utgjorde årsyngel som stammet fra rognplanting hhv. 53 % og 64 % i 2000 og 2001. Ut fra dette materialet synes rognplantingen å ha bidratt betydelig til rekrutteringen på den aktuelle strekningen. Rognplantingen i 2001 omfattet 240.000 rogn og tilsvarer gyting fra omlag 80 holaks med en gjennomsnittlig fekunditet (rognmengde) på 3.000 rogn. Ifølge fangststatistikken ble det tatt hhv. ca. 200 og 345 kg laks i Tovdalselva i 2000 og 2001 (Larsen m.fl. 2002). Disse lave fangstene tilsier en relativt fåtallig gytebestand, og en kan derfor forvente at rognplantingen har gitt et vesentlig bidrag til rekrutteringen slik gjenfangstene av årsyngel indikerer. Imidlertid er det også viktige gyte- og oppvekstområder for laks på strekningen fra sjøen og opp til Teinefossen (Larsen m.fl. 2002). Bidraget fra rognplantingen til den totale rekrutteringen i vassdraget vil derfor være lavere enn innslaget av merket fisk på strekningen hvor det legges ut rogn.

Litteratur

- Barlaup, B.T. og Moen, V. 2001. Planting of salmonid eggs for stock enhancement – a review of the most commonly used methods. - *Nordic J. Freshwat. Res.* 75: 7-19.
- Chapman, D.W. 1988. Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 117: 1-21.
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of five species of salmonid fishes. - *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.
- Davis, J.C. 1975. Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. - *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 2295-2332.
- Heggberget, T. G. 1988. Timing of spawning in Norwegian salmon (*Salmo salar*). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 845-849.
- Heggberget, T.G., Haukebø, T., Mork, J., og Ståhl, G. 1988. Temporal and spatial segregation of spawning in sympatric populations of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. - *J. Fish Biol.* 33: 347-356.
- Jensen, A.J. og Johnsen, B.O. 1986. Different adaptation strategies of Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations to extreme climates with special reference to some cold Norwegian Rivers. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 980-984.
- Jensen A. J., Johnsen, B.O. og 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.
- Larsen, B.M., Berger, H.M., Kleiven, E., Kvellestad, A. og Saksgård, L. 2002. Tovdalsvassdraget- Anadrom fisk. - S. 52-55 i: *Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2001. DN-Notat 2002-1.*

5.4 Veterinærfaglig del i reetableringsprosjektet i Tovdalsvassdraget og Mandalsvassdraget

Ketil Skår

VESO Trondheim

Innledning

I forbindelse med kultivering generelt og oppbygging av en utdødd laksestamme spesielt er det viktig at en har særlig fokus på å finne strategier som forhindrer at smittestoff etablerer seg i det biologiske materialet. Det er spesielt de vertikalt overførbare sykdommene en må unngå, dvs de sykdommene som kan smitte gjennom rogn eller melke fra en generasjon til neste. I tillegg bør en påse at det gjøres tiltak som reduserer muligheten for introduksjon eller spredning av horisontalt smittende sykdommer, dvs sykdommer som sprer seg fra individ til individ.

VESO ble koblet inn i reetableringsprosjektet for å ivareta disse behov.

Veterinærfaglige oppgaver i prosjektet har bestått:

- Helsetilsyn for å tilfredsstille attestkravene ved utsetting av rogn og yngel
- Sikre prosjektet mot å få smitte på reetableringsmaterialet, og dermed unngå å forårsake smittespredning

Helsetilsyn

Det er undertegnet en kontrakt for 5 års tilknytning til **Helsetjenesten for kultiveringsanlegg** (standard for alle medlemsanlegg). Tilsynet i anlegget skal primært sørge for at attestgrunnlaget er i orden, dvs at anleggene skal ha et tilsyn som gjør at tilsynsveterinær kan utstede Helse og opprinnelsesattest, en forutsetning for å sette ut fisk i vassdrag.

Grunnlaget for attesten på Finså er 12 veterinærbesøk pr år som inkluderer parasittkontroll, obduksjon av dødfisk og svimere, gjennomgang av organisering, produksjon og hygieniske rutiner i anlegget, stamfiskkontroll (obduksjon av all fisk, IPN og BKD prøver samt dyrking mhp furunkulose).

Ordningen inkluderer også at veterinæren i den grad det er mulig skal være tilgjengelig dersom uforutsette situasjoner med (sykdoms)utbrudd og dødelighet skulle oppstå i anlegget. Gjennomgang av slike episoder med mål å finne en sannsynlig forklaring/diagnose utgjør en del av dokumentasjonsgrunnlaget for helseattesten.

Helsetjenesten for kultiveringsanlegg har medlemsmøter en gang i året, der målsetningen er å skape et miljø der personell tilknyttet kultiveringsanleggene kan diskutere

faglige problemstillinger med andre som er i samme situasjon.

Undersøkelser ved Finsåanlegget har ikke avslørt smittsomme sykdommer eller vesentlige parasittproblemer. Det er påvist normale ektoparasitter som *Ichtyobodo necator* (costia), samt ulike varianter av *Schypidia* og *Trichodina*.

Sikre prosjektet mot å få smitte

Bakgrunnen for prosjektet er å se på ulike strategier for reetablering av laks i kalkede elver. Av genetiske hensyn har en valgt de nærmeste vassdragene øst for Tovdalsvassdraget (Storelva i Holt / Vegårvassdraget) og vest for Mandalsvassdraget (Bjerkreimsvassdraget).

Prosjektet har lagt seg på en strategi der det legges særlig vekt på å sikre oss at vi bygger opp smittefrie bestander av laks. Strategien skal ivareta behovet for rognvolum til forskning og kultivering. En har kommet til at stamfiskhold er nødvendig for å få til dette. Nedenfor er listet noen momenter som vi mener ivaretar det hygieniske aspektet i prosjektet.

For å følge intensjonen i Fylkesvise kultiveringsplaner samt å redusere muligheten for smitteoverføring mellom vassdrag, har prosjektet basert seg på at all overføring av fiskemateriale skal foregå som rogn. En foretrekker desinfisert øyerogn der det er mulig, men aksepterer rogn og melke når situasjonen krever det (men forutsetter at transporten foregår i hht retningslinjer for Genbank for vill laks).

Momenter i strategien som skal forhindre smitte:

Vill stamfisk

- Separat oppbevaring av vill stamfisk

Vill stamfisk fra det enkelte vassdrag skal oppbevares lokalt. Det skal ikke transporteres stamfisk mellom vassdrag. Oppbevaringen skal skje i overgangen til eller i anadrom sone.

- Omfattende kontroll av vill stamfisk

All vill stamfisk obduseres og undersøkes mht IPN, BKD og furunkulose (generell bakteriologi). Gjeldende retningslinjer for stamdyrkontroll og krav i helseattest følges.

- Transport av desinfisert øyerogn, evt desinfisert grønnegg.

I forbindelse med å bygge opp en ny laksestamme må en ta særlige forholdsregler for å sikre at utgangspunktet er smittefritt materiale. Prosjektet baseres derfor på desinfisert øyerogn, helst fra et stamfiskoppdrett. Dette fordi rogn fra villfisk kun har stamfiskkontroll som grunnlag for attest, mens rogn fra stamfiskoppdrett har en mangeårig dokumentasjon på sykdomsstatus. Overføring av fisk mellom vassdrag skal ikke forekomme.

- Hygieniske prosedyrer for rogn

Ved transport av rogn til / fra anlegg gjennomføres de prosedyrer som ligger til grunn for tilsvarende arbeide i Genbank for vill laks. Dette innebærer flere smitteskiller mellom elv og anlegg. Viktigste skiller er separat personell for ulike operasjoner og desinfeksjonssluser for inn/utføring av rogn.

- Rognplanting

For å unngå flytting av fisk baseres kultivering i vassdrag uten eget klekkeri på rognplanting. Det benyttes fortrinnsvis desinfisert øyerogn fra egenprodusert stamfisk. Der som tilgangen på slik rogn tar for lang tid eller gir for lite antall, kan det bli aktuelt å vurdere desinfisert fersk rogn eller desinfisert øyerogn fra vill stamfisk.

Stamfiskhold

- Dokumentasjon av sykdomsstatus på egenoppdrettet stamfisk.

Det gjennomføres nøye kontroll av dødfisk/ svimere for å dokumentere sykdomsstatus på det egenproduserte stamfiskmaterialet. Episoder med høyere dødelighet vies særlig oppmerksomhet for om mulig å stadfeste årsak.

Egenprodusert stamfisk som historisk sett er godt dokumentert mht sykdom (5-10 år) tillates unntatt fra kravet om obduksjon etter stryking, på lik linje med situasjonen i Genbanken for vill laks. Denne fisken beholdes for gjentatte strykinger. Hensikten med dette er å sikre seg nødvendig volum fra år til år, samt at en kan få dokumentert at materialet er godt representert i vassdraget før stamfisken slås ut.

- Smitteskiller i forbindelse med stamfiskoppdrett

En bruker i størst mulig grad hallnivå som skille mellom årsklasser. Karnivå skiller mellom forskjellige stammer, evt familier. Familiene holdes adskilt i alle fall inntil det foreligger prøvesvar fra stamfiskkontrollen (før klekking).

6 UTVIKLINGEN I BESTANDENE AV UNGFISK OG VOKSEN FISK AV LAKS OG AURE ETTER KALKING

6.1 Utviklingen i tetthet av laks- og aureunger i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking

Bjørn Mejdell Larsen
NINA-Trondheim

Sammendrag

De opprinnelige laksestammene i Mandalselva og Tovdalselva anses som utdødd. Ved elfiske før kalking ble det ikke påvist laksunger i noen del av elvene. Begge vassdragene hadde imidlertid en moderat bestand av aureunger. Mandalselva og Tovdalselva ble fullkalket fra 1996/1997. I Mandalselva har det vært en rask reetablering av laksunger, og allerede et par år etter kalking var det laksunger på de fleste stasjonene. Tettheten av laksunger har også økt fra noen få individer i 1997 til 54 laksyngel og 9 eldre laksunger pr. 100 m² elveareal i 2002. I Tovdalselva har reetablering av laksunger gått saktere, og det ble bare fanget laksyngel på enkelte stasjoner i nedre del av vassdraget i de tre første årene etter kalking. I 2002 var det imidlertid en positiv utvikling både i utbredelse og tetthet av laksunger med 21 laksyngel og 1 eldre laksunge pr. 100 m² elveareal.

Innledning

Selv om det ble fisket en del laks på 1970- og 1980-tallet i Mandalselva ble det ikke påvist laksunger i noen del av vassdraget på den tiden (Saltveit 1980, 1984a, Heggenes og Saltveit 1992). Den opprinnelige laksestammen anses som utdødd (Sivertsen 1989), og laks som ble fanget var sannsynligvis et resultat av smoltutsettinger i Mandalselva eller i andre vassdrag, feilvandrede villaks og rømt oppdrettslaks (Heggenes og Saltveit 1992, Johnsen m.fl. 1999). Tovdalselvas egen laksestamme forsvant allerede på slutten av 1960-tallet (Sivertsen 1989), og det ble ikke påvist laksunger i noen del av vassdraget på begynnelsen av 1980-tallet (Saltveit 1984b). Etter en periode på ca 20 år ble det igjen tatt noe laks ved sportsfiske utover på 1990-tallet.

Det ble startet en overvåking av ungfiskbestandene av laks og aure i lakseførende del av Mandalselva og Tovdalselva

i 1995 i forbindelse med de planlagte kalkingstiltakene i de to vassdragene (Kaste m.fl. 1998, Larsen 1998). Senere er det gjennomført fiskeundersøkelser på et utvalg faste overvåkingsstasjoner i begge vassdragene i perioden 1996-2002. Som referanse til disse undersøkelsene finnes det ungfiskundersøkelser fra 1979 og på 1980-tallet i Mandalselva (Saltveit 1980, 1984a, Heggenes og Saltveit 1992) og fra begynnelsen av 1980-tallet i Tovdalselva (Saltveit 1984b).

Metoder

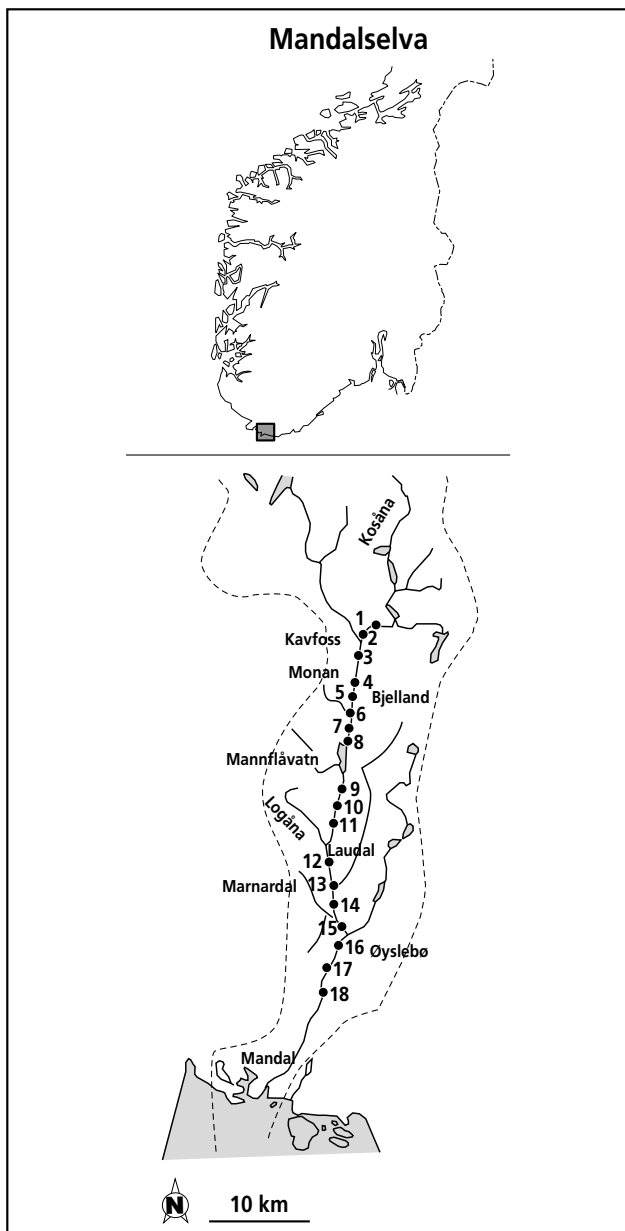
Det ble fisket med elektrisk fiskeapparat etter standard metoder på 18 stasjoner i lakseførende del av Mandalselva (**figur 6.1**) og på 14 stasjoner i Tovdalselva (**figur 6.2**). All fisk ble artsbestemt og lengdemålt til nærmeste millimeter i felt, og et utvalg ble konservert og lagret for senere aldersbestemmelse. Beregning av fisketetthet ble utført som beskrevet av Bohlin m.fl. (1989) etter fangst i tre fiskeomganger. Det er skilt mellom årsyngel (0+) og eldre ungfisk ($\geq 1+$).

Resultater og diskusjon

Mandalselva

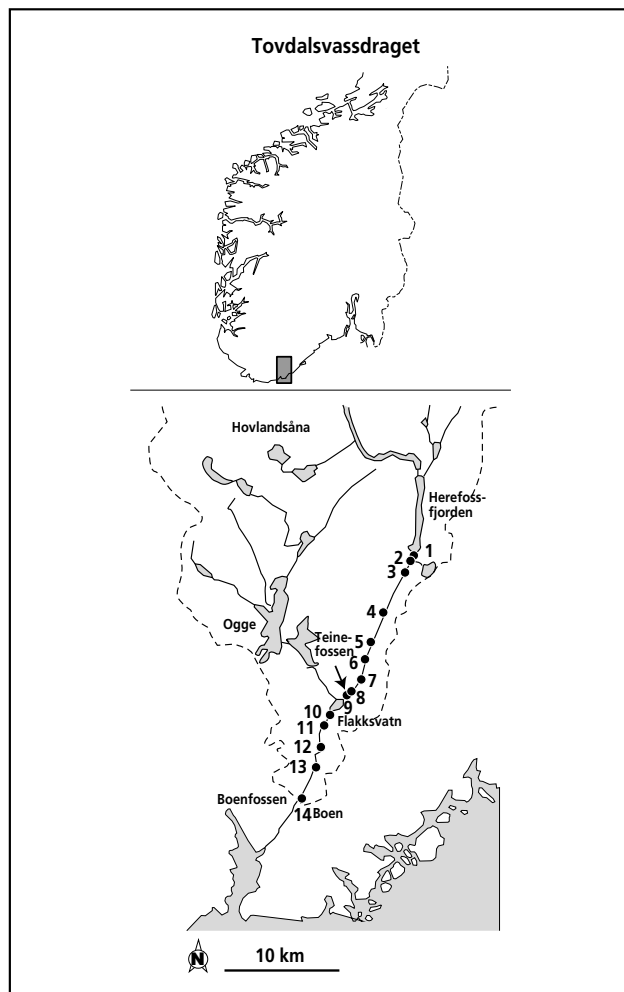
Det ble ikke påvist laksunger i Mandalselva i 1995, men i 1996 ble det for første gang funnet noen få laksyngel på to stasjoner i vassdraget. På en av stasjonene var det lagt ut skjellsand i elva og langs elvebredden slik at det lokalt var bedre bufret mot forsuring. Etter at kalkingen kom i gang for fullt i løpet av 1997 ble det allerede i 1998 funnet laksyngel på 11 av 18 stasjoner fordelt på hele den lakseførende strekningen. Senere har utbredelsen økt ytterligere, og det ble funnet laksyngel på alle stasjonene i 2002 (**figur 6.3**).

Tettheten av laksyngel har variert noe i de første årene etter kalking. I 1999 var tettheten 20 yngel pr. 100 m², men den gikk ned til 10 individer pr. 100 m² i 2001 (**figur 6.4**). Den negative utviklingen i 2001 kan være et resultat av ustabil vannkvalitet høsten/vinteren 2000/2001 på grunn av store nedbørmengder. Det ble observert fiskedød i sidevassdrag til Mandalselva, og i Logåna ble minst 100 laks og sjøaure funnet døde. I 2002 var det igjen relativt høye tettheter av laksyngel i hele vassdraget. Gjennomsnittlig



Figur 6.1. Mandalsvassdraget med prøvetakingsstasjoner for fisk.

tetthet var 54 individer pr. 100 m², og 16 av 18 stasjoner hadde mer enn 20 laksyngel pr. 100 m². I forbindelse med reetableringsprosjektet er det satt ut mer enn 500.000 énsomrige laksunger i årene 1997-2002 (Hindar og Johnsen 2001, Johnsen s. 58). Selv om det settes ut et stort antall laksyngel på strekningen mellom Bjelland og Laudal utgjør de bare en liten del av fangsten (figur 6.5). Andelen settefisk var størst i 1999 (46 %) og lavest i 2002 (5 %) på strekningen Bjelland-Mannflåvatn. For hele vassdraget utgjorde settefisken 16 % av den totale fangsten av laksyngel i 1999, ca 10 % i 2000 og 2001, men bare 1 % i 2002 (Johnsen, s. 58). Selv om antall laksyngel fortsatt vil variere litt mellom år er laks nå reetablert i hele vassdraget, og utviklingen har vært entydig positiv i de første fem årene etter kalking.



Figur 6.2. Tovdalsvassdraget med prøvetakingsstasjoner for fisk.

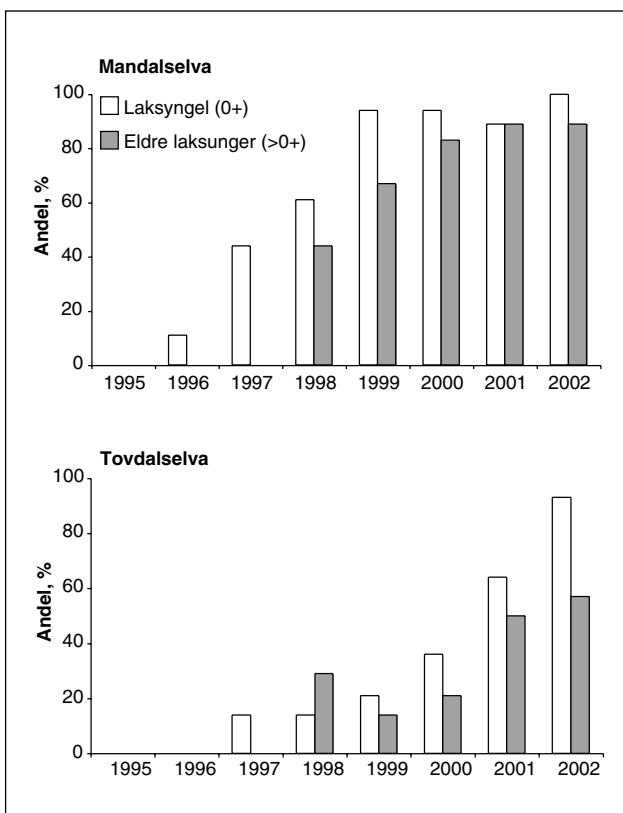
I Mandalselva ble det ikke funnet eldre laksunger i årene 1995-97 eller ved noen av de tidligere undersøkelsene. Men allerede i 1998 ble det funnet eldre laksunger på 44 % av stasjonene (figur 6.3), selv om tettheten var lav (2 individer pr. 100 m², figur 6.4). Fram til 2002 har gjennomsnittlig tetthet økt til nærmere 10 individer pr. 100 m², og det er funnet eldre laksunger på 89 % av stasjonene. Det var størst tetthet av eldre laksunger i Kosåna og ved Monan i 2002 (figur 6.5), og øvre del av vassdraget har vist seg som et viktig oppvekstområde. Det er derfor nødvendig at gytelaks sikres gode oppvandringsmuligheter i hele vassdraget.

Fangstutviklingen i Mandalselva i de siste årene har vært svært positiv; over 10 tonn laks ble fanget i 2001. Det er også tidligere (1989-96) satt ut betydelige mengder fisk i Mandalselva (Johnsen m.fl. 1999). Ingen av disse utsettingene har hatt direkte betydning for resultatet i ungfiskovervåkingen da utsettingene er gjort i sidebekker eller i brakkvannsområdet, som er utenfor det området som dekkes av overvåkingsundersøkelsene. Indirekte derimot kan det ha hatt betydning ved at antall gytetfisk som vandret

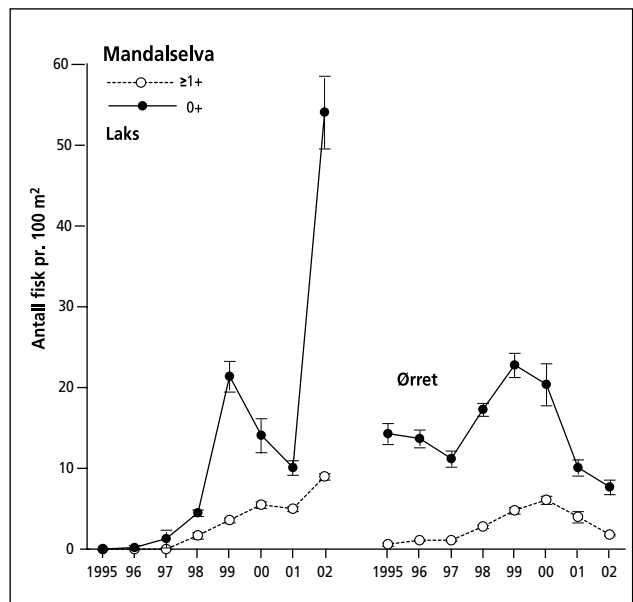
opp i løpet av 1990-årene økte (jf. fangststatistikken). Senere har laksunger som har vokst opp i vassdraget etter kalking, og laksunger satt ut i forbindelse med reetableringsprosjektet, kommet tilbake til vassdraget som gytelaks. Dette ga trolig grunnlaget for den høye tettheten av laksyngel i 2002.

Det har vært en jevnt høy forekomst av aureyngel i Mandalselva helt siden undersøkelsene startet i 1995, og yngel er påvist på 83-100 % av stasjonene. Etter at tettheten økte de første årene etter kalking har tettheten avtatt noe igjen i alle deler av vassdraget (figur 6.5). I 2002 var antall aureyngel lavere enn før kalkingen startet (figur 6.4).

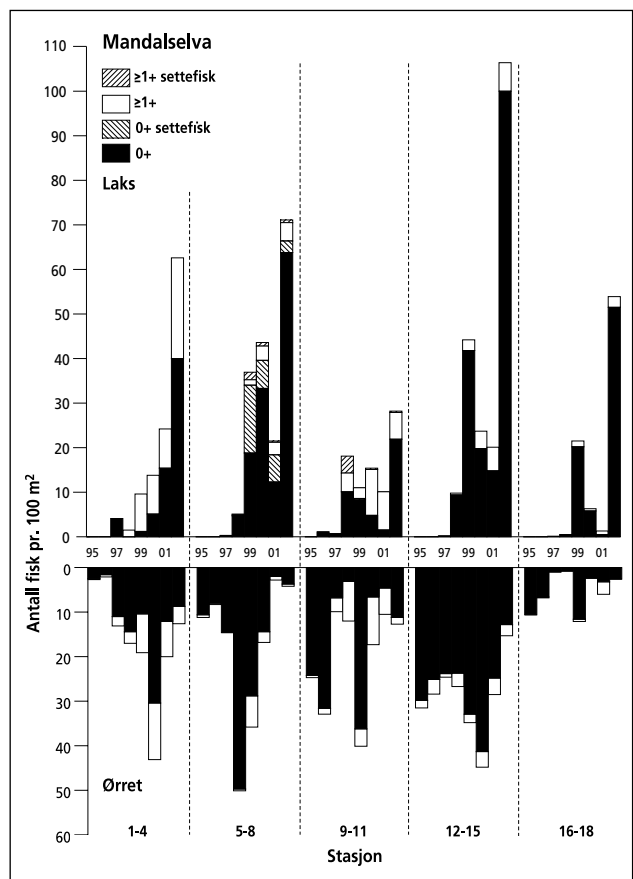
Utbredelsen av eldre aureunger har økt fra 30-40 % av stasjonene før kalking til 60-80 % etter kalking. Tettheten har ikke vært spesielt høy noe sted (figur 6.5), og gjennomsnittlig tetthet av eldre aureunger var bare 2 individer pr. 100 m² i 2002 (figur 6.4). Dette var en nedgang i forhold til tidligere år som samsvarer med nedgangen i antall aureyngel. Selv om sjøaureen reproduserer naturlig i deler av hovedvassdraget har trolig det meste av reproduksjonen tidligere foregått i sidevassdrag med gunstigere vannkvalitet (Larsen og Haraldstad 1994). Mandalselva har imidlertid betydelige oppvekst- og leveområder også for stasjonær aure.



Figur 6.3. Utbredelsen av laksyngel og eldre laksunger i Mandalselva og Tovdalselva i 1995-2002.



Figur 6.4. Tetthet pr. 100 m² av laks og aure i lakseførende del av Mandalselva i 1995-2002.

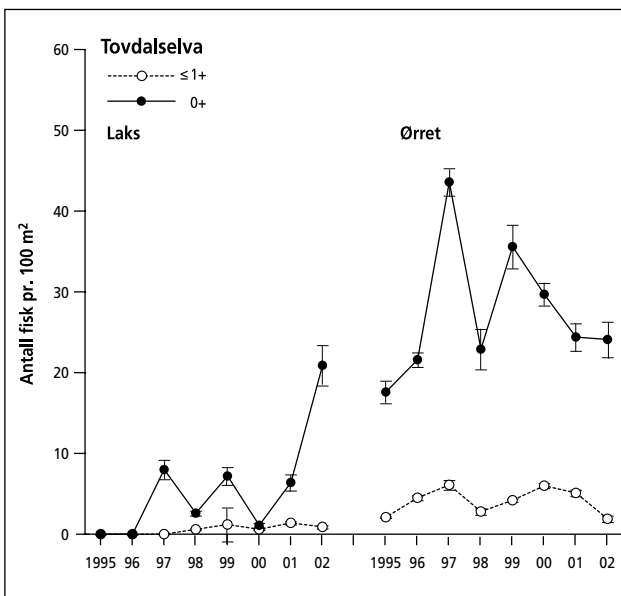


Figur 6.5. Tetthet pr. 100 m² av laks og aure i ulike deler av lakseførende del av Mandalselva i 1995-2002. Stasjon 1-4: Kosåna og Kavfossen-Monan, stasjon 5-8: Monan-Mannflåvatn, stasjon 9-11: Mannflåvatn-Laudal, stasjon 12-15: Laudal-Øyslebø og stasjon 16-18: Øyslebø-Holum.

Tovdalselva

Det ble ikke påvist laksunger i noen del av Tovdalselva i 1995 eller 1996. Det var først i 1997 og 1998 at laksyngel ble fanget nedenfor Boenfossen i nedre del av vassdraget. Etter det har utbredelsen økt langsomt, og i 2000 ble det for første gang funnet naturlig produsert yngel ovenfor Flakksvatn. Denne positive utviklingen fortsatte i 2002 da det bare manglet laksyngel på én av stasjonene like nedenfor Herefossfjorden (**figur 6.3**).

Reetableringen av laksunger har gått saktere enn forventet i Tovdalselva, og det har i flere år bare blitt påvist laksyngel på én eller et fåtall stasjoner. Tettheten av laksunger har derfor vært lav etter kalking, og i 2001 var det fortsatt bare 6 laksyngel pr. 100 m² (**figur 6.6**). I 2002 kom det derimot en økning i tettheten av laksyngel som involverte en større del av vassdraget. Det ble funnet mer enn 20 laksyngel pr. 100 m² på seks av de 14 stasjonene. Selv om antall laksyngel var størst nedenfor Flakksvatn, var det også gode tettheter på enkelte stasjoner i øvre del. Gjennomsnittlig tetthet av laksyngel for hele vassdraget var 21 individer pr. 100 m². I forbindelse med reetableringsprosjektet er det lagt ut rogn i 2000 og 2001 fordelt på flere områder på strekningen mellom Herefossfjorden og Teinefossen (Barlaup m.fl. 2001, Barlaup m.fl., s. 46). På stasjonene våre på strekningen mellom Herefossfjorden og Flakksvatn (stasjon 1-9) ble det funnet åtte laksyngel og seks eldre laksunger i 2001, og av disse var seks yngel og to ett-årige laksunger fra naturlig rekruttering (V. Moen pers. medd.). Dette viser at reetableringen av laksunger i hele den øvre delen av Tovdalselva går uavhengig av rognplantingen.

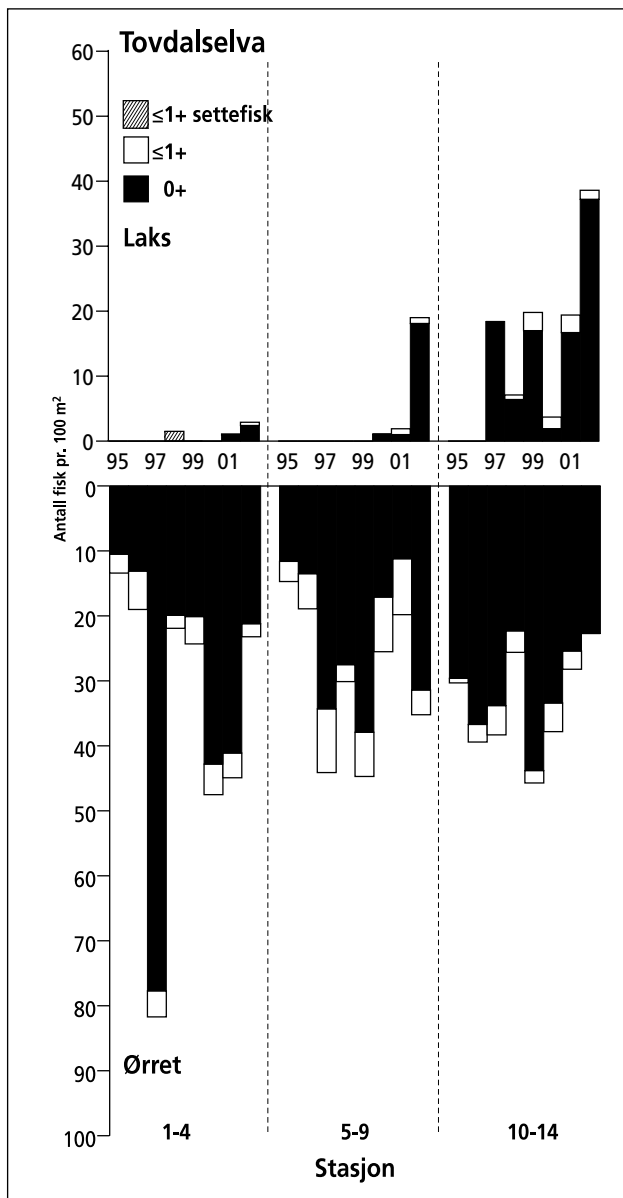


Figur 6.6. Tetthet pr. 100 m² av laks og aure i lakseførende del av Tovdalselva 1995-2002.

Det ble fanget ettårige laksunger for første gang i 1998, og som forventet ble det gjort på de stedene der det året før ble påvist yngel. Derfor var utbredelsen av eldre laksunger svært begrenset i flere år, og 2001 var første året det ble funnet eldre laksunger ovenfor Flakksvatn. Gjennomsnittlig tetthet av eldre laksunger har også vært lav i alle år i Tovdalselva, og var fortsatt bare om lag ett individ pr. 100 m² både i 2001 og 2002 (**figur 6.6**). I forbindelse med reetableringsprosjektet ble det satt ut 6.750 énsomrige laksunger like nedstrøms Herefossfjorden høsten 1997. Disse kommer bare inn som en del av fangsten i 1998 på stasjonene nedenfor Herefossfjorden (stasjon 1-4) (**figur 6.7**). Det er i tillegg satt ut noe smolt i 1996 og 1997 (Johnsen m.fl. 1999), men disse utsettingene har ikke hatt noen betydning for resultatet i ungfiskovervåkingen da utsettingene er gjort utenfor det området som dekkes av overvåkingsundersøkelsene.

Aureyngel finnes i varierende tetthet i hele vassdraget (**figur 6.7**). Det var en tendens til at tettheten økte like etter kalking, men den høye tettheten i 1997 kom bl.a. av spesielt høy tetthet av aureyngel på utløpet av Herefossfjorden. Senere har antall aureyngel gått noe ned, og har de siste to årene vært 24 individer pr. 100 m². Dette gjør at det ikke er noen signifikant endring i tettheten sammenlignet med de to referanseårene før kalking. Det var likevel en jevnt god tetthet av aureyngel i hele vassdraget i 2002, med mer enn 20 individ pr. 100 m² på åtte av 14 stasjoner.

Tettheten av eldre aureunger har vært relativt stabil i årene mellom 1995 og 2002 (**figur 6.6**), og gjennomsnittlig tetthet av eldre aureunger har variert mellom 2 og 6 individer pr. 100 m². Det har bare vært mindre endringer mellom år, og tettheten er på samme nivå nå som den var før kalking kom i gang. Dette er likevel en økning i antall aureunger sammenlignet med begynnelsen av 1980-tallet (Saltveit 1984b). Dette kan komme av den generelle bedringen i vannkvalitet siden begynnelsen av 1990-tallet. Det har vært en økende forekomst av aure knyttet til innsjøene Herefossfjorden og Flakksvatn etter kalking, men det er ikke lenger noen forventning om at antall aure skal øke i selve Tovdalselva i årene framover.



Figur 6.7. Tetthet pr. 100 m² av laks og aure i ulike deler av lakseførende del av Tovdalselva i 1995-2002. Stasjon 1-4: Herefoss-Flå, stasjon 5-9: Flå-Flakksvann og stasjon 10-14: Flakksvann-Boen.

Litteratur

Barlaup, B.T., Hindar, K., Kleiven, E., Kroglund, F., Moen, V. og Næss, T. 2001. Utlegging av øyerogn som alternativ kultiveringsstrategi i Tovdalsvassdraget. - S. 27-40 i: Hesthagen, T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2000. DN Utredning 2001-6.

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

Heggenes, J. og Saltveit, S.J. 1992. Reetablering av fiskebestanden i Mandalselva. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 135: 1-77.

Hindar, K. og Johnsen, B.O. 1999. Reetablering av laks i forbindelse med kalking. Reetablering av laks i Tovdalselva og Mandalselva. Årsrapport 1998. - S. Vedlegg 3 (27s.) i: Johnsen, B.O. (red.). Reetableringsprosjektet. Årsrapport 1998. DN Utredning 1999-7.

Hindar, K. og Johnsen, B.O. 2001. Reetablering av laks i forbindelse med kalking - Reetablering av laks i Tovdalselva og Mandalselva. Årsrapport 2000. - S. 7-26 i: Hesthagen, T. (red.). Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra Reetableringsprosjektet 2000. DN Utredning 2001-6.

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

Kaste, Ø., Brandrud, T.E., Larsen, B.M. og Raddum, G.G. 1998. Mandalselva.- S. 58-64 i: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. DN-notat 1998-1.

Larsen, P.A. og Haraldstad, Ø. 1994. Kalkingsplan for Mandalsvassdraget i Vest-Agder. - Flerbruksplan for Mandalsvassdraget. Fagrapport til faggruppe for fisk og forurensning. (57 s.)

Larsen, B.M. 1998. Tovdalsvassdraget. 3 Anadrom fisk. - S. 52-53 i: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. DN-notat 1998-1.

Saltveit, S.J. 1980. Skjønn Laudal kraftverk. Fiskeribiologiske forhold i Mandalselva og Mannflåvatn. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 41: 1-46.

Saltveit, S.J. 1984a. Fiskeribiologiske undersøkelser i Kosånassvassdraget i Aust- og Vest-Agder. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 67: 1-21.

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

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

Tabell 6.1. Antall utsatt fisk på ulike strekninger og delstrekninger av Mandalselva i perioden 1997-2000.					
Strekning	Delstrekning	1997	1998	1999	2000
Terskel 1 – Klevelandsbrua Sanøy – Trygsland	Nedre 325 m mot Terskel 1	0	4.415	0	14.62
	Øvre 625 m mot Klevelandsbrua	5.000	0	9.504	0
	Hesså – Trygsland	18.500		9.693	
	Risesteinen – Toppøynå Sanøy – Risesteinen		9.596	14.779	47.198
Grasholmen – Bjelland kraftverk		13.500	19.766	30.017	66 186

Resultater

Overlevelse

I Tovdalselva ble det gjennomført ungfiskundersøkelser i august 1998 på strekningen mellom Sundtjørnhølen og Herefossfjorden hvor 6.750 énsomrige settefisk (gj.sn. vekt og lengde på henholdsvis 2,8 g og 65 mm) ble satt ut på 10 ulike steder den 2.9.1997. Tilsammen 7 stasjoner ble undersøkt på strekningen. Samtlige laksunger som ble fanget var fettfinneklipt, og tettheten av laksunger varierte fra 0 til 12,5 per 100 m². Elvestrekningen ble delt i 6 delstrekninger etter de 7 lokalitetene hvor det ble foretatt elfiske. Gjennomsnittlig tetthet på hver delstrekning ble beregnet som middelverdien av øvre og nedre stasjon på delstrekningen og arealet av hver delstrekning ble beregnet på 1:5000 kart (arealet er korrigert for sommervannføring med en reduksjon på 25 %). Med bakgrunn i dette kom vi fram til at det befant seg ca. 1800 laksunger på strekningen Sundtjørnhølen - Herefossfjorden da elfisket ble foretatt. Dette tallet utgjør ca. 27 % av antall fisk som ble utsatt.

I Mandalselva varierte tettheten av settefisk ett år etter utsetting mellom 0 og 9,6 individ pr. 100 m². Det var stor variasjon mellom de ulike delstrekningene innen samme år, men mindre variasjon mellom år på den enkelte elvestrekning. For eksempel på øvre del av strekningen "Terskel 1 - Klevelandsbrua" var tettheten av 1997- og 1999 - årsklassene henholdsvis 8,8 og 9,6 pr. 100 m². På strekningen Grasholmen - Bjelland kraftverk var tettheten av 1997-årsklassen 0,2 individ per 100 m², mens for de øvrige årsklassene 1998 - 2000 varierte tettheten mellom 1,5 og 3,0 per 100 m². På strekningen Sanøy - Trygsland varierte tettheten mellom 0 og 0,8 per 100 m² for de fire årsklassene (**tabell 6.2**).

På grunn av variasjoner i utsettingstetthetene fikk vi større variasjoner i gjenfangstprosentene enn i de rene tetthetstallene. Dette resulterte i svært varierende gjenfangstprosent på de ulike delstrekninger innen samme år. Det mest ekstreme eksemplet var 1997-årsklassen med 27,5 % gjenfangst på strekningen Terskel 1 – Klevelandsbrua, mens det ikke ble gjenfanget fisk på strekningen Sanøy-

Trygsland. Variasjonen fra år til år innen den enkelte delstrekning var betydelig for enkelte delstrekninger (Grasholmen - Bjelland) og liten for andre (delstrekning øvre og nedre mellom Terskel 1 - Klevelandsbrua) (**tabell 6.2**).

På strekningen Terskel 1 – Klevelandsbrua er årsklassene 1997 og 1999 direkte sammenliknbare og det samme er årsklassene 1998 og 2000 siden utsettingene disse årene foregikk på samme delstrekning. En dobling av utsettingstettheten på øvre området i 1999 i forhold til 1997 ga ingen vesentlig økning i tettheten ett år senere. En tredobling av utsettingstettheten på nedre område i 2000 i forhold til 1998 ga heller ingen økning i tettheten ett år etter utsettingen. Årsklassene 1998 og 2000, som ble satt ut på nedre del, ga langt lavere tetthet ett år etter utsetting sammenliknet med 1997- og 1999-årsklassene som ble satt ut på øvre del (**tabell 6.2**).

På strekningen 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 (**tabell 6.2**).

På strekningen Grasholmen – Bjelland kraftverk har nøyaktig samme utsettingsområde vært benyttet alle fire år. Utsettingstettheten økte fra 19,2 i 1997 til 94,1 settefisk pr. 100 m² i 2000. Den laveste utsettingstettheten ga den laveste gjenfangsten, men ved utsettingstettheter mellom 28,1 og 94,1 settefisk pr. 100 m² var det ingen sammenheng mellom utsettingstetthet og tetthet ett år senere (**tabell 6.2**).

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 per 100 m² for 2000 - årsklassen og 4,0 per 100 m² for 1999 - årsklassen (**tabell 6.2**).

Tabell 6.2. Utsettingstetthet (antall pr. 100 m²), tetthet ett år etter utsetting (antall pr. 100 m²) og gjenfangstprosent etter ett år for utsatt fisk på ulike strekninger av Mandalselva i 1997-2000.

Årsklasse	Strekning	Utsettings- tetthet	Tetthet ett år etter utsetting	Gjenfangst- prosent
1997	Terskel 1 – Klevelandsbrua, øvre del	32,0	8,8	27,5
	Sanøy-Trygslund	7,4	0	0
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	19,2	0,2	1,0
	Gjennomsnitt 1997	19,5	3,0	15,4
1998	Terskel 1 – Klevelandsbrua, nedre del	39,6	0,4	1,0
	Sanøy-Trygslund	3,8	0,7	18,4
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	28,1	3,0	10,7
	Gjennomsnitt 1998	23,8	1,4	5,9
1999	Terskel 1 – Klevelandsbrua, øvre del	60,8	9,6	15,8
	Sanøy-Trygslund	9,8	0,8	8,2
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	42,7	1,5	3,5
	Gjennomsnitt 1999	37,8	4,0	10,6
2000	Terskel 1 – Klevelandsbrua, nedre del	131,5	0,6	0,5
	Sanøy-Trygslund	18,9	0,4	2,1
	Grasholmen – Bjelland kraftverk	94,1	2,7	2,9
	Gjennomsnitt 2000	81,5	1,2	1,8

Vekst

De énsomrige laksungene som ble satt ut i Tovdalselva på strekningen Sundtjørnkilen-Herefossfjorden i 1997 hadde ved utsetting en gjennomsnittslengde på 65 mm. Høsten 1998, etter å ha tilbrakt ett år i elva, hadde de en gjennomsnittslengde på 145 mm. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig årlig tilvekst på 80 mm. Året etter ble det ikke funnet laksunger på denne strekningen og dette tyder på at de aller fleste vandret ut som 2-årig smolt våren 1999.

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 25.8-2.9 og 12.-19.8 hadde gjennomsnittslengder på henholdsvis 68 og 59 mm. 1999- og 2000-årsklassene som ble satt ut tidligere i sesongen, hen-

holdsvis i perioden 1.-13. juli og 5.-13. juli, hadde gjennomsnittslengder på 51 mm. 1999- og 2000-årsklassene hadde imidlertid bedre gjennomsnittlig tilvekst i elva (henholdsvis 48 og 46 mm) enn de to andre årsklassene (36 og 38 mm) (**tabell 6.3**).

Gjennomsnittslengden etter ett år var høyest for 1997-årsklassen og lavest for 1998- og 2000-årsklassene. Prosentandel laksunger > 99 mm var også høyest for 1997-årsklassen (70 %) mens den var 42 % for 1999-årsklassen og 41 % for 1998-årsklassen og 40 % for 2000-årsklassen.

Spredning

I Tovdalselva ble all settefisk satt ut i øvre del av vassdraget mellom Sundtjørnkilen og Herefossfjorden i 1997. Av de 14 stasjonene som inngår i NINA's overvåkingspro-

Tabell 6.3. Lengde ved utsetting og lengde ett år etter utsetting for 1997-, 1998-, 1999- og 2000-årsklassene av settefisk i Mandalselva. n = antall fisk lengdemålt, L = gjennomsnittslengde (min - max) og GT = gjennomsnittlig tilvekst.

Årsklasse	Lengde ved utsetting		Lengde ett år etter utsetting		Gjennomsnittlig tilvekst GT (mm)
	n	L (mm)	n	L (mm)	
1997		68*	23	104 (91-123)	36
1998	1.323	59 (31 - 85)	27	97 (78-109)	38
1999	4.787	51 (31 - 85)	24	99 (82-116)	48
2000	3.812	51 (30 - 72)	20	97 (73 -119)	46

*lengden er beregnet på grunnlag av gjennomsnittsvekt og en k-faktor på 1,07.

gram ligger 12 nedstrøms denne strekningen (Larsen, s. 53). Det ble ikke påvist utsatt fisk på noen av disse stasjonene verken i 1998 eller 1999.

I Mandalselva ble all settefisk satt ut i øvre del av vassdraget mellom Laudal kraftverk og Bjelland kraftverk alle år i perioden 1997-2000. Av de 18 kontrollstasjonene som inngår i NINA's overvåkingsprogram ligger fire stasjoner (st. 1-4) oppstrøms Bjelland kraftverk og sju stasjoner (st. 12-18) nedstrøms utløpet fra Laudal kraftverk (Larsen, s. 53). Under kontrollfisket på disse stasjonene i 1998-2001 ble det ikke påvist utsatt fisk.

På to av strekningene som ble benyttet til utsettinger i Mandalselva, Terskel 1–Klevelandsbrua og Sanøy–Trygsland, har settefisk blitt satt ut på delstrekninger slik at det er mulig å avgjøre om den har spredt seg oppstrøms eller nedstrøms innenfor relativt korte avstander.

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 og 2000 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. 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 6.4**).

På strekningen Sanøy–Trygsland ble det i 1998 satt ut 9.596 settefisk på en strekning på ca. 1,2 km i området mellom Risesteinen og Toppøyna. Ett år etter utsetting ble en laksunge funnet oppstrøms utsettingsstrekningen mens fem individer ble funnet nedstrøms utsettingsstrekningen. Dette tyder på at de hadde spredt seg på store deler av strekningen mellom Sanøy og Trygsland.

I 1999 ble det satt ut 24.472 settefisk fordelt på to delstrekninger: På strekningen Hesså–Trygsland (øvre om-

råde) og på strekningen Straumsberget - Risesteinen (nedre område) ble det satt ut henholdsvis 9.693 og 14.779 settefisk. To av kontrollstasjonene ligger innenfor det øvre utsettingsområdet og to av stasjonene ligger innenfor det nedre utsettingsområdet, og det var på disse fire lokalitetene det meste av settefisk ble funnet i 1999 ca. en måned etter utsetting. Ett år etter utsetting ble det fanget svært få settefisk, men alle ble registrert i nærheten av utsettingsområdene.

I år 2000 ble det satt ut 47.198 settefisk på strekningen Risesteinen – Toppøyna og en måned etter utsetting ble det funnet settefisk bare på en av de to kontrollstasjonene innenfor utsettingsområdet. Det ble imidlertid fanget utsatt fisk på tre kontrollstasjoner som alle ligger nedstrøms utsettingsområdet. Ett år etter utsetting ble det fanget bare tre ettårige settefisk på de åtte kontrollstasjonene på strekningen Sanøy - Trygsland og alle ble funnet nedstrøms utsettingsområdet.

Diskusjon

En overlevelse på 10-20 % fra settefisk til smoltstadiet betraktes som "normal" overlevelse (jf. Fjellheim og Johnsen 2001). Utsettingen på strekningen Sundtjørnhølen-Herefossfjorden i Tovdalselva i 1997, ga en beregnet overlevelse fram til 2-somrige laksunger på 27 %. Vi må regne med en viss dødelighet siste vinter og overlevelsen fram til smoltutvandring var dermed innenfor rammen av det som ansees "normalt". I Mandalselva varierte gjenfangstprosenten ett år etter utsetting svært mye mellom ulike delstrekninger og de fleste gjenfangstene lå langt under resultatet fra Tovdalselva. Disse resultatene indikerer derfor at overlevelsen for settefisk i Mandalselva var lav eller meget lav (Fjellheim og Johnsen 2001). 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 settefisks overlevelse har vært høyere enn det disse tallene indikerer. At andelen fettfinneklepte smolt i fella på Finså var 40 % (Hvidsten m.fl. 2002) er også en sterk indikasjon på dette. Denne

Tabell 6.4. Utsettingstetthet (antall pr. 100 m²) og tetthet en måned og ett år etter utsetting for 4 årsklasser av settefisk satt ut på øvre og nedre del på strekningen Terskel 1–Klevelandsbrua i Mandalselva.

Årsklasse – utsettingssted	Utsettingstetthet	Tetthet en måned etter utsetting		Tetthet ett år etter utsetting	
		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

fella fanget utvandrende laksunger som var produsert i vassdraget oppstrøms Finså. På bakgrunn av resultatene fra Mandalselva er det vanskelig å trekke konklusjoner om "riktige" utsettingstettheter. For to av utsettingsstrekningene, 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 høyere utsettingstettheter. Disse resultatene stammer fra en periode hvor villfiskbestanden var under oppbygging og tetthetene av villfisk var relativt lave (Larsen, s. 53). Når tettheten av villfisk øker vil settefiskbehovet avta ytterligere.

1997-årsklassen i Tovdalselva hadde vokst meget godt og resultatet tyder på at oppvekstforholdene har vært meget gode. I 1999 ble det ikke funnet laksunger på denne strekningen, noe som tyder på at 1997-årsklassen hadde vandret ut som 2-årig smolt våren 1999.

Også 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 ikke vandrer ut før oppnådd 3 års alder. Disse indikasjonene styrkes av resultatene fra fangsten av smolt på utvandring ved Finså i 2001. Både villsmolt og smolt utsatt som énsomrig settefisk hadde en gjennomsnittlig smoltalder på 2,3 år (Hvidsten m.fl. 2002). Det var heller ingen forskjell mellom villsmolt og smolt utsatt som énsomrig settefisk med hensyn til størrelse og 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 énsomrige settefiskene skal vandre ut som to-årig smolt kan de enten settes ut i tidlig juli måned, og da bør de helst være minimum 50-55 mm, eller de kan holdes tilbake i settefiskanlegget til august/september og da bør de helst være 65-70 mm lange.

Det ble ikke påvist utsatt fisk på noen av overvåkingsprosjektets kontrollstasjoner nedstrøms utsettingsområdet i Tovdalselva i 1998 eller 1999 eller nedstrøms Laudal kraftverk eller oppstrøms Bjelland kraftverk i Mandalselva i perioden 1998 - 2001. Dette tyder på at settefisk ikke hadde foretatt lange forflytninger verken oppstrøms eller nedstrøms. Resultatene tyder derimot på at settefisk utsatt på rasktflytende elvestrekninger som 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 Mannflåvann og Hesså i Mandalselva, hadde imidlertid spredt seg både opp- og nedstrøms fra utsettingsområdene. Dette kan ha sammenheng med at fisken på stilleflytende strek-

ninger må vandre mer for å finne mat enn på striere områder hvor fisken kan oppholde seg innenfor et lite område og leve av drivfauna.

Litteratur

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

Fjellheim, A. og Johnsen, B.O. 2001. Experiences from stocking salmonid fry and fingerlings in Norway. - *Nordic J. Freshwat. Res.* 75: 20 - 36.

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. og Jonsson, B. (red.). Proceedings of the Salmonid migration and distribution symposium, June 23-25, 1987, Trondheim, Norway.

Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. og 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. og Johnsen, B.O. 2002. Undersøkelser av smoltøkologi i Mandalselva. - NINA Oppdragsmelding 730: 1-23.

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

Johnsen, B.O. og 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, N C. 1958. The removal method of population estimation - *J. Wildl. Manage.* 22: 82-90.

6.3 Hvorfor gikk reetablering av laks raskere i Mandalselva enn i Tovdalselva?

Trygve Hesthagen og Bjørn M. Larsen

NINA-Trondheim

Sammendrag

Resultatene av ungfisktellingene og fangstregisteringer viser at reetableringen av laks har gått mye raskere i Mandalselva enn i Tovdalselva etter kalking. Omfattende fiskeutsettinger er antatt å være hovedårsaken til en raskere reetablering i Mandalsvassdraget. Økningen i rekrutteringen av laks i Mandalselva skyldes i hovedsak at den utsatte fisken ga opphav til større gytebestander, med påfølgende økt rekruttering. I Mandalselva, der fangstene har variert mellom 931 og 10.420 kg etter kalking, kunne variasjonen i tettheten av laksyngel i stor grad forklares med antall laks som ble fanget i elva ett år tidligere. Fangstene av laks gir vanligvis en god indikasjon på gytebestandens størrelse, og resultatet tyder derfor på at gytebestanden hittil har begrenset rekrutteringen av laks i denne elva. I Tovdalselva har derimot fangstene hittil vært svært lave (33-345 kg pr. år), og det er ingen sammenheng mellom rekruttering (tettheten av yngel) og gytebestand (fangsten av laks året før). Utviklingen i yngeltetthet i de to elvene følger i hovedsak den en finner i andre kalkede vassdrag der reetableringen skjer tilnærmet naturlig, som i Tovdalselva, eller ved hjelp av forsterkingsutsettinger, som i Mandalselva.

Innledning

Både Mandalselva og Tovdalselva var kjent som svært gode lakseelver før de ble forsuringpåvirket, med en rekordfangst på nærmere 35 tonn i Mandalselva. Ifølge fangststatistikken gikk villaksen i de to elvene tapt i løpet av 1960- og 70-tallet. Elfiske foretatt seinere bekreftet dette, og det ble på 1980-tallet og fram til midten av 1990-tallet ikke observert naturlig produserte laksunger i disse to elvene (Larsen, s. 53). Etter at Tovdalselva og Mandalselva ble fullkalket i henholdsvis 1996 og 1997, har ungfiskbestandene av laks og aure vært overvåket hvert år. I arbeidet med å reetablere laksen i de to elvene etter kalking var det nødvendig å legge opp til forskjellige kultiveringsstrategier. I Mandalselva kunne man nemlig sette ut fisk fra Finså Klekkeri, som kom i ordinær drift fra 1991 (Haraldstad m.fl., s. 43). I periodene 1989-1996 og 1997-2002 ble det satt ut rundt henholdsvis 500.900 og 549.000 énsomrige laksunger i elva (Johnsen m.fl. 1999, Johnsen, s. 58). I den første perioden ble det også satt ut noe smolt, med nærmere 19.000 individ i perioden 1997-2000, fordelt oppstrøms og nedstrøms Laudal kraftverk (Hansen og Johnsen, s. 97). Siden 1998 har den utsatte fisken vært avkom av "stedegen" stamfisk fanget i elva.

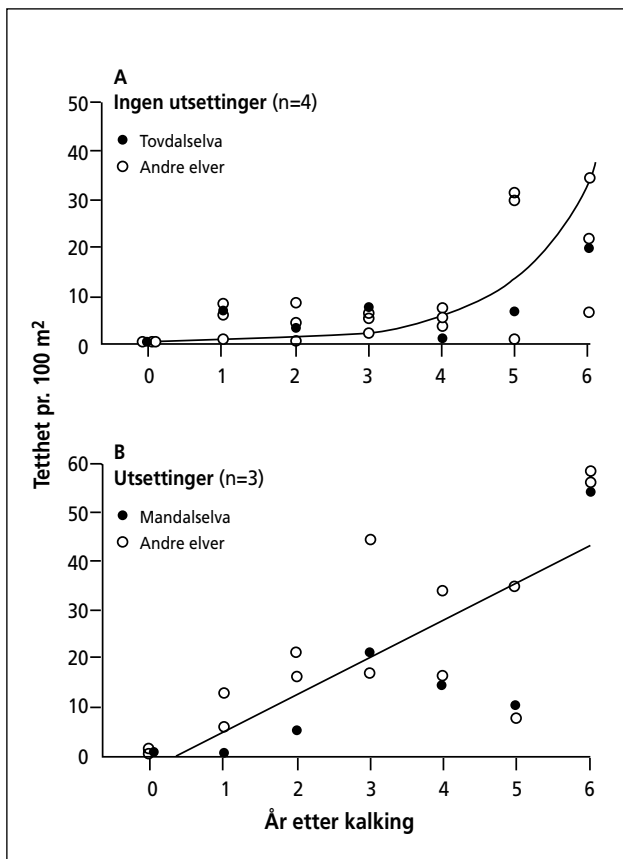
For Tovdalselva manglet man et anlegg lokalisert i nedbørsfeltet, og faren for sykdomsspredning gjør at fisk ikke kan tas fra en annen kultiveringszone. Forsterkninger av laksebestanden i Tovdalselva ble derfor begrenset til utsetting av 6.750 énsomrig settefisk i 1997 fra et lokalt anlegg. I tillegg ble det satt ut 8.000 smolt fra forsøksstasjonen på Ims i 1996 og 1997. Som et alternativt kultiveringsstrategi ble det i perioden 2000-2002 lagt ut 507.000 øyerogn av laks på strekningen Teinefossen–Herefossfjorden (Barlaup m.fl., s. 46).

Hensikten med denne artikkelen er å beskrive hvordan de to kultiveringsstrategiene har resultert i forskjellig hastighet på reetableringen av laks i Mandalselva og Tovdalselva.

Resultater

I Tovdalselva har vi ikke funnet noen økning i tettheten av laksyngel i perioden etter kalking, fra 1997 til 2002 ($p>0,05$). I løpet av de fem første årene var yngeltettheten lav med under 10 individ pr. 100 m² elvebunn (**figur 6.8A**). Derimot skjedde det en klar økning i tettheten i 2002, til 21 individ pr. 100 m². Mandalselva har hatt en svak statistisk økning i tettheten av laksyngel etter kalking ($p=0,08$). I samme periode har elva hatt høyere tettheter av laksyngel enn Tovdalselva ($p<0,05$). Mandalselva hadde også svak rekruttering av laks i de to første årene etter kalking, med bare henholdsvis 1,3 og 4,5 individ pr. 100 m² (**figur 6.8 B**). I 1999 steg imidlertid tettheten til 30 yngel pr. 100 m², og i 2002 var den på hele 54 yngel pr. 100 m².

En sammenstilling av data fra flere kalkede elver viser at tettheten av laksyngel har økt ($p<0,05$) etter at kalkingen startet både i elver med og uten utsettinger (**figur 6.8 A, B**). Elver med utsettinger har imidlertid hatt signifikant høyere tettheter av laksyngel enn elver uten utsettinger (Wilcoxon-test, $p<0,005$). I løpet av de fire første årene etter kalking avvek ikke rekrutteringen av laks i Tovdalselva vesentlig fra den som ble funnet i tre andre elver uten utsettinger etter kalking. I to av disse elvene, Kvina og Sokndalselva, var det en klar økning i tettheten av laksyngel fem år etter kalking, med over 30 individ pr. 100 m². I Tovdalselva tok det altså ytterligere ett år før rekrutteringen av laks nærmet seg dette nivået, til 21 individ pr. 100 m² i 2002. Sammenliknet med to andre elver med utsettinger, hadde Mandalselva relativt lave tettheter av laksyngel i de fem første årene etter kalking (med unntak av det tredje året med 30 individ pr. 100 m²). Etter seks år var imidlertid rekrutteringen både i Mandalselva og i to andre elver hvor det settes ut fisk relativt høy, med 54-58 yngel pr. 100 m².



Figur 6.8. Tettheten av laksyngel vist som antall individ pr. 100 m² (T) i sju lakselver året før kalking (år=0) og i seks år etter kalking (år 1-6), fordelt på elver uten fiskeutsetninger (A: Tovdalselva, Lygna, Kvina og Soknadalselva) og elver med fiskeutsetninger (B: Mandalselva, Bjerkreimselva og Frafjordelva). Før kalking var de stedeegne laksestammene i disse elvene vurdert som tapt. En eksponensiell modell var best tilpasset datasettet for elver uten utsetninger ($T=0,1031 e^{0,9471 \cdot \text{år}}$, $F_{1,26}=27,04$, $R^2=0,51$, $p<0,0001$), i motsetning til en lineær modell for elver med utsetninger ($T=6,94 \cdot \text{år} - 0,48$, $F_{1,19}=24,90$, $R^2=0,54$, $p<0,0001$). n = antall elver.

I Mandalselva kunne rundt 80 % av variasjonen i tettheten av laksyngel etter kalking forklares med fangstutbyttet av voksen fisk ett år tidligere ($p=0,01$) (**figur 6.9**). For Tovdalselva var det ingen tilsvarende sammenheng mellom rekruttering og oppfisket kvantum ($p>0,05$).

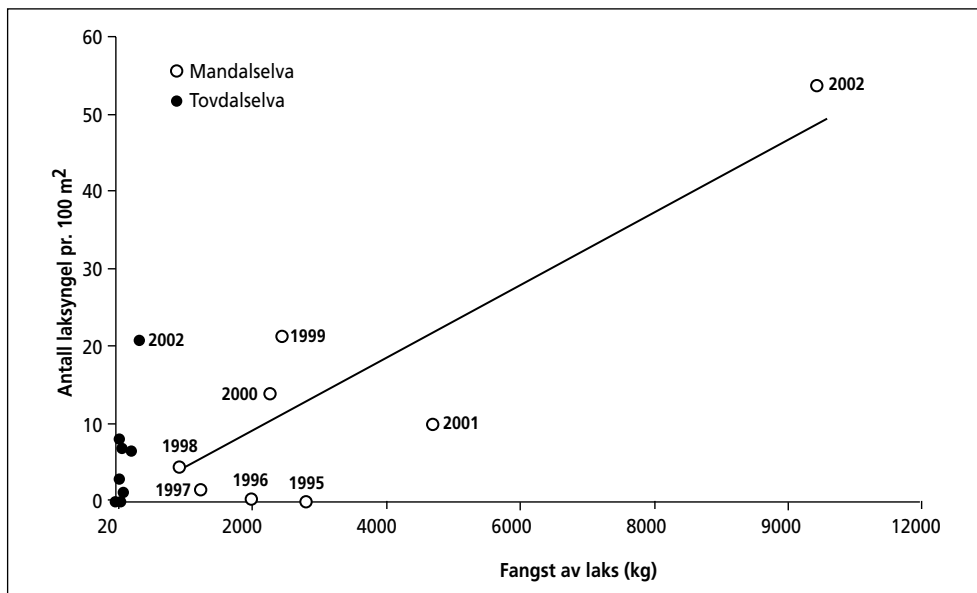
Diskusjon

Resultatene fra ungfisktellingene viser at reetableringen av laks gikk mye raskere i Mandalselva enn i Tovdalselva etter kalking. De omfattende fiskeutsettingene i Mandalselva er antatt å være hovedgrunnen til dette. Utviklingen i tettheten av laksyngel i Mandalselva og Tovdalselva var som forventet eller noe i underkant av det som er observert i andre kalkede elver, med henholdsvis utsetninger og ikke utsetninger av laksunger. For elver som har tapt sine

stedegne laksestammer vil utsetninger fremskynde reetableringsprosessen med flere år sammenliknet med elver uten utsetninger. I tillegg kan man ved utsetninger forsøke å "styre" reetableringen ved å satse på en stamme med spesielle genetiske egenskaper, som en antar er egnet for den aktuelle elva (Hindar og Balstad, s. 40).

En raskere økning i rekrutteringen av laks i elver med utsetninger skjedde først og fremst fordi den utsatte fisken ga opphav til større gytebestander, med påfølgende egenrekruttering. I Mandalselva har villfisken hatt en økende betydning etter kalking, og de høye fangstene i 2000 (4.700 kg) og 2001 (10.420 kg) skyldtes bidraget av fisk oppvokst i elva (Johnsen, s. 58). Blant smolten som ble fanget ved Finså våren 2001 var rundt 40 % utsatt som énsomrig settefisk (Hvidsten m.fl., s. 67). Andelen fettfinneklippet fisk i fangstopp-gaver og blant de det ble tatt skjellprøver av, var også høyere oppstrøms Laudal kraftverk enn lengre nede i elva (Johnsen, s. 58). Dette viser at den utsatte laksen vandrer tilbake til områdene hvor den ble satt ut, og har vært viktig for reetableringen av laks i øvre deler av Mandalsvassdraget. Utsettingene før kalkingen kan også ha hatt en viss effekt ved at noen individer som ble satt ut i sideelver har overlevd og bidratt til gytebestanden i de første årene etter kalking. I tillegg mottar Mandalselva flere feilvandrerere, primært fra Audna, enn Tovdalselva (Johnsen, s. 58).

Den store forskjellen i størrelsen på gytebestandene i Tovdalselva og Mandalselva vurderes altså som hovedårsaken til at reetableringen gikk så mye raskere i Mandalselva. Det høyeste fangstutbyttet i begge elvene ble registrert i 2001, med henholdsvis 157 (345 kg) og 4.838 individ (10.420 kg). Det er usikkert hvor mange hunner som må gyte for å oppnå maksimal tetthet av yngel og smolt i ei elv. Undersøkelser i Imsa i Rogaland har vist at det trengs 6-10 egg pr. m² elveareal for å nå målet (Hansen m.fl. 1996, Jonsson m.fl. 1998). I ei skotsk og ei kanadisk elv var tilsvarende tall for eggdeposisjon henholdsvis 2,4 og 3,4 egg pr. m² elveareal (Elson 1975, Buck og Hay 1984). I et forsøk på å gi et grovt anslag på hvor stor gytebestanden i Tovdalselva og Mandalselva må være for å oppnå maksimal fiskeproduksjon, har vi tatt utgangspunkt i eggmengder på 4 og 8 egg pr. m² elveareal og 3.700 rognkorn pr. gytemoden hunnfisk. For Mandalselva innebærer dette et behov på 2.460-4.920 hunner (**tabell 6.5**). Forutsatt lik kjønnsfordeling blir den totale gytebestanden 10.820 kg ved 4 egg pr. m². Ved 40 % beskatning gir dette et fangstutbytte på 7.210 kg. Dersom behovet for rogndeposisjon settes til 8 egg pr. m² elveareal, må gytebestanden dobles. Teoretisk kan derfor fangstutbyttet økes tilsvarende, til 14.420 kg. I 2001 var fangsten omtrent midt mellom disse to anslagene (10.420 kg). Dette tyder



Figur 6.9. Forholdet mellom tettheten pr. 100 m² av laksyngel (T) og fangsten (F) av voksen laks i Mandalselva og Tovdalselva ett år tidligere. Tallene ved hvert punkt viser året for tetthetsberegningene. Linja på figuren er beregnet på basis av dataene for Mandalselva etter kalking (1997-2002), og beskrives av ligningen: $T=0,00496 \cdot F - 0,647$ ($F_{1,4}=21,26$, $R^2=0,80$, $p=0,010$).

på at gytebestanden i Mandalselva i et foreløpig toppår som 2001 ikke lå langt under nivået for maksimal yngelproduksjon. I Tovdalselva ligger gytebestanden foreløpig langt under det nivået som er nødvendig for at dette målet skal bli nådd.

Resultatene viser at for elver med tapte laksebestander er utsetninger av stor betydning for at reetableringen skal gå raskere. Derimot trenger ikke forsterkningsutsetninger å ha særlig betydning etter at tettheten av laksunger har nådd et visst nivå. I Mandalselva avtok andelen utsatt fisk i ungfiskbestanden med økende tetthet av villfisk, fra 16 % i 1997 til bare 1 % i 2002 (Johnsen, s. 58, Larsen, s. 53). Blant vassdrag med restbestander før kalking, hadde elver uten utsetninger høyere tettheter av laksyngel enn elver med utsetninger (Hesthagen og Larsen 2003). Generelt synes ikke utsetninger av yngel og settefisk av laks å ha

særlig betydning for å forsterke laksebestander (Fjellheim og Johnsen 2001). Dette er i overensstemmelse med tilslaget av laksyngel i en liten bekk i Sør-Norge, der utsatte individ nesten var borte ett år seinere (Heggenes og Borgstrøm 1991).

I Mandalsvassdraget har det vært omfattende reguleringer, og sjøl om vannkvaliteten i elva etter hvert har blitt tilfredsstillende, kan en ikke forvente samme produksjonsnivå som tidligere. Dette skyldes både endret temperatur- og vannføringsregimer, redusert oppvekstareal på minstevannføringsstrekningen, dødelighet på smolten gjennom Laudal kraftverk og vandringshindre for voksne individ (Hansen og Johnsen, s. 97, Thorstad, s. 91). Tovdalsvassdraget er i mindre grad regulert, men Boenfossen og Teinefossen vurderes som betydelige vandringshindre for laks.

Tabell 6.5. Beregnet gytebestand for maksimal ungfiskproduksjon av laks i Tovdalselva og Mandalselva, basert på en nedlagt rognmengde på henholdsvis 4 og 8 egg pr. m² elveareal. Beregningene bygger på et oppvekstareal på 1.586.000 m² i Tovdalselva (24,4 km elvestrekning, som omfatter området fra ovenfor brakkvannsområdet til utløpet av Herefossfjorden, og en gjennomsnittlig bredde på 65 m) og 2.275.000 m² i Mandalselva (35 km elvestrekning utenom brakkvannsområdet, fordelt på 10 km minstevannføringsstrekning og 25 km utenom, med gjennomsnittlige bredder på henholdsvis 40 og 75 m). Beregningen av gytebestand baseres på en gjennomsnittlig vekt på 2,2 kg og 3.700 egg pr. gytemoden hunnfisk, som er basert på denne vekta, tilsvarende 60 cm (B.O. Johnsen pers. medd., Mills 1989).

Bestands/livshistorieparametre	Tovdalselva		Mandalselva	
	4 egg pr. m ²	8 egg pr. m ²	4 egg pr. m ²	8 egg pr. m ²
Antall egg	6.344.000	12.688.000	9.100.000	18.200.000
Antall gytemodne hunner	1.715	3.430	2.460	4.920
Antall gytefisk	3.430	6.860	4.920	9.840
Gytebestand i vekt (kg)	7.545	15.090	10.820	21.640
Gytebestand i vekt før fiske	12.570	25.140	18.030	36.060
Utbytte ved fiske (40 % uttak)	5.025	10.050	7.210	14.420

Vannkvaliteten har vært overvåket både i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking. I Tovdalselva er det i tillegg foretatt kontinuerlig logging av pH i hele perioden (Hindar og Skancke 2002, Kaste og Skancke 2002). Tovdalselva har hatt et noe lavere vannkvalitetsmål om våren (pH 6,2) enn i Mandalselva (pH 6,4). Til tross for at vannkvalitetsmålene i hovedsak har vært nådd på målestasjonene, kan vannkvaliteten i perioder ha vært for dårlig i områder lengst fra doseringsanleggene i nedre deler av vassdragene. I Mandalselva kan laksungenes helsestatus og mengden aluminium på gjellene tyde på en slik lokal forsureffekt (Kroglund og Staurnes 1999, Kvellestad og Larsen 1999, Kroglund, s. 78). Det er imidlertid usikkert om dette har noen effekt på bestandsnivå.

Litteratur

- Buck, R.J.G. og Hay, D.W. 1984. The relation between stock size and progeny of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a Scottish stream. - J. Fish Biol. 24:1-11.
- Elson, P.F. 1975. Atlantic salmon rivers, smolt production and optimal spawning: an overview of natural production. - Atlantic Salmon Fund. Spec. Publ. Ser. 6: 96-119.
- Fjellheim, A. og Johnsen, B.O. 2001. Experiences from stocking salmonid fry and fingerlings in Norway. - Nordic J. Freshwat. Res. 75: 20-36.
- Hansen, L.P., Jonsson, B og Jonsson, N. 1996. - NINA Oppdragsmelding 401:1-28.
- Heggenes, J. og Borgstrøm, R. 1991. Effect of habitat types on survival, spatial distribution and production of an allopatric cohort of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., under conditions of low competition. - J. Fish Biol. 38: 267-280.
- Hesthagen, T. og Larsen, B.M. 2003. Recovery and re-establishment of Atlantic salmon, *Salmo salar*., in limed Norwegian rivers. - Fish. Manage. and Ecol. 8: 87-95.
- Hindar, A. og Skancke, L.B. 2002. Tovdalsvassdraget. Vannkjemi. - S. 42-44 i: Kalking av vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2001. DN-notat 2002-1.
- Johnsen, B.O., Nøst, T., Møkkelgjerd, P.I. og Larsen, B.M. 1999. Rapport fra Reetableringsprosjektet: Status for laksebestander i kalkede vassdrag.- NINA Oppdragsmelding 582: 1-79.
- Jonsson, N., Jonsson, B. og Hansen, L.P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon. - J. Anim. Ecol. 67: 751-762.
- Kaste, Ø. og Skancke, L.B. 2002. Mandalsvassdraget Vannkjemi. - S. 63-65 i: Kalking av vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2001. - DN-notat 2002-1.
- Kroglund, F. og Staurnes, M. 1999. Water quality requirements of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*) in limed acid rivers. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 2078-2086.
- Kvellestad, A. og Larsen, B.M. 1999. Histologisk undersøkning av gjeller frå fisk som del av overvåking av ungfiskbestandar i lakseførande vassdrag. - NINA Fagrapport 36: 1-76.
- Mills, D. 1989. Ecology and management of Atlantic salmon. - Chapman and Hall, London og New York.

6.4 Undersøkelser av smoltøkologi i Mandalselva

Nils Arne Hvidsten¹, Frode Kroglund², Jens Chr. Holst³ og Bjørn O. Johnsen¹

¹NINA-Trondheim, ²NIVA-Sørlandsavdelingen

³Havforskningsinstituttet-Bergen

Sammendrag

Utvandrende smolt ble innfanget i smoltfeller utplassert ved Finså våren 2001. Det ble gjennomført parallelle forsøk med to typer feller, henholdsvis trål og smoltskrue. Smoltskruen var mest effektiv og ga minst dødelighet. Smolten gikk hovedsakelig ut i perioden 13. mai til 8. juni, eller 14 dager senere enn forventet ut fra historiske data på sjøtemperatur. Optimalt smoltutvandringstidspunkt er imidlertid ikke fastlagt for sørlandselvene. Villsmolt vandret tidligere enn smolt fra fisk utsatt som énsomrig settefisk. Årsaken til denne forskjellen er uklar. Forskjeller i genetisk opphav mellom anleggsprodusert og naturlig produsert laks er en mulighet. Den anleggsproduserte settefisken ble primært satt ut høyt i vassdraget. Forskjeller i vandringslengde fra oppvekstområde til fangstfella er også en mulighet. Samtidig er forekomsten av naturlig produsert smolt god øverst i vassdraget. Uavhengig av årsak vil forsinket nedvandring kunne resultere i redusert marin overlevelse. Det var generelt god smoltstatus på den utvandrende smolten og på anleggsprodusert smolt fra Finså klekkeri når disse ble prøvetatt i midten av mai. Det ble påvist tendens til desmoltifisering hos utvandrende smolt tidlig i juni. Redusert saltvannstoleranse som følge av desmoltifisering kan gi økt marin dødelighet hos smolt som utvandret seint.

Det ble fanget få Carlinmerkete smolt av de som ble satt i kraftverksinntaket til Laudal kraftverk i forhold til de som ble satt ut nedenfor kraftverket. Det kan derfor tyde på en betydelig dødelighet på smolten som passerer kraftverks-turbinene.

Innledning

Formålet med prosjektet er å registrere tidspunkt for smoltutgang i en kalket sørlandselv og hvilke omgivelsesvariabler som kan styre eller påvirke utvandringen. 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). I forsøk er det ikke påvist effekter av forsursrelatert vannkjemi på tidspunkt for utvandring, selv om det ble påvist effekter på vekst og saltvannstoleranse og marin overlevelse (Kroglund og Finstad 2001).

Det er en målsetting for undersøkelsen å vite hvordan laksesmolten oppfører seg i en nyetablert bestand. En ønsker å se på om det er forskjeller i atferd hos smolt med kultivert opphav og smolt som er naturlig produsert. All kultivert laks i Mandalselva er merket ved at fettfinnen er klipt før den er satt ut som énsomrig settefisk. Smoltens fysiologiske status under utvandringen er målt, og satt i sammenheng med elvas vannkvalitet.

Forskjeller i smoltstatus kan være relatert til forskjeller i vannkvalitet, men ettersom man ikke vet hvor fisken vokste opp, kan det være vanskelig å relatere den målte vannkjemien på fangststedet til fiskens respons. Evalueringsgrunnlaget ble supplert med anleggsprodusert fisk satt ut i bur plassert ved Kleveland, Logåna (sur bekk) samt på fangstområdet for smolt (Finså). Eksponering av anleggsprodusert fisk på de ulike stasjonene vil representere egenskaper ved den enkelte eksponeringsstasjonen. Forskjellene mellom stasjoner kan skyldes forskjeller i vannhastighet, temperatur og vannkvalitet så vel som transport av fisken.

Fangsteffektivitet, dødelighet og fysiologisk status hos smolt i to forskjellige smoltfellestyper (smoltskrue og trål) er analysert. Notposen i trålen var utstyrt med akvarium for oppbevaring av smolten (Holst og McDonald 2000). Smoltskruen består av en trommel og et fangstkammer for fisk plassert på pontonger. 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 saltvannstest på grupper av smolt fra begge fellene for å avgjøre hvordan toleransen var for saltvann etter innfangingen. Innsamlings og testprosedyre er angitt i statusrapport (Hvidsten m.fl. 2002).

Sentralt står også spørsmål omkring reguleringen av vassdraget (vannføring og kraftverksinntak) i forhold til vandringer hos smolt. Det ble satt ut tre grupper Carlinmerket smolt, hver på 1000 smolt. To grupper ble satt i kraftverks-tunnelen til Laudal kraftverk og en gruppe ble satt nedenfor kraftverksutløpet (Hansen og Johnsen, s. 97).

Resultater

Fellene var plassert i elva ved Finså klekkeri og innsamlingen pågikk i perioden 25. april til 14. juni 2001. Fangstinnretningene er vist i **figur 6.10** og **figur 6.11**.



Figur 6.10. Trål med akvarie for oppbevaring av smolten.



Figur 6.11. Smoltskrue plassert på strømsiden av elva.

Det ble fanget vel dobbelt så mange smolt i smoltskruen som i trålen, samtidig som var det en øyeblikkelig dødelighet på hhv ca 1 % og 24 % i de to fellene. I tillegg var det betydelig dødelighet i saltvannstestene hos smolt fanget i trålen. Sammenligningen er gjennomført ved innfangning på samme tid samtidig med at fellene var plassert side ved side.

Hovedutvandringen for laksesmolt var i perioden 13. mai til 8. juni (figur 6.12). Det ble ikke registrert noen markert utvandringstopp. All smolt ble fanget i løpet av natta. Vannføringen varierte mellom 80 og 100 m³/sek før hovedutvandringen startet. Hovedutvandringen skjedde på vannføringer mellom 60 og 80 m³/sek. Vanntemperaturen økte jevnt fra 7,5 til ca 10 °C i utvandningsperioden.

Andelen av finneklipte smolt var 40 % og den ble fanget noe seinere enn villsmolten. Halvparten av den umerkede smolten (ikke finneklipte) ble registrert inntil den 23. mai, mens halvparten av den merkede smolten (finneklipte) ikke ble fanget før 29. mai. Etter 20. mai synes vill og fettfinneklipt smolt å reagere likt på vandringstimuli (figur 6.13). Auresmolten synes å vandre ut noe senere enn laksesmolten.

Gjelle-Al konsentrasjonen målt på fisk fanget i de to smoltfellene var høy 15. mai (ca 65 µg Al g⁻¹ tv), men lav 4. juni (ca 20 µg Al g⁻¹ tv). Det var stor spredning i konsentrasjon mellom enkeltindividene (22 til 130 µg Al g⁻¹ tv). Komparative fysiologiske studier av smolt fra henholdsvis trål og skrue viste at smolten prøvetatt fra skruen hadde best fysiologisk status basert på plasma-Cl og glukose (tabell 6.6). Samtidig var dødeligheten i skruen lavest. Fysiologisk status hos smolt fanget i trål var tilfredsstillende 15 mai, men svak 4. juni. Fisk prøvetatt i juni hadde løse skjell, noe som antyder langt fremskredet smoltifisering, og muligens desmoltifisering. Smolten var saltvannstolerant begge datoene og hyporegulerte normalt.

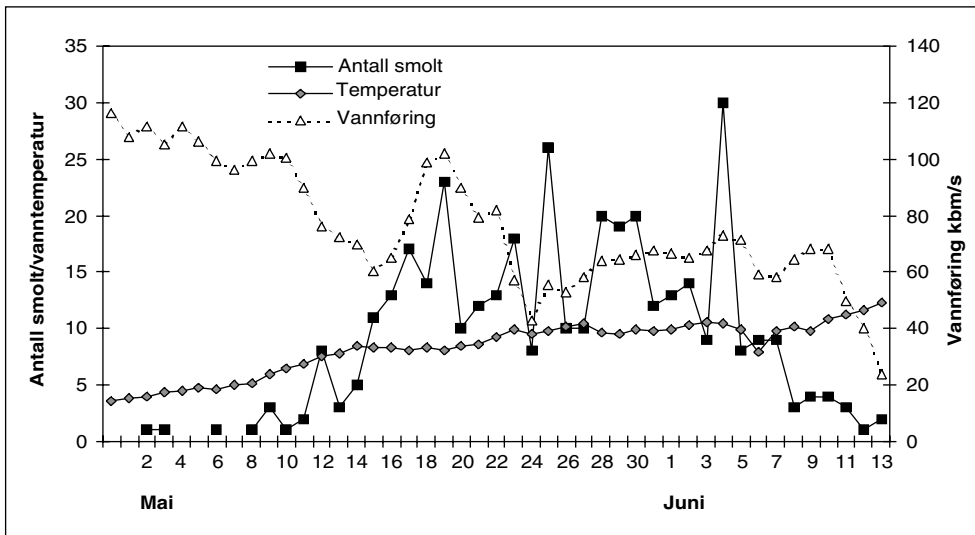
Det ble i alt gjenfanget 10 Carlinmerkete laksesmolt, 7 stk ble registrert 15. mai, og én på hver av dagene 16., 25. og 27. mai. Åtte smolt stammer fra utsettingene nedenfor utløpet av Laudal kraftverk. Én smolt satt ut i tunnelen (14. mai) ble gjenfanget død den 15. mai, mens den andre gjenfangsten fra tunnelutsatt fisk var den 27. mai.

Diskusjon

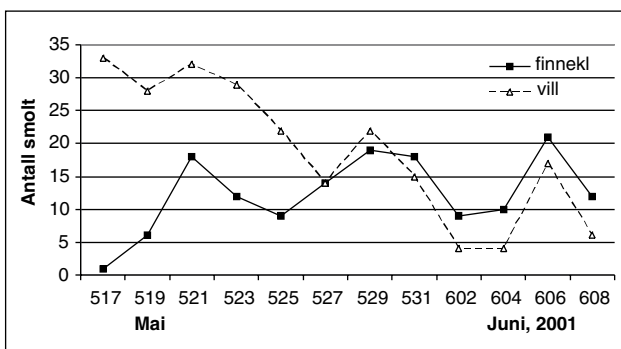
Smoltutvandringen tar vanligvis en måneds tid, og skjer normalt når sjøtemperaturen når 8 °C (Hvidsten m.fl. 1998). Ut fra Flødevigens historiske database som viser temperatur i kystvannet, vil det derfor være grunn for å anta at hovedutvandringen i elva skal inntreffe i perioden 6.-10. mai (Hvidsten m.fl. 2000). Utvandringen i Mandalsvassdraget var om lag to uker senere enn dette. Denne tidsforsinkelsen kan ikke uten videre forklares, men ulike hypoteser kan fremsettes.

- Forventet utvandringstidspunkt er feilaktig satt
- Bestanden er under etablering og vassdragsspesifikke migrasjons-triggere er ikke etablert
- Vannføringsregimet er forandret gjennom reguleringene
- Sub-optimal vannkvalitet forsinket vekst og smoltifiseringstidspunkt

Det var stor forskjell i dødelighet og fysiologisk status mellom smolt innfanget i henholdsvis trål og skrue. Resultatene tyder på at trålen stresset eller skadet smolten og påvirket således fysiologisk status til den innfangede



Figur 6.12. Smoltutvandring av laks basert på fangst i skruen, sammenholdt med vannføring og vanntemperatur i Mandalselva våren 2001.



Figur 6.13. Utvandring av fettfinneklippt- og villsmolt av laks i Mandalselva våren 2001. Dato er vist som nummer, der 517 tilsvarer 17. mai).

smolten. Effekter av vannkvalitet kan ikke evalueres hos fisk innfanget i trål slik denne var utformet i 2001. Fysiologisk status hos nedvandrende smolt fanget i skruen var god i mai, men svakere i juni. Smolten var saltvannstolerant begge datoene. Selv om det var betydelige forskjeller i fysiologisk status var det ikke forskjeller i gjelle-Al konsentrasjon mellom behandlingene. Dette antyder at gjelle-Al kun påvirkes av vannkvalitet og ikke av det fysiske eksponeringsmiljøet. Mulige effekter av vannkvalitet kan således kun baseres på materialet fanget i skruen.

Både gjelle-Al konsentrasjonen som ble målt i mai og den store spredningen i konsentrasjon mellom enkeltfisk tyder på at vassdraget fortsatt inneholder bio-akkumulert Al. Konsentrasjonen av denne avtok fra mai til juni. Konsentrasjonsnivået var begge datoene på et nivå hvor det ikke forventes entydige fysiologiske responser (Kroglund m.fl. 2001 a, b), selv om det er påvist effekter som redusert vekst i ferskvann samt redusert marin overlevelse (Kroglund og Finstad 2001). Basert på resultat fra forsøk er det derimot ikke påvist at forurensningsrelatert vannkjemi påvirker utvandringsrate eller tidspunkt, mens det er antydning at heimvandringspresisjonen avtar (Kroglund m.fl. 1994, Kroglund og Finstad 2001). Smolt-responsene påvist i Mandalsvassdraget utelukker ikke at vannkvaliteten i hele eller deler av vassdraget kan representere en mulig belastning. Effekt på bestandsnivå er derimot mer usikker. Ut fra forsøkene referert ovenfor forventes det redusert marin overlevelse samt effekter på heimvandringspresisjon (økt feilvandring). Det antas at svekkelsen i fysiologisk status fra mai til juni primært skyldes desmoltifisering. Det at smolten viste tegn som tyder på desmoltifisering i ferskvann støtter antydningen om at utvandringen var sein. Basert på forsøk er det ikke grunnlag for å anta at denne forsinkelsen skyldes vannkvalitet. Forskjeller i forsøksbetingelser gjør at en vannkvalitetsrelatert respons heller ikke kan utelukkes.

Tabell 6.6. Gjelle-Al ($\mu\text{g g}^{-1}$ tv) og fysiologisk status hos smolt fanget i mai og juni i henholdsvis skruen og trål, med gjennomsnittlig verdi \pm standard avik.							
Redskap	Dato	Gjelle-Al	Plasma-Cl mM	Hematokritt %	Glukose mM	SV-Dødelighet %	SV-Plasma-Cl mM
Skruen	15.mai	64 \pm 36	126 \pm 4	43 \pm 6	6,3 \pm 1,5	0	148 \pm 12
Trål		68 \pm 26	120 \pm 8	49 \pm 9	8,4 \pm 3,2	67	160 \pm 6
Skruen	4.juni	22 \pm 5	109 \pm 12	52 \pm 8	6,4 \pm 0,6	0	151 \pm 5
Trål		21 \pm 5	91 \pm 13	43 \pm 23	8,7 \pm 1,0	67	172 \pm 18

Det er mulig at utvandringstidspunktet ble forsinket på grunn av at bestanden fortsatt er under etablering. Dagens laksebestand i Mandalsvassdraget trenger ikke å respondere "korrekt" på ulike miljø-triggere. Det er kjent at vannføringen vil kunne regulere vandringshastigheten til smolten slik at større vannføring eller spyleflommer kan øke vandringshastigheten. Laksestammen i elva er trolig ikke optimalt tilpasset den regulerte vannføringen og de øvrige omgivelsesvariablene som influerer på vandringsmønsteret. Imidlertid vil utvandringen, både initiering og vandringshastighet, hos smolt bli tilpasset gjennom naturlig seleksjon såfremt disse egenskapene ikke utvaskes gjennom immigrasjon av ikke-tilpassede gener. Smoltutvandringen var negativt korrelert til vannføringen (målt ved Kjølemo). Den sene utvandringen av smolt kan skyldes generelt liten vannføring i elva og spesielt liten vannføring over minstevannføringsløpet i den viktigste perioden for smoltutvandring. På minstevannføringsløpet nedenfor dam Mannflåvann og ned til Laudal er det et problem for smolt på nedvandring at vannføringen er liten og lite variert. Trolig kan det være nødvendig å ha spyleflommer i mai for å sikre utvandringen fra dette oppvekstområdet. Det kan også være nødvendig med spyleflommer av hensyn til smolten som vokser opp ovenfor Mannflåvann. Vinterstøinger på vei ut av Mannflåvann kan ha hjelp av de samme spyleflommene. Dersom denne hypotesen er riktig, antyder resultatet samtidig at den viktigste smoltproduksjonen i dag skjer oppstrøms Mannflåvann, eller relativt høyt i vassdraget.

Det var forskjell på utvandringstida for den finneklipte smolten og villsmolten. Den finneklipte smolten ble satt ut som énsomrig settefisk. Opphavet til både villfisk og den fettfinneklipte smolten er laks fra Mandalselva. Foreldrene til den anleggsproduserte fisken var villaks (hvor oppdrettslaks er tatt ut fra stamlaksmaterialet), mens foreldrebakgrunnen til egg lagt naturlig i vassdraget er ukjent. Den utsatte fisken har vært satt ut oppe i vassdraget (Johnsen, s. 58). Forskjellen på de to gruppene kan både skyldes effekter av selve oppdrettet, men også forskjeller i foreldrenes bakgrunn. Forskjellen i utvandringstid kan være en direkte effekt av at den finneklipte smolten er satt ut i den øvre delen av vassdraget og således hadde lengre vandringsvei. Dette er vist også i andre elver som for eksempel i Stjørdalselva (Arnekleiv m.fl. 1999). Både i de årlige ungfiskregistreringene (Larsen, s. 53) som utføres om høsten samt i el-fisket etter forsøksfisk våren 1999 og 2000 (Kroglund, s. 78), ble det registrert stor ungfisk og smoltproduksjon av naturlig produsert smolt høyt i vassdraget. Både villsmolt samt fettfinneklipt smolt som ble innfanget høyt i vassdraget var større enn smolt som ble innfanget fra Hesså og nedover. Fisken fanget på strekningen fra Sundet til Kosåna var samtidig mer smoltifisert.

Denne forskjellen i vekst kan være relatert til vannkjemi (Kroglund, s. 78), selv om årsaker som f.eks. forskjeller i temperatur ikke kan utelukkes. Selv om årsakene til forskjellene i utvandringstidspunkt ikke er tilfredsstillende forklart kan forskjellene likevel ha effekt på marin overlevelse.

Det var få gjenfangster av Carlinmerket smolt satt ut i tunnelen inn til Laudal kraftverk i forhold til antall gjenfangster fra utsettingen nedenfor. Mens én promille av smolt satt ut oppstrøms kraftverket ble gjenfanget ble 8 promille fra utsettingene nedenfor Laudal kraftverk gjenfanget. Dette kan tyde på en betydelig dødelighet på smolten som passerer kraftverket. Smolt som ikke døde under passering av kraftverket vil kunne ha betydelig svekket helse. Dette kan i neste omgang resultere i redusert marin overlevelse.

Litteratur

- Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G. Rønning, L., Koksvik, J. og Urke, H.A. 1999. Fiskeribiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999. - Vitenskapsmuseet rapport Zoologisk serie: 2000-3.
- Holst, J.C. og MacDonald, G. 2000. A device for gentle live catch of anadromous salmonids in surface trawl. - Fish. Res. 48: 87-91.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G og Jensen, A.J. 1998. Sea water temperatures at Atlantic salmon smolt enterance. - Nordic J. Freshwat. Res. 74: 79-86.
- Hvidsten, N.A., Kroglund, F. Holst, J.Chr. og Johnsen, B.O. 2002. Undersøkelser av smoltøkologi i Mandalselva.- NINA Oppdragsmelding 730: 1-23.
- Hvidsten, N.A., Knutsen, J.A., Torstensen, E., Danielsen, D. og Gjøseter, J. 2000. Konsekvenser av havne-utbygging for laksesmolt fra Numedalslågen. - NINA Oppdragsmelding 661: 1-22.
- Kroglund, F., Hansen, L.P., Berntssen, M., Rosseland, B.O og Åtland, Å. 1994. Effekt av kortvarig surstøt på vandringshastighet til laksesmolt. - S. 142-145 i: Kalking i vann og vassdrag FoU Årsrapporter 1993. DN notat 1994-14.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Salbu, B. og Kvellestad, A. 1998. Varighet av blandsoner og betydningen av ulike aluminiumskonsentrasjoner og kalking for giftighet overfor lakseparr. Renneforsøk utført i Suldalslågen, høst 1996. - NIVA Rapport 3815-98: 1-61.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Lucassen, E., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Salbu, B. og Pettersen, M.N. 1999. Avgiftingsrater til aluminium i humusrike vannkvaliteter og effekter på fisk. I. Reetableringsprosjektet, Årsrapport 1998. - Utredning for DN, 1999-7: 1-40.
- Kroglund, F. og Finstad, B. 2001. Effekter av ulik vannkvalitet på fysiologisk respons, vekst, vandring og marin overlevelse hos to stammer av atlantisk laks. - NIVA Rapport 4381: 1-45.
- 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. Photoperiod and temperature regulation of smolting in steelhead trout (*Salmo gairdneri*). - Can. J. Zool. 52: 219-234.

6.5 Hva slags opphav har laksen som går opp i Mandalselva og Tovdalselva?

Bjørn Ove Johnsen

NINA-Trondheim

Sammendrag

I perioden 1998-2001 ble det samlet inn skjellprøver fra sportsfisket i Mandalselva og Tovdalselva for å undersøke laksens opphav. Mens Mandalselva har hatt en kraftig økning i laksefisket etter kalking, indikerer fangstutviklingen i Tovdalselva en fortsatt liten bestand. Villfisk har hatt økende betydning i begge vassdrag og den store økningen i fangstene som fant sted i 2000 og 2001 i Mandalselva skyldes hovedsakelig villfisk som er vokst opp i vassdraget. I 1998 og 1999 var imidlertid feilvandrende villfisk, hovedsakelig fra Audna, en viktig del av fangstene i Mandalselva. Mens utsatt fisk utgjør en betydelig del av bestanden i Mandalselva, har andelen utsatt fisk avtatt 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 av laks i vassdragets øvre deler. Den raske reetableringen av laks i Mandalselva sammenliknet med Tovdalselva kan også i noen grad skyldes flere feilvandrere fra andre vassdrag. Resultatene fra denne undersøkelsen og fra andre undersøkelser indikerer en betydelig feilvandring hos laks fra kalkede vassdrag som Mandalselva og Audna.

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.

Mandalselva var tidligere ei svært god laks- og sjøaureelv. Fisket var på topp mellom 1880 og 1890, og størst utbytte ga fisket i 1884 med 34.704 kg laks og sjøaure. Fra 1900 til 1920 var det sterk nedgang i fangstene og i perioden 1970-1980 varierte de offisielle fangstene mellom 6 kg og 500 kg. Ifølge Sivertsen (1989) ble den opprinnelige bestanden av laks i Mandalselva betraktet som utdødd. Til tross for dette ble det i perioden 1982 - 1993 årlig fanget gjennomsnittlig 778 kg (Anon 1994). En stor andel av

fangstene var laks. Dette var trolig laks av ulike stammer som ble satt ut som smolt i Mandalselva, laks som var satt ut i andre elver, feilvandrende villaks og rømt oppdrettslaks. Merkeforsøk har vist at en del av laksesmolten som er satt ut i naboelva Audna, vandrer opp i Mandalselva (Hansen m.fl. 1997). I 1997, da kalkingen kom i gang, ble det tatt 931 kg laks i Mandalselva. I 1998 var fangsten 2.572 kg og året etter 1.699 kg. Men så økte fangstene til 4.843 kg i 2000 og til hele 10.643 kg laks i 2001.

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.

Materiale og metoder

Innsamling av skjellprøver fra sportsfisket kom i gang i 1998. Det ble utformet et eget veiledningsskjema for prøvetaking og utfylling av skjellkonvolutter og materiell ble distribuert til aktive fiskere via elveeierlag og andre kontaktpersoner.

I løpet av perioden 1998-2001 kom det inn henholdsvis 797 og 122 skjellprøver av laks fra Mandalselva og Tovdalselva (**tabell 6.7 og 6.8**). I Mandalselva var antallet skjellprøver de to siste årene betydelig høyere enn det første året, mens det i Tovdalselva kom inn flest skjellprøver det første året. Skjellprøvene er bearbeidet i henhold til Lund og 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: 1) Villfisk som har gjennomgått hele sin livssyklus i naturen. 2) Utsatt fisk som har levd deler eller hele ferskvannsstadiet i fiskeanlegg som produserer og setter ut fisk for å styrke villfiskbestander. 3) Rømt oppdrettsfisk som er fisk som er rømt fra kommersielle oppdrettsanlegg som produserer fisk for konsum. 4) 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 énsomrig settefisk og smolt. Énsomrig settefisk har tilbragt en sommer i fiskeanlegg og all énsomrig 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) og gjenfangster fra

elv og sjø blir rapportert til Merkesentralen i NINA. Det forekommer imidlertid også Carlin-merket fisk i skjellprøvematerialet og disse er tatt med i vårt materiale 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 fettfinnekleipt 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 og 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.

Resultater

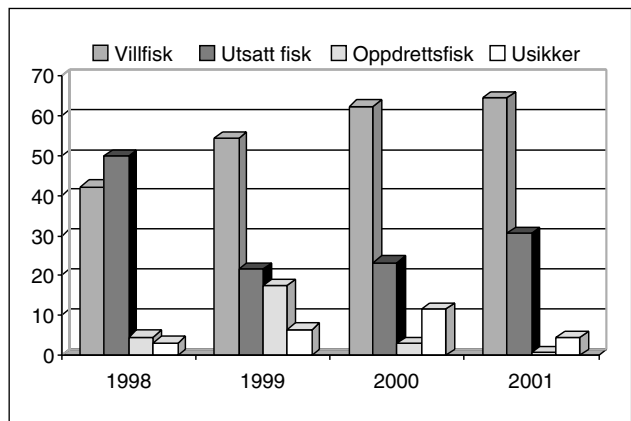
Villfisk dominerte i materialet fra Mandalselva med 476 (60 %) av 797 skjellprøver, mens 250 (31 %) av skjellprøvene stammet fra utsatt fisk (Carlin-merket eller annen utsatt fisk (tabell 6.7). I Tovdalselva var utsatt fisk viktigste gruppe med 76 (62 %) av 122 skjellprøver mens villfisk utgjorde 34 % (tabell 6.8). Rømt oppdrettsfisk utgjorde en ubetydelig andel av totalmaterialet i begge elvene, 3 % i Mandalselva og 1 % i Tovdalselva. Gruppen "usikker" utgjorde 5 % i Mandalselva og 3 % i Tovdalselva.

Mandalselva

I Mandalselva var villfisk viktigste gruppe alle år untatt i 1998 og andelen villfisk økte i perioden fra 42,3 % i 1998 til 64,4 % i 2001 (figur 6.14). Antall skjellprøver av vill-

fisk økte også betydelig i perioden fra henholdsvis 55 og 25 prøver i 1998 og 1999 til henholdsvis 126 og 270 skjellprøver i 2000 og 2001.

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 6.7). 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 var utsatt i Eira.



Figur 6.14. Prosentandeler villfisk, utsatt fisk, rømt oppdrettsfisk og usikker i skjellmaterialet av laks fra Mandalselva i 1998-2001.

Tabell 6.7. Antall skjellprøver av laks fra Mandalselva (1998-2001) fordelt på villfisk, utsatt fisk, rømt oppdrettsfisk og usikker. Antall fettfinnekleipte fisk er angitt i parentes i rubrikken "annen utsatt".

År	Antall skjellprøver	Villfisk	Utsatt fisk		Rømt oppdrettsfisk	Usikker
		Totalt	Carlinmerket	Annent utsatt (fettfinnekleipte)	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
SUM	797	476	143	107 (86)	23	43

*:47 utsatt i Audna, 7 utsatt i Tovdalselva, 4 utsatt i Mandalselva og 1 utsatt i Bjerkreimselva

** : utsetningssted 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

Tabell 6.8. Antall skjellprøver av laks fra Tovdalselva fordelt på villfisk, utsatt fisk, rømt oppdrettsfisk og usikker i 1998 - 2001. Antall fettfinneklapte fisk er angitt i parentes i rubrikken "annen utsatt".

År	Antall skjellprøver	Villfisk	Utsatt fisk		Rømt oppdrettsfisk	Usikker
			Carlinmerket	Annent utsatt (fettfinneklapte)		
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
SUM	122	41	62	14 (10)	1	4

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

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 fettfinneklapte fisk fra 0 i 1998 til 53 i 2001 (**tabell 6.7**).

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

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

Av de 419 skjellprøvene fra Mandalselva i 2001 lot 343 prøver seg plassere innenfor ett delområde og 52 (15 %) var fra fettfinneklapte fisk. Det var ingen fettfinneklapte fisk fra delområde 1, men i delområde 2 og 3 var det henholdsvis 14 og 11 % fettfinneklapte fisk. I delområde 4 var andelen fettfinneklapte fisk 68 % (**tabell 6.9**). Forekomsten av fettfinneklapte fisk ble i tillegg registrert av sportsfiskere som har levert fangstopp-gaver. I fangstopp-gavene fra Mandalselva i 2001 er 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 fettfinneklapte. I delområde 1 var det

ingen fettfinneklapte fisk, i delområdene 2 og 3 henholdsvis 7 og 8 % fettfinneklapte fisk og i delområde 4 ble det rapportert om 30 % fettfinneklapte fisk (**tabell 6.9**). Andelen av fettfinneklapte fisk i skjellprøvematerialet var dobbelt så stor som i fangstopp-gavene, 15 % i skjellprøvematerialet mot 7 % i fangstopp-gavene. Men både i fangstopp-gavene og i skjellprøvematerialet var andelen fettfinneklapte fisk vesentlig større i delområde 4 sammenliknet med delområdene 2 og 3. I fangstopp-gavene var det 4 - 5 ganger flere fettfinneklapte fisk i delområde 4 enn i delområdene 2 og 3 og i skjellprøvematerialet var det 5 - 6 ganger flere fettfinneklapte fisk i delområde 4 sammenliknet med delområdene 2 og 3.

Tovdalselva

I Tovdalselva var det ingen villfisk i skjellprøvene fra 1998 og 1999, men antallet skjellprøver av villfisk økte til henholdsvis 15 (56 %) og 26 (81 %) i 2000 og 2001 (**tabell 6.8**). 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 6.8**) 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.

Tabell 6.9. Totalt antall og antall fettfinneklapte laks i fangstopp-gaver og skjellprøver fra ulike delområder av Mandalselva i 2001. Prosentandel fettfinneklapte er angitt i parentes i rubrikken "Antall fettfinneklapte".

Delområde	Fangstopp-gaver		Skjellprøver	
	Totalt antall	Antall fettfinneklapte (%)	Totalt antall	Antall fettfinneklapte (%)
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 (8)	343	52 (15)

I Tovdalselva ble det til sammen registrert 14 lakser i kategorien "annen utsatt" fisk og 10 av disse var fettfinneklipt. Alle de fettfinneklippede individene ble registrert i 2000 og de utgjorde da 37 % av alle skjellprøver fra elva.

Diskusjon

Mandalselva

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 (Thorstad og Heggberget 1997). 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 og 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 70,3 % villfisk. Året etter var denne andelen økt til 79,6 %, i 2000 til 85,6 % og i 2001 var det 82,5 % 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 2572 og 1699 kg laks mot 1246 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 og Heggberget 1997) og at også villsmolt fra Audna feilvandrer i betydelig grad (Hansen m.fl. 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 1990-1997 ble det rapportert om mindre enn 1000 kg de fleste årene (Johnsen m.fl. 1999). I perioden 1994-1997 ble det registrert en økning i tettheten av laksunger i Audna (Barlaup m.fl. 1998) og dette var sannsynligvis årsaken til de økte fangstene i vassdraget i 1998 og 2000. På denne bakgrunn er det rimelig å anta at den økte produksjonen av laks i Audna kan forklare noe av den økte fangsten av villfisk i Mandalselva i 1998 og 1999.

I år 2000 kom de første villaksene 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, s. 53).

Tidligere utsetninger 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 feilvandrede 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 énsomrige, fettfinneklippede 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 énsomrige, fettfinneklippede 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 fettfinneklippede fisken i Mandalselva kan stamme fra utsettingene i Audna. I 1999 ble det fanget fire fettfinneklippede 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 fettfinneklippede laksene som ble fanget i Mandalselva i 2000 og 2001 også stammet fra Audna.

Den relativt høye andelen av fettfinneklippede fisk i den oppvandrede bestanden av laks i Mandalselva i 2001 viser at utsatt fisk utgjør en viktig del av bestanden. Resultatene

fra smoltundersøkelsene i 2001 bekrefter dette idet 40 % av bestanden av utvandrende smolt i var fettfinneklippt (Hvidsten m.fl. 2002).

Andelen fettfinneklippt fisk i fangstopp-gaver og i skjellprøver fra Mandalselva i 2001 var betydelig høyere på delstrekning 4 oppstrøms Laudal kraftverk sammenlignet med områdene nedstrøms utløpet av Laudal kraftverk. Dette indikerer at den fettfinneklippte 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 høy andel av fettfinneklippt fisk i både 2000 (45 %) og 2001 (41%) (Hvidsten og Lamberg, s. 94). I alle år har den énsomrige settefisk 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 fettfinneklippt fisk i vassdragets øvre deler tyder på at den valgte utsettingsstrategien var riktig.

Tovdalselva

De første villaksene ble fanget i Tovdalselva i 2000 og dette var sannsynligvis de første villaksene 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 sjøen. De hadde m.a.o. 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 (Larsen, s. 53).

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 fettfinneklippte 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 énsomrig settefisk øverst i vassdraget i 1997.

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 og Johnsen, s. 97, 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 7.852 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 1994 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 utvandningsfasen blir forstyrret på en eller annen måte. Det kan derfor være grunn til å vurdere de eksisterende kalkingsmål og - metoder.

Litteratur

- Alenäs, I. 1994. Laxen återvänder til den kalkade Högvadsån vid Falkenberg på svenska västkusten. - Laks & Miljø, Fagtidsskrift om laksefisk og vassdragmiljø nr. 3: 19-23.
- Alenäs, I., Degerman, E. og Henrikson, L. 1995. Liming strategies and effects: the River Högvadsån case study. - S. 363-374 i: Henrikson, L. og 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. (28 s.)
- Barlaup, B., Raddum, G.G. og 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., Staurnes, M., Fugelli, K. og 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. og Jonsson, B. (red.). Proceedings of the Salmonid migration and distribution symposium, June 23-25, 1987, Trondheim, Norway.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. og 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. og Johnsen, B.O. 2002. Undersøkelser av smoltøkologi i Mandalselva. - NINA Oppdragsmelding 730: 1-23.
- Johnsen, B.O., Nøst, T., Møkkelgjerd, P.I. og Larsen, B.M. 1999. Rapport fra Reetableringsprosjektet: Status for laksebestander i kalkede vassdrag. - NINA Oppdragsmelding 582: 1-79.
- Kaste, Ø. 1999. Mandalsvassdraget-Vannkjemi. - S. 106-108 i: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1998. DN-notat 1999-4.
- Larsen, B.M. 1999. Mandalsvassdraget- Fisk. - S.109-112 i: Kalking i vann og vassdrag. Mandalsvassdraget. Overvåking av større prosjekter 1998. DN-notat 1999-4.
- Nøst, T. 1999. (red). Tovdalsvassdraget. - S. 79-101 i: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1998. DN-Notat 1999-4.
- Siversten, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak. - NINA Utredning 010. (28 s.)

7 FYSIOLOGISKE EFFEKTER HOS LAKSESMOLT

7.1 Smoltkvalitet i Mandalsvassdraget

Frode Kroglund

NIVA-Sørlandsavdelingen

Sammendrag

Basert på forsøk er det anbefalt et pH-mål for laksesmolt i humuspåvirkede elver på 6,2. Smoltundersøkelsene utført våren 1999-2001 hadde bl.a. som hensikt å evaluere om dette pH-målet gav fisken tilstrekkelig beskyttelse mot "giftig" aluminium (Al). Oppnådd vannkvalitetsforbedring er evaluert på bakgrunn av ulike blodfysiologiske parametre samt ved analyse Al akkumulert på fiskegjellene. Vannkvalitetsmålet for vassdraget kan betraktes som nådd når laksebestanden ikke lengre påvirkes i en negativ retning. Fysiologiske responser målt på enkeltfisk (laksesmolt) benyttes her som en indikator på mulig populasjonseffekt. Prøvetakingen viste at smolt prøvetatt høyt oppe i vassdraget (nær Sundet/Kosåna) hadde bedre helsestatus enn fisken på nedenforliggende stasjoner. Denne forskjellen innen vassdraget ble påvist både på stedefisk og på anleggsprodusert fisk eksponert i bur. Villfisk innfanget høyt oppe i vassdraget var samtidig lengre og hadde en mer velutviklet smoltdrakt. Variasjonene i størrelse og helsestatus kunne delvis relateres til konsentrasjon av Al på gjellene som generelt var høyere i 2000 enn i 1999 og i 2001. Dette viser samtidig at det er årlige variasjoner i vannkvalitet. Variasjonen i gjelle-Al innen vassdraget antyder at aluminium tilføres anadrom strekning av vassdraget. Det kan være et behov for supplerende kalking eller endring i kalkingsstrategi i enkelte sidebekker.

Innledning

Vannkvaliteten i Mandalselva var giftig for laks før kalkingen ble igangsatt (Kvellestad og Larsen 1999, Kaste 2002). Giftighet i forsuret vann skyldes primært aluminium (Al) (Rosseland og Staurnes 1994). Al avgiftes ved å heve pH. Både mengden Al som avgiftes og hastigheten denne avgiftes med, øker når pH heves (Kroglund m.fl. 2001a,b). Avgiftning tar timer når pH etter tiltak er omkring 6,0, men bare minutter når pH er omkring 6,4. Forskjellene i hastighet påvirker det vannvolum eller det vannareal som fortsatt kan være giftig for fisk på tross av at pH er tilfredsstillende. I forsøkene utført ovenfor (i Suldalslågen; en klarvannselv) ble det anbefalt et kalkingsmål på pH 6,4 for smoltifiseringsperioden (1. april til

31.mai), samtidig som pH 6,0 syntes tilfredsstillende for lakseparr. Tilsvarende pH-mål var tidligere anbefalt for Vikedalselva (Kroglund og Staurens 1999). Forsøk utført i Audna gav grunnlag for å anta at pH-målet kunne settes lavere i vann påvirket av løst organisk materiale, som f.eks. i Mandalselva (Kroglund m.fl. 1993). Et lavere pH-mål ville innebære redusert årlig forbruk av kalk. Det ble derfor i regi av Reetableringsprosjektet igangsatt forsøk hvor målet var å etablere økologiske og økonomisk relevante pH-mål for humøse vassdrag (Kroglund m.fl. 1999). På bakgrunn av disse forsøkene ble pH 6,2 anbefalt som vannkvalitetsmål i smoltifiseringsperioden. Hensikten med undersøkelsene referert nedenfor var å evaluere om de anbefalingene som ble gitt mht pH-mål basert på korttidsforsøk med fisk i kar også gav tilfredsstillende vannkvalitetsforbedring i den lakseførende delen av Mandalsvassdraget.

Metoder

Undersøkelsesmateriale inkluderte stedefisk og anleggsprodusert laksesmolt. Helsestatus er evaluert på bakgrunn av målinger av ulike blodparametre (Kroglund m.fl. 1999). I undersøkelsene er det antatt at glukoseverdier høyere enn 6 mM, plasma-Cl lavere enn 120 mM og hematokritt høyere enn 45 indikerer en påvirkning som kan tolkes som en negativ respons. Det ble i tillegg utført standard saltvannstester, hvor fisken ble eksponert i ca 34 ppt saltvann i 24 timer. Plasma-Cl verdier >160 mM antyder svak smoltkvalitet. Fisk som eksponeres i bur kan påvirkes både av det fysiske burmiljøet, samt av vannkvaliteten. Burmiljøet ble forsøkt holdt så likt som mulig mellom stasjonene. Akkumulering av Al på gjellene er benyttet som en indikator på tilstedeværelse av bio-akkumulert Al, hvor verdier lavere enn $10 \mu\text{g Al g}^{-1}$ tv indikerer lav belastning. Gjelle-Al fungerer samtidig som et indirekte mål på vannkvalitet. Basert på forsøk utført i et kontrollert kjemisk miljø er det påvist nære sammenhenger mellom de konsentrasjoner av bio-akkumulert Al (labilt eller uorganisk monomert Al: Ali) en fisk utsettes for og den mengde Al som akkumuleres på gjellene. Med tillegg av eksponeringstid er vannkjemisk og gjelle-Al relatert til biologisk respons (Kroglund m.fl. 2001a, b). I vannkvaliteter hvor pH og Al-konsentrasjonen er sterkt varierende trenger ikke sammenhengene mellom vannkjemisk og biologisk respons være tilsvarende gode (Teien m.fl. 2002). Under naturlige forhold og i forbindelse med

episoder kan gjelle-Al gi en bedre indikasjon for vannkvalitet enn måling av Ali, særlig når pH er >5.6.

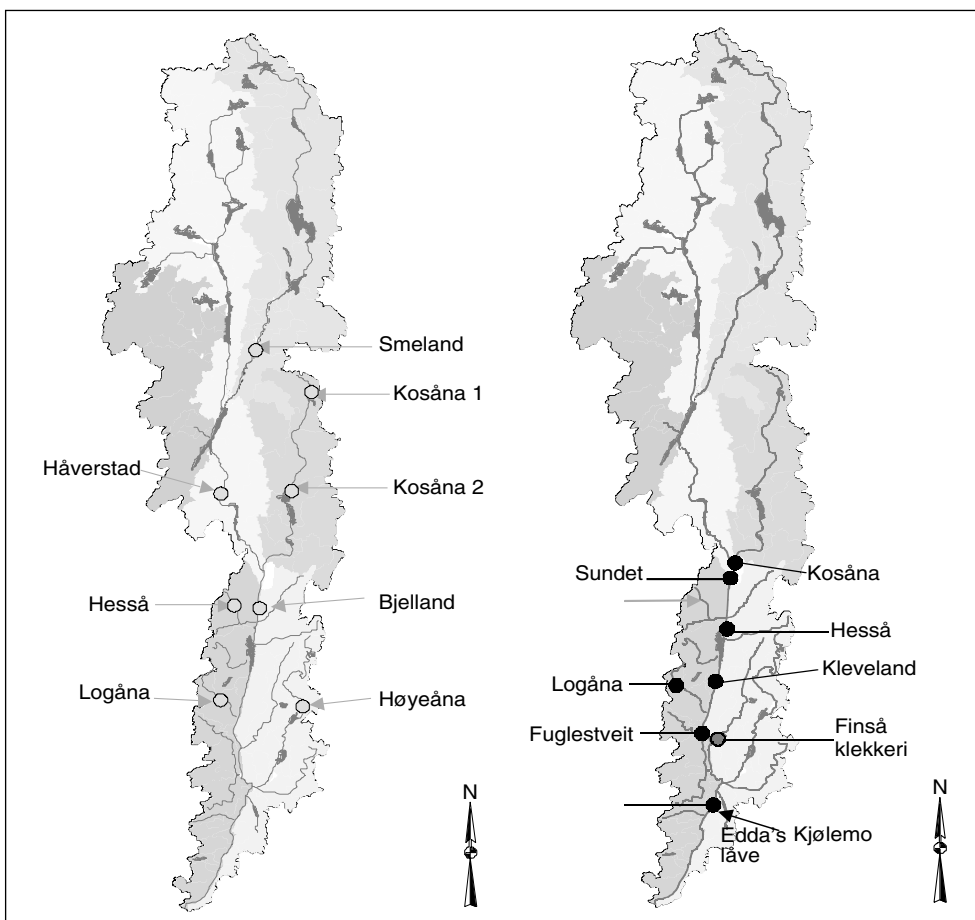
I eksponeringsburene ble det i 1999 og i 2001 benyttet anleggsprodusert laksesmolt fra Finså klekkeri, mens det i 2000 ble benyttet stedegeen leksesmolt innfanget på eksponeringsstasjonen (elektrisk fiske). Den helsestatus fisken hadde før utsetting i bur representerer status ved eksponeringsstart. Endringer i forhold til denne statusen antyder enten en restituering eller en belastning. Endringer i gjelle-Al antyder enten en eliminering eller en akkumulering av Al. Villfisken ble prøvetatt umiddelbart etter innfangning. Den anleggsproduserte fisken ble prøvetatt før utsetting (ved Finså klekkeri) og etter en til to uker eksponering i bur. Burplassering og lokalisering av kalkingsanlegg er angitt i **figur 7.1**.

Resultater og diskusjon

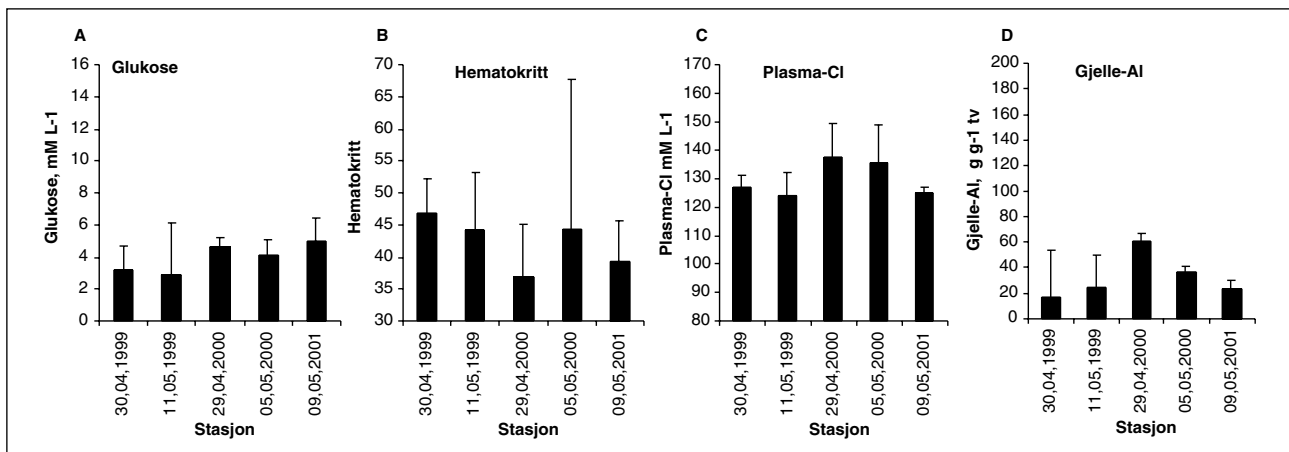
Det ble fanget stedegeen laksesmolt på henholdsvis fem og tre lokaliteter i 1999 og 2000. I 2001 ble villfisk kun innfanget i en fangst trål og en skrue plassert ved Finså (Hvidtsten m.fl. 2002). Alle årene ble det innfanget betydelig mer naturlig produsert villsmolt enn smolt som stammet fra yngelutsettingene. Smolt fanget høyt oppe i

vassdraget var generelt noe større enn fisken fanget lengre nede. Denne størrelsesforskjellen innen vassdraget påvises også i yngelundersøkelsene som utføres om høsten (Larsen 2002). Smolt innfanget øverst i vassdraget hadde en mer velutviklet smoltdrakt (var mer sølvfarget og hadde tydeligere sverting av finnene) enn fisk fanget på nedenforliggende stasjoner. Disse forskjellene innenfor lakseførende del av vassdraget kan skyldes vannkvalitet, selv om andre årsaker som f.eks. temperatur, ikke kan utelukkes.

Smolt prøvetatt ved Finså klekkeri hadde tilnærmet normal blodfysiologisk status alle tre undersøkelsesårene (**figur 7.2a-c**). Plasma-Cl konsentrasjonene var noe høyere i 2000 enn i 1999 og 2001. Samme år ble det registrert høyere gjelle-Al konsentrasjoner enn det som ellers har vært "normalt" ved klekkeriet (**figur 7.2d**). Resultatet antyder at Finså klekkeri i perioder kan ha et mindre vannkvalitetsproblem. Dette kan være relatert til selve Finsåna eller til grunnvannet. Vannkjemiske prøver utført på grunnvannet i perioden 1997 til 2001 har aldri påvist surt vann. Tidspunkt for når de ulike vannkildene benyttes må dokumenteres.



Figur 7.1. Lokalisering av kalkingstiltak i Mandalsvassdraget (venstre). Stasjoner for fiskeforsøk (høyre). Lakseførende strekning er like oppstrøms stasjonen markert som Kosåna.



Figur 7.2. Blodfysiologisk status og gjelle-Al målt på smolt ved Finså klekkeri i perioden 1999 til 2001. Søylen angir gjennomsnittsverdi, mens horisontalt strek angir 1 standard avvik.

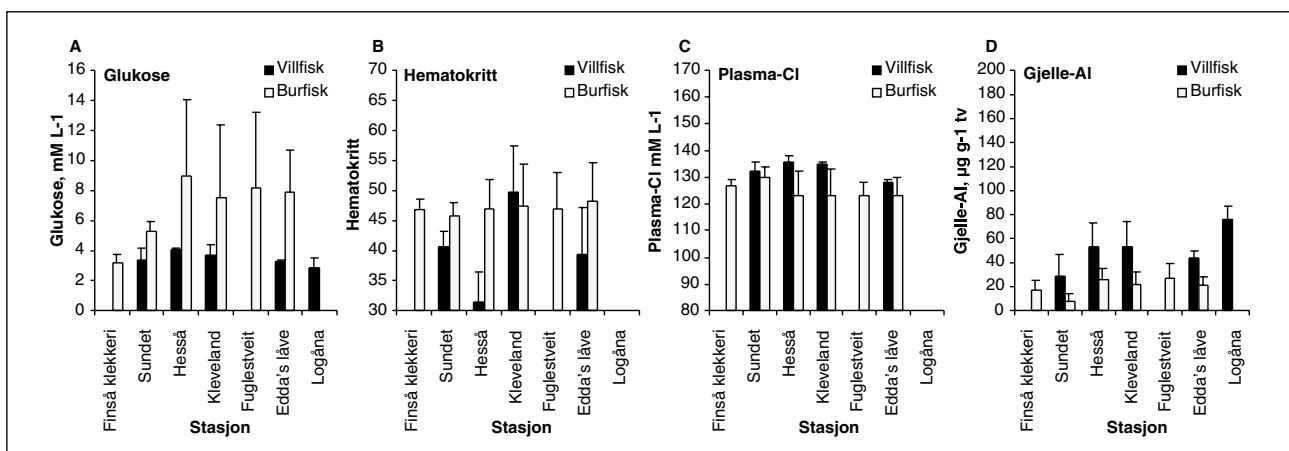
I 1999 var kvaliteten til stedegen smolt nær tilfredsstillende (**figur 7.3a-c**). Det ble målt noe høy hematokritt på Kleveland, samtidig som nivået ved Hesså var lavt. Gjelle-Al konsentrasjonen økte fra Sundet til Edda's låve (**figur 7.3d**). Anleggsfisk eksponert ved Sundet opprettholdt i 1999 en normalfysiologi, mens fisk på de nedenforliggende stasjonene hadde noe forhøyet glukose og en lavere plasma-Cl enn ved Sundet. Fisk eksponert ved Sundet eliminerte Al fra gjellene, mens det ble målt en økning på de nedenforliggende stasjonene.

I 2000 var kvaliteten på stedegen smolt på prøveinnsamlingsstidspunktet god (**figur 7.4a-c**). Fisken hadde imidlertid betydelig mer Al på gjellene enn det som ble målt året forut. Som i 1999 økte gjelle-Al konsentrasjonen fra den øverste til den nederste prøvetakingsstasjonen (**figur 7.4d**). Etter 14 dager eksponering i bur ble det registrert en økning i glukose på Kleveland. Hematokritt var da betydelig forhøyet oppstrøms Kosåna og ved Finså elvestasjon. Plasma-Cl avtok på samtlige stasjoner. Reduksjonen

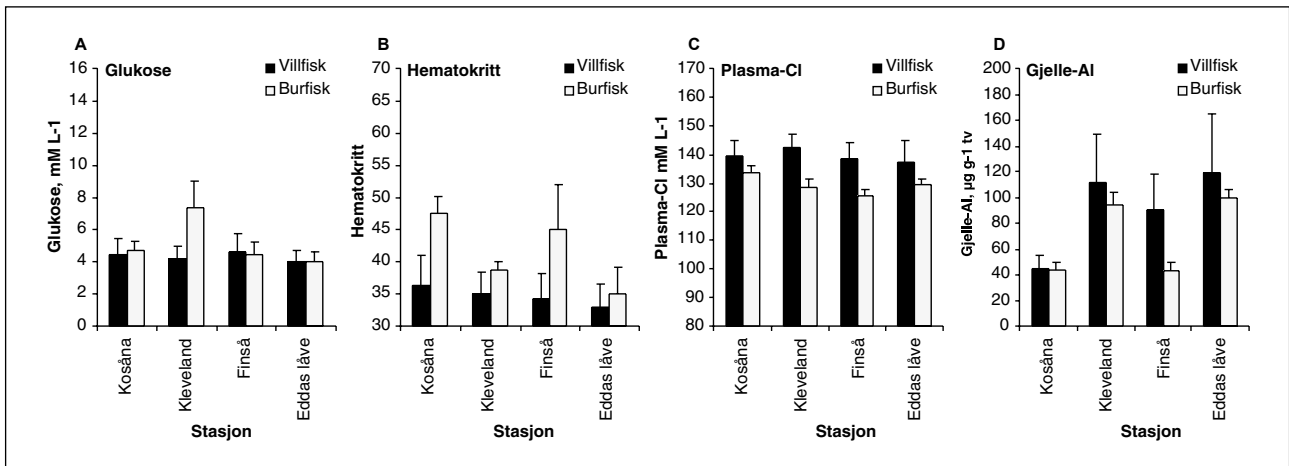
var størst fra Kleveland til Edda's låve. Det var et betydelig avtak i gjelle-Al på Finså elvestasjon, mens reduksjonen var mer ubetydelig på de andre stasjonene.

I 2001 ble det kun innfanget villaks under utvandring. Denne fisken hadde høy gjelle-Al 15.mai, men hadde en lav konsentrasjon 4.juni. Forskjellene i responser mellom skruer og trål omtales i Hvidtsten m.fl., s. 67. Anleggsproduert fisk eksponert i bur hadde tilnærmet normal fysiologisk status. Fisken eliminerte Al i forhold til bakgrunnsverdien ved klekkeriet. Glukose økte hos fisk plassert i bur på Finså elvestasjon, mens plasma-Cl avtok.

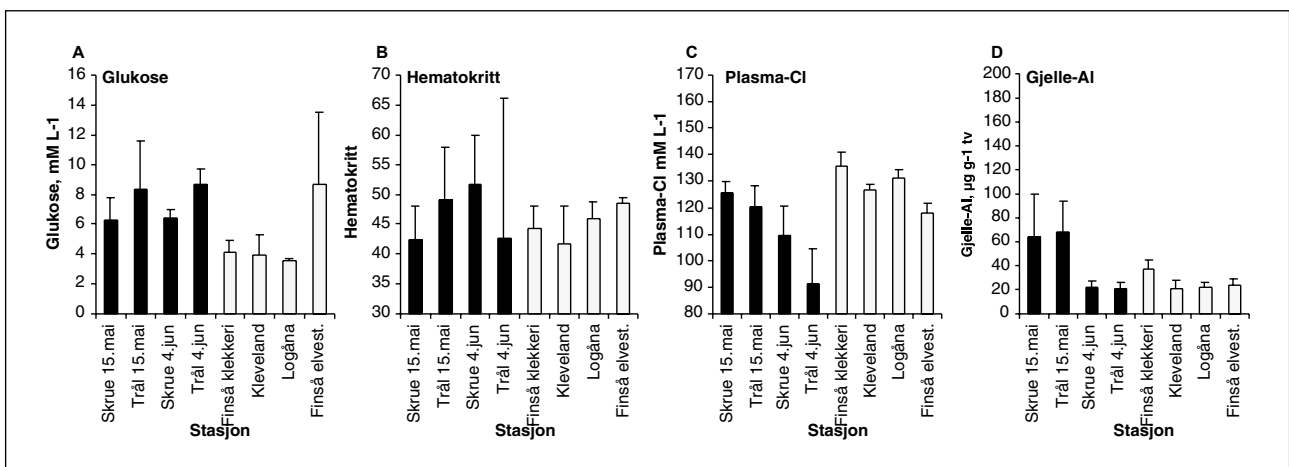
Smolt prøvetatt etter bureksponering var ikke saltvannstolerant (>200 mM plasma-Cl) den 13.mai 1999. Etersom fisken ved klekkeriet heller ikke var smoltifisert på dette tidspunkt kan ikke resultatet benyttes til å antyde effekter av vannkvalitet. Villaks fra Kosåna var saltvannstolerant i 2000 (145±11 mM plasma-Cl), mens fisk prøvetatt på nedenforliggende stasjoner bare var tildels saltvannstole-



Figur 7.3. Blodfysiologisk status og gjelle-Al målt på stedegen villaks, samt på anleggsproduert fisk eksponert i bur i 1999. Søylen angir gjennomsnittsverdi, mens horisontalt strek angir 1 standard avvik.



Figur 7.4. Blodfysiologisk status og gjele-AI målt på stedegen villaks umiddelbart etter el-fiske samt etter 14 dager eksponering i bur. Søylen angir gjennomsnittsverdi, mens horisontalt strek angir 1 standard avvik.



Figur 7.5. Blodfysiologisk status og gjele-AI målt på stedegen villaks fanget i ulike fangstinretninger ved Finså samt av anleggsproduisert laks eksponert i bur (gule søyler) etter 14 dager eksponering i bur. Søylen angir gjennomsnittsverdi, mens horisontalt strek angir 1 standard avvik.

rant (164 ± 14 og 168 ± 6 mM plasma-Cl på henholdsvis Kleveland og Edda's låve). Anleggsproduisert smolt eksponert ved Kleveland i 2001 var tildels saltvannstolerant (167 ± 12 mM plasma-Cl), mens fisk eksponert utenfor Finså ikke var tolerant (184 ± 12 mM plasma-Cl). Forskjellene mellom stasjonene påvist i 2000 og 2001 kan tyde på responser som er relatert til vannkvalitet.

Diskusjon

Resultatet etter tre års fiskeundersøkelser (1999-2001) antyder at vannkvaliteten i Mandalsvassdraget fortsatt kan være suboptimal for smolt i perioder. Denne konklusjonen er basert på at det påvises moderate fysiologiske avvik fra normaltilstand, samt akkumulering av gjele-AI innen vassdraget. Samtidig varierte helsestatus mellom lokalitetene og fra år til år. Generelt synes vannkvaliteten å være best i øvre deler av anadrom strekning og svakere fra Hesså og nedover. I hvilken grad de påviste responsene

hos smolt gir effekter på bestandsnivå er imidlertid mer uklart, men kan ikke utelukkes. Høye konsentrasjoner av gjele-AI våren 2000 gir imidlertid grunn til å forvente effekter på bestandsnivå og da særlig på marin overlevelse (Kroglund og Finstad 2001). Det kan ikke utelukkes at årlig variasjon i yngeltetthet variasjon i fangst av voksen laks skyldes årlige forskjeller i vannkvalitet.

Det kan være flere årsaker til den observerte vannkvalitetsforringelsen fra Sundet til Edda's låve. Selve pH-målet kan være satt for lavt, slik at AI som vassdraget tilføres fra sure sidebekker ikke avgiftes tilstrekkelig raskt. Hydrologiske beregninger viser videre at sidebekkene til den anadrome strekningen mellom Bjelland og Kjølemo kan være den dominerende vannbidragsyteren i perioder (Hvidsten m.fl. 2002). Selv om dette restfeltet kun utgjør ca 25 % av hele vassdraget, kan vannføringsbidraget om vinteren og våren være høyere enn 50 %. Det er påpekt

flere ganger at kalkingsinnsatsen i Høyåna samt Logåna er utilfredsstillende (Kaste m.fl. 2002). I perioder hvor disse bekkene bidrar med mye vann, kan det ikke utelukkes at vannkvalitetsmålet underskrides (Høgberget 2001). Etter som den vannkjemiske forringelsen er direkte relatert til Al trengs ikke disse episodene nødvendigvis påvises av den kontinuerlige pH målingen, ei heller i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet.

Litteratur

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

Høgberget, R. 2001. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. NIVA-rapport 4415. (18 s.)

Kaste, Ø. 2002. (red.) Mandalsvassdraget. - S. 61-76 i: Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2001. DN-notat 2002-1.

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

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

Kroglund, F. og Staurnes, M. 1999. Water quality requirements of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*) in limed acid rivers. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 2078-2086.

Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O., Salbu, B. og Lucassen, E.C.H.E.T. 2001a. Water quality dependent recovery from aluminum stress in Atlantic salmon smolts. - Water, Air, and Soil Pollut. 130: 911-916.

Kroglund, F., Teien, H.C. Rosseland, B.O. og Salbu, B. 2001b. Time and pH-dependant detoxification of aluminum in mixing zones between acid and non-acid rivers. - Water, Air, and Soil Pollut. 130: 905-910.

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

Kvellestad, A. og Larsen, B.M., 1999. Histologisk undersøkning av gjeller frå fisk som del av overvaking av ungfiskbestander i lakseførende vassdrag. - NINA Fagrapport 36: 1-76.

Larsen, B.M., Berger, H.M., Kleiven, E., Kvellestad, A., Lund, R., Saksgård, L. og Sivertsgård, R. 2002. Mandalselva - Fisk. - S. 66-70 i: Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2001. DN-notat 2002-1.

Rosseland, B.O. og Staurnes, M., 1994. Physiological mechanisms for toxic effects and resistance to acidic water: An ecophysiological and ecotoxicological approach. - S. 227-246 i: Steinberg, C.E.W. og Wright, R.W. (red.). Acidification of Freshwater Ecosystems: Implications for the Future. John Wiley & Sons, Ltd.

Teien, H.C., Standring, W., Salbu, B. og Hindar, A. 2002. Flomdynamikk i forsurede elver, vannkjemiske endringer og biologisk respons i to elver og en simulert estuarieblandson under flom. - NIVA Rapport 4101-9. (51 s.)

7.2 Fysiologiske responser hos laks relatert til avgiftingsrater til aluminium i kalket surt humøst vann

Frode Kroglund¹ og Hans C. Teien²

¹NIVA-Sørlandsavdelingen

²Isotoplaboratoriet, Ås-NLH

Sammendrag

Forsøk utført i klarvannselver (<1,5 mg TOC L⁻¹) antydte at pH måtte økes til 6,4 for å avgifte vannet tilfredsstillende for laksesmolt. Andre data antydte at et lavere pH-mål ville være tilfredsstillende i mer humøst vann (4-6 mg TOC L⁻¹). For å fastsette et operasjonelt vannkjemisk kalkingsmål for humøst vann ble lakseparr og laksesmolt eksponert til surt vann som var kalket til fire pH-nivåer mellom 5,7 til 6,4. Vannkvalitetskrav til fisk er definert på bakgrunn av fysiologiske responser, samt akkumulering av aluminium på gjeller. Basert på forsøket utført med lakseparr synes vann kalket til pH 6,2 å gi en tilfredsstillende vannkjemisk forbedring. Basert på forsøk med laksesmolt synes vannkvalitetskravet å være pH 6,4 hvis krav til saltvannstoleranse legges til grunn, eller 6,2 basert på responser i ferskvann.

Innledning

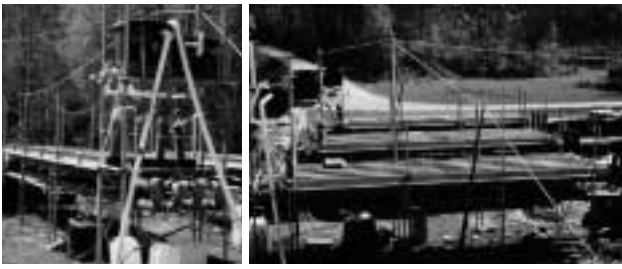
Siden slutten av 1970-tallet er det veldokumentert at aluminium (Al) i surt vann er giftig for fisk (Rosseland og Staurens 1994). Surt aluminiumsholdig vann avgiftes ved å heve pH, f.eks. ved kalking. Al avgiftes når Ali (uorganisk monomert Al) transformeres til tilstandsformer som ikke er bioakkumulerbare. Mens pH-økningen ved kalking skjer relativt momentant, avgiftes Al saktere, og kan faktisk i en periode etter pH-økning være giftigere enn før pH-hevingen (Rosseland m.fl. 1992). Basert på forsøk utført i Vikedalselva tidlig på 1990-tallet, ble pH 6,4 anbefalt som et operasjonelt vannkjemisk kalkingsmål (Kroglund og Staurnes 1999). Ved dette pH-nivået ble det ikke påvist negative fysiologiske effekter på laksesmolt. Derimot, smolt eksponert i vann med pH 6,2 eller lavere etablerte bl.a. ikke saltvannstoleranse. Senere undersøkelser utført i Suldal viste at avgiftingsratene (hvor raskt Ali transformeres) er avhengig av pH, hvor Al avgiftes i løpet av minutter ved pH 6,4, mens prosessen tar timer når pH er omkring 6,0 (Kroglund m.fl. 2001 a,b). I forsøk utført i Audna tidlig på 1990-tallet ble avgiftning oppnådd ved lavere pH-verdier enn det som senere ble anbefalt på bakgrunn av forsøkene utført i Vikedal og Suldal (Kroglund m.fl. 1993). Det ble antatt at denne forskjellen i avgiftingsrater var relatert til forskjeller i humusinnhold mellom elvene (4-6 mg TOC L⁻¹ i humuspåvirket vann og <1,5 mg TOC L⁻¹ i klarvannselver). Kostnadene til kalk

øker med økende pH-mål. For å holde kostnadene så lav som mulig er derfor ønske om lavest mulig pH-mål. Vannkvalitetskravet mht kalking ble undersøkt i en humøs elv høsten 1997 og våren 1998. Forsøk ble utført med vann fra Logåna, en sur sidegren til Mandalselva, Vest-Agder.

Metoder

Forsøksfisken var 1. generasjon laks av villfisk fanget i Mandalselva. Fisken var befruktet og oppdrettet ved Finså klekkeri, Marnardal. I 1997 var fisken 7.5±1.3 cm og veide 9.1±5.9 g. Basert på morfologiske karakterer var fisken parr. I 1998 var den samme fisken 13,2±5,1 cm og veide 18,4±4,8 g. Basert på morfologiske karakterer var fisken da smoltifisert. Fiskens fysiologiske status var normal begge årene.

Forsøksoppsettet (**figur 7.6**) var tilnærmet likt eksponeringsoppsettet som ble benyttet i Suldal (Kroglund m.fl. 1999). Vann fra Logåna (surt råvann; pH 5,4 til 5,6) ble kalket til fire pH-nivåer (5,7-6,4). Fisk ble eksponert i en kombinasjon av renner og kar. Alle renner ble tilført 10 L råvann min⁻¹. Kalk (CaOH) ble tilsatt råvannet umiddelbart før en renne. Fra "doseringspunktet" til første eksponeringsbur for fisk var det en oppholdstid på i underkant av 1 minutt. Innen renna ble vannet aldret i tilsammen 10 minutter (=vannhastighet gjennom renna; transportlengde på 5 meter). Etter rennene ble vannet aldret i ytterligere 13 minutter i et 13,5 meter langt 110 mm PVC rør, før hele vannstrømmen ble tilført et 90 L kar fylt med 40 L vann (teoretisk oppholdstid på 4 minutter). Fra dette karet ble 2 liter vann min⁻¹ ledet til ytterligere to karnivå. Oppholdstiden i hvert av disse var 35 minutter (karvolum var 70 L). Resterende vann ble ledet til avløp. Fra blanding (Tid=0) til enden av forsøksoppsettet var akkumulert oppholdstid ca 1,5 time. Det stilles som krav til måloppnåelse at vannet skal være avgiftet i tidsintervallet 10 til 30 minutter etter pH-økning. Biologisk respons på vannkvalitet er undersøkt ved å ta blodprøver av lakseparr og smolt. Plasma-Cl konsentrasjoner >120 mM, <6mM for glukose og <45 % for hematokritt er betraktet som representative for normaltillstand til laks. Variasjoner innenfor normaltillstand kan ikke benyttes til å indikere "negativ effekt", selv om det påvises korrelasjoner mellom fysiologiske variabler og vannkvalitet. Smolt ble saltvannstestet ved forsøksavslutning (190-200 timer eksponering). Fisken ansees som saltvannstolerant når den kan tilbakeregulere plasma-Cl til nivåer <160mM innen 24 timer i 34 ppt saltvann. Andre gjellebue ble prøvetatt for å analysere Al. Akkumulering av Al på gjellene representerer en respons i forhold til Ali i vannet, samtidig som akkumuleringen representerer en dose i forhold til fysiologiske responser.



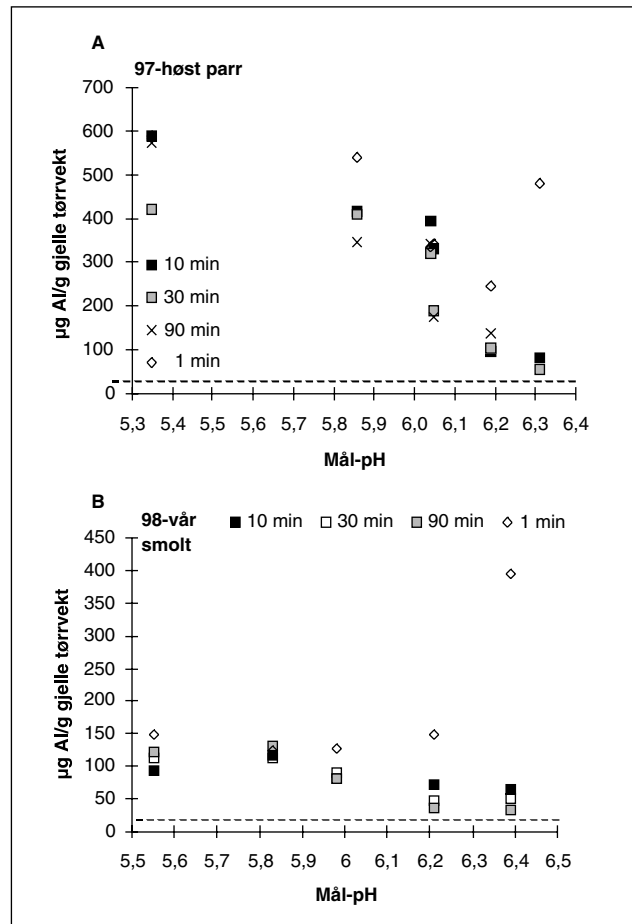
Figur 7.6. Illustrasjon av forsøksoppsettet. Bilde til venstre viser vannfordeling og kjemikalieinnblanding. Bildet til høyre viser rennene, samt PVC aldringsrør. Fisk ble eksponert i selve rennen samt i kar 90 L svarte kar (ikke vist).

Resultat

Råvannet var surere og inneholdt mer humus og betydelig mer Al i 1997 forsøket enn i 1998 forsøket (**tabell 7.1**). Basert på vannkjemi var vannkvaliteten i Logåna dårligere i 1997 enn i 1998.

Bakgrunnskonsentrasjon av gjelle-Al etter transport fra Finså klekkeri var $46 \pm 38 \mu\text{g Al g}^{-1}$ tv i 1997 og $31 \pm 2 \mu\text{g Al g}^{-1}$ tv i 1998. Parr eksponert i Logåna i 1997 akkumulerte $>400 \mu\text{g Al g}^{-1}$ tv. Smolt i 1998 akkumulerte $>100 \mu\text{g Al g}^{-1}$ tv. Forskjellene skyldes at Ali konsentrasjonen i Logåna var 3x høyere i 1997 enn i 1998. Det var liten forskjell i gjelle-Al konsentrasjon mellom fisk eksponert i råvann og fisk eksponert i vann hvor pH var økt til ca 5,8. Ved høyere pH-verdier var det en nær sammenheng mellom Al akkumulert på gjellene og pH i rennene. Akkumulering av Al var beskjeden når pH oversteg 6,2 (**figur 7.7 a,b**). Akkumulert gjelle-Al var korrelert med fysiologisk respons. Gjelle-Al kan således oppfattes som et mål for "dose". Mens sammenhengene for gjelle-Al og plasma-Cl var rimelig lik mellom årene, var sammenhengen for glukose forskjellige (**figur 7.8 a,b**). Denne forskjellen kan skyldes ulik følsomhet til ulike livsstadier.

pH-målet for tiltaket vil avhenge av hvor godt vannkvaliteten må forbedres, og hvor raskt denne forbedringen må skje. I 1997 synes nødvendig vannkjemisk forbedring å være oppnådd i løpet av 30 minutter ved pH 6,0 og i løpet av 10 minutter ved pH 6,2. Hvis pH-mål for kalking settes til pH 6,0 vil et betydelig areal nedstrøms en sur sidebekk

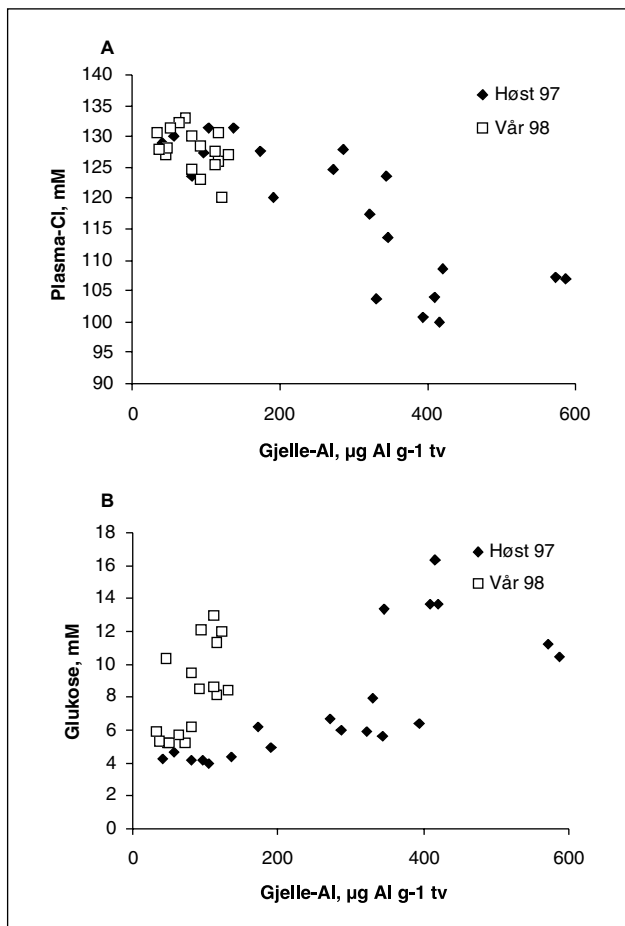


Figur 7.7. Al-konsentrasjon på gjeller ($\mu\text{g Al g}^{-1}$ tv) målt i kar plassert 1, 10, 30 og 90 minutter etter pH-ændring, samt i råvannet (pH 5,3-5,6).

fortsatt kunne inneholde vann som ikke er tilfredsstillende for laksesmolt. Dette arealet vil være tilsvarende beskjedent hvis pH-målet settes til pH 6,2. I 1998 var råvannet lite giftig. De fysiologiske responsene var derved mer beskjedne. Plasma-Cl økte med økende pH, men ettersom konsentrasjonen var $>120 \text{ mM}$ i råvannet kan det ikke konkluderes med at vannet var skadelig i forhold til ioneregulering. Glukosekonsentrasjonen var tilfredsstillende i vann aldret i minst 90 minutter ved pH 6,0, eller i vann aldret i 10 minutter ved pH 6,2 og 6,4 (**figur 7.9 c,d**). Hematokritt avvek ikke fra normaltilstanden når $\text{pH} > 6,0$ i 1997 og 6,2 i 1998 (**figur 7.9 e,f**). Gjellevevsforandringer ble observert hos fisk eksponert til $\text{pH} < 6,2$ i 1997. I 1998

Tabell 7.1. Kjemisk karakterisering av Logåna i høsten 1997 og våren 1998.

År	pH (min-maks)	TOC mg L-1	Alr $\mu\text{g L}^{-1}$	Alc $\mu\text{g L}^{-1}$	Ala $\mu\text{g L}^{-1}$	Alo $\mu\text{g L}^{-1}$	Ali $\mu\text{g L}^{-1}$
1997	5,35 (5,23-5,51)	6 ± 1	332 ± 43	132 ± 18	189 ± 39	94 ± 11	95 ± 30
1998	5,55 (5,33-5,82)	4 ± 1	186 ± 8	96 ± 12	90 ± 8	66 ± 7	24 ± 3



Figur 7.8. Sammenheng mellom gjelle-Al og plasma-Cl og glukose i 1997 og 1998.

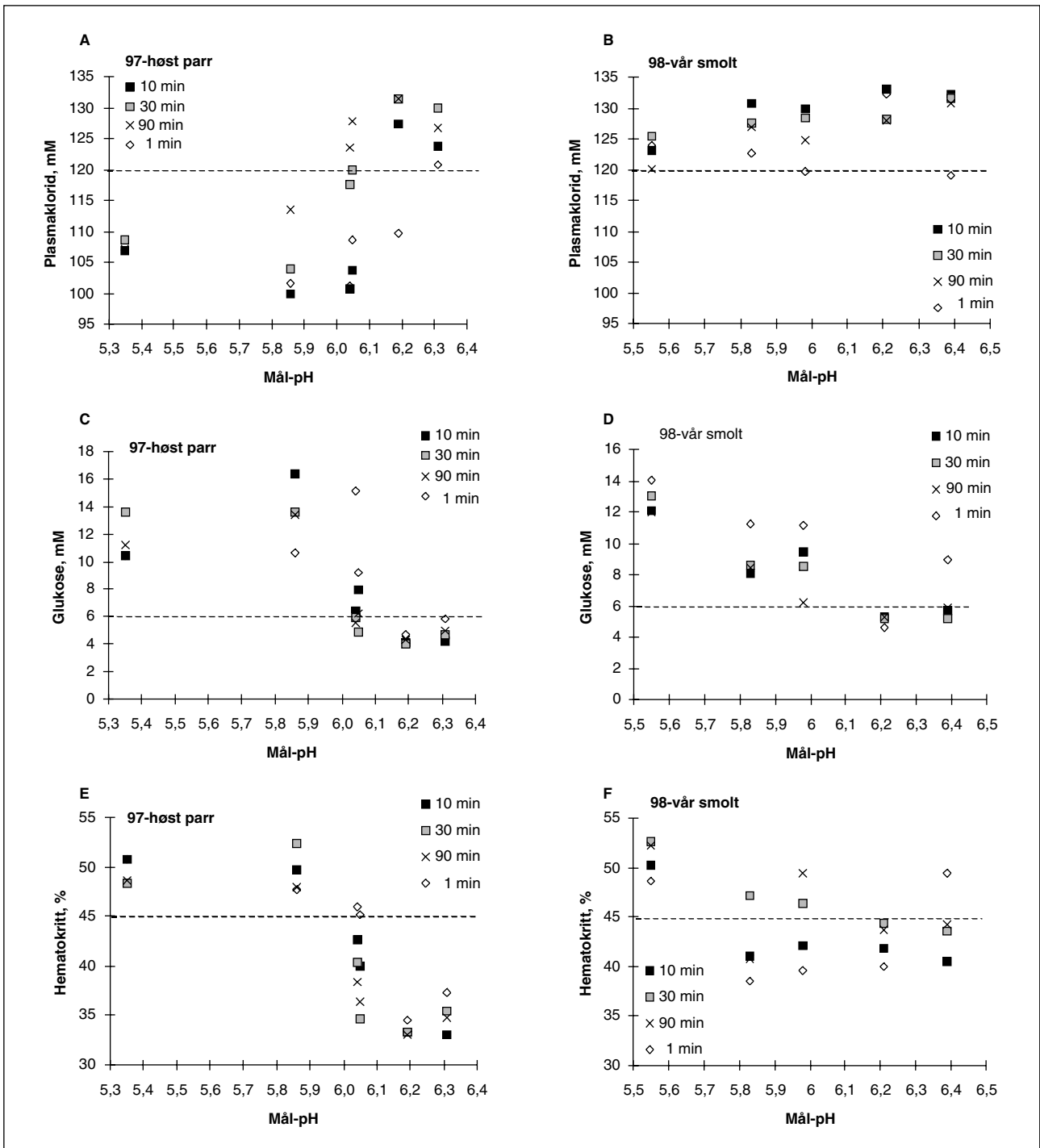
ble det registrert moderate forandringer selv ved pH 6,4. Smolt ved Finså klekkeri hadde etablert normal saltvannstoleranse ved forsøksavslutningen i 1998 (154 ± 13 mM i plasma-Cl etter 24 timer i 34 ppt saltvann). I forsøket var kun smolt eksponert i vann kalket til pH 6,4 som samtidig var aldrer i minst 90 minutter, like saltvannstolerant (160 ± 8 mM plasma-Cl) på dette tidspunkt. I samtlige andre renner var plasma-Cl > 170 mM. Smoltutviklingen skjedde tidligst ved pH 6,4.

Diskusjon

På bakgrunn av de fysiologiske responskriteriene synes pH 6,2 å være tilfredsstillende for parr. Med hensyn til laksesmolt er konklusjonen mer uklar. I forhold til akkumulering av Al på gjellene samt blodfysiologisk respons synes pH 6,2 tilfredsstillende. I forhold til vevsforandringer på gjellene og saltvannstoleranse synes derimot pH 6,4 å være nødvendig. Anbefalingene må etterprøves ved å undersøke bestandsresponsen i vassdraget. Det må her legges vekt på marin overlevelse og pugging.

Litteratur

- Kroglund, F., Lydersen, E. og Rosseland, B.O. 1993. Endringer i aluminiumskjemi i blandsoner med kalket og surt vann -områder karakterisert av aluminiums ulikevekt og stor giftighet for fisk. - S. 45-47 i: TVLF og Naturens Tålegrense-seminar. Stjørdal. februar 1993.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Lucassen, E., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Salbu, B. og Pettersen, M.N. 1999. Avgiftingsrater til aluminium i humusrike vannkvaliteter og effekter på fisk. - S. 1-40 i: Reetableringsprosjektet, Årsrapport 1998. Utredning for DN. - S. 1-40 i: 1999-7.
- Kroglund, F. og Staurnes, M. 1999. Water quality requirements of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*) in limed acid rivers. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 2078-2086.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O., Salbu, B. og Lucassen, E.C.H.E.T. 2001a. Water quality dependent recovery from aluminum stress in Atlantic salmon smolts. - Water, Air, and Soil Pollut. 130: 911-916.
- Kroglund, F., Teien, H.C. Rosseland, B.O. og Salbu, B. 2001b. Time and pH-dependant detoxification of aluminum in mixing zones between acid and non-acid rivers. - Water, Air, and Soil Pollut. 130: 905-910.
- Rosseland, B.O., Blakar, I., Bulger, A., Kroglund, F., Kvellestad, A., Lydersen, E., Oughton, D.H., Salbu, B., Staurnes, M. og Vogt, R. 1992. The mixing zone between limed and acidic river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for Salmonids. - Environ. Pollut. 78: 3-8.
- Rosseland, B.O. og Staurnes, M. 1994. Physiological mechanisms for toxic effects and resistance to acidic water: An ecophysiological and ecotoxicological approach. - S. 227-246 i: Steinberg, C.E.W. og Wright, R.W. (red.). Acidification of Freshwater Ecosystems: Implications for the Future. John Wiley & Sons, Ltd.



Figur 7.9. Plasmaklorid (mM), glukose (mM) og hematokritt (%) målt i kar plassert 1, 10, 30 og 90 minutter etter pH-ending samt i råvannet (pH 5,3-5,6).

7.3 Helsestatus til smolt produsert ved Finså og Audna klekkeri i perioden 1998 til 2001

Frode Kroglund

NIVA-Sørlandsavdelingen

Sammendrag

Laksesmolt prøvetatt ved Finså klekkeri hadde tilfredsstillende fysiologisk status i ferskvann basert på blodanalyser. Fisken hadde etablert god hypoosmotisk kapasitet omkring 10.mai i 1998, 2000 og 2001. I 1999 etablerte ikke fisken normal saltvannstoleranse innen 19. mai. Dette året avviker således fra de andre årene. Manglende eller sein etablering av hypoosmotisk kapasitet kan skyldes vannkjemi, men kan også skyldes faktorer relatert til driftsforhold ved klekkeriet. Konsentrasjonen av gjelle-Al var lav alle prøveårene, men likevel på et nivå hvor svak til moderate effekter på marin overlevelse ikke kan utelukkes i 2000. Akkumulering av Al på gjellene medfører at effekter på preging og således feilvandring, ikke kan utelukkes.

Innledning

Smolt produsert ved Finså klekkeri er satt ut i Mandalselva som Carlinmerket smolt (Hansen og Johnsen, s. 97), samt at den er benyttet i ulike eksponeringsforsøk for kontroll av vannkvalitetsoppnåelse (Kroglund, s. 78). Dersom forsøksfisken ikke har en tilfredsstillende helse vil helseforringelsen ha betydning for tolkning av data generert innenfor disse prosjektene. Data på smoltkvalitet ved klekkeriet i Audna er inkludert ettersom Carlinmerket smolt fra dette klekkeriet benyttes i tilsvarende forsøk.

Carlinmerket smolt settes ut i vassdraget for å undersøke:

- hvilken effekt turbinene i Laudal har på utvandrende smolt
- vannkvalitetsoppnåelse i vassdraget på bakgrunn av marin overlevelse til utsatt smolt
- vannkvalitetsoppnåelse i vassdraget på bakgrunn av feilvandring hos tilbakevandrende voksen laks

Klekkeriproduert smolt er eksponert i bur innen vassdraget for å undersøke:

- vannkvalitetsoppnåelse i ulike vassdragsavsnitt innenfor den antatte smoltutvandringsperioden

Kunnskap om smoltkvalitet før utsetting tillater at man i det minste kan dokumentere smoltkvalitet på utsettidspunktet. Eventuelle endringer i smoltkvalitet fra utsetting til utvandring må evalueres på bakgrunn av eksponeringsforsøk. Det ble utført slike forsøk i 1999 og 2000 og med en begrenset innsats i 2001 (Kroglund, s. 78). Smoltkvalitet ved Finså klekkeri er evaluert årlig siden 1998.

Resultater

Alle målinger av gjelle-Al, blodfysiologisk status i ferskvann og etter saltvannstoleranse er vist i **figur 7.10a-e**. Nedenfor presenteres evaluering basert på det enkelte år. Fiskens lengde, vekt og K-faktor er angitt i **tabell 7.2**.

1998: Fisk fra to ulike fiskekar ble prøvetatt tidlig i mai. På dette tidspunktet manglet fisken morfologiske karakterer typisk for smolt. Fisken var ca 13 cm, veide ca 20 g og hadde en K-faktor på ca 0,9. Gjelle-Al konsentrasjonen var $17 \mu\text{g Al g}^{-1}$ i det ene karet og $31 \mu\text{g Al g}^{-1}$ i det andre. Årsaken til denne variasjonen er ikke avklart. Selv om det var forskjeller i fysiologisk status mellom karene konkluderes det med at fiskekvaliteten var tilfredsstillende. Fiskens saltvannstoleranse ble undersøkt på utsettingstidspunktet 12. mai. Fisken regulerte blodsaltkonsentrasjonen i sjøvann godt og hadde etter 24 timer belastning en normal plasma-Cl konsentrasjon og hematokritt, samtidig som reduksjonen i K-faktoren var beskjeden. Fisken synes således å ha blitt en fullverdig smolt.

Fisk ble prøvetatt ved klekkeriet i Audna 12. mai. På dette tidspunktet var fisken basert på morfologiske karakterer smoltifisert. Gjelle-Al konsentrasjonen var ca $30 \mu\text{g Al g}^{-1}$ tv. Fiskens blodfysiologiske status i ferskvann var normal, men i en saltvannstest var fisken kun middels god til å regulere saltinnholdet i blodet. Fisken "tapte" vekt i saltvannstesten, illustrert ved at K-faktoren avtok fra 1,0 til 0,9.

1999: Fisk ble prøvetatt 30. april og 11. mai. Fisken var ca 13 cm, veide fra 16 til 25 g og hadde en K-faktor på ca 0,95. Basert på morfologiske karakterer var fisken tilnærmet ferdig smoltifisert i slutten av april. Gjelle-Al konsentrasjonen var ca $17 \mu\text{g Al g}^{-1}$ tv. Fiskens blodfysiologiske status i ferskvann var tilfredsstillende. Smolten var ikke saltvannstolerant 11. mai, men dens hypoosmotiske kapasitet ble betydelig forbedret fram til utsetting 19.mai. K-faktor avtok i løpet av saltvannstesten. Smolt av Storelvastamme var saltvannstolerant 11. mai.

Fisk prøvetatt ved Audna klekkeri 12. mai hadde $73 \mu\text{g Al g}^{-1}$ tv på gjellene. Fiskens blodfysiologiske status i ferskvann var tilfredsstillende. Fisken var derimot ikke saltvannstolerant. På grunn av høy dødelighet ble eksponeringen repetert dagen etterpå men da i vann med noe lavere salinitet. Fisken var fortsatt ikke saltvannstolerant.

2000: Det ble tatt prøver av fisken på tre tidspunkt mellom 30. april og 12. mai. Fisken var ca 13 cm, veide fra 16-23 g og hadde en K-faktor i underkant av 0,9. Gjelle-Al konsentrasjonen var høy ved første prøvetaking og avtok til ca $40 \mu\text{g}$ på de neste to prøvetakingene. Fiskens blodfysio-

logiske status i ferskvann var tilfredsstillende. Fiskens saltregulerte godt i sjøvannstesten utført på utsettingstidspunktet. Saltvannstesten påvirket ikke K-faktor.

Fisk prøvetatt ved klekkeriet i Audna hadde høy gjelle-Al (ca 145 µg Al g⁻¹ tv). Fiskens blodfysiologiske status var tilfredsstillende. Fiskens saltregulerte tilfredsstillende i saltvannstesten på tross av høy gjelle-Al.

2001: Smolt ble prøvetatt 9.mai. På dette tidspunktet var smolten ca 14 cm, veide ca 23 g og hadde en K-faktor på ca 0,8, og hadde en typisk smoltdrakt. Fiskens hadde ca 22 µg Al g⁻¹ på gjellene. Fiskens blodfysiologiske status i ferskvann var normal og smolten regulerte nært tilfredsstillende i saltvann. Saltvannstesten påvirket ikke K-faktor.

Diskusjon

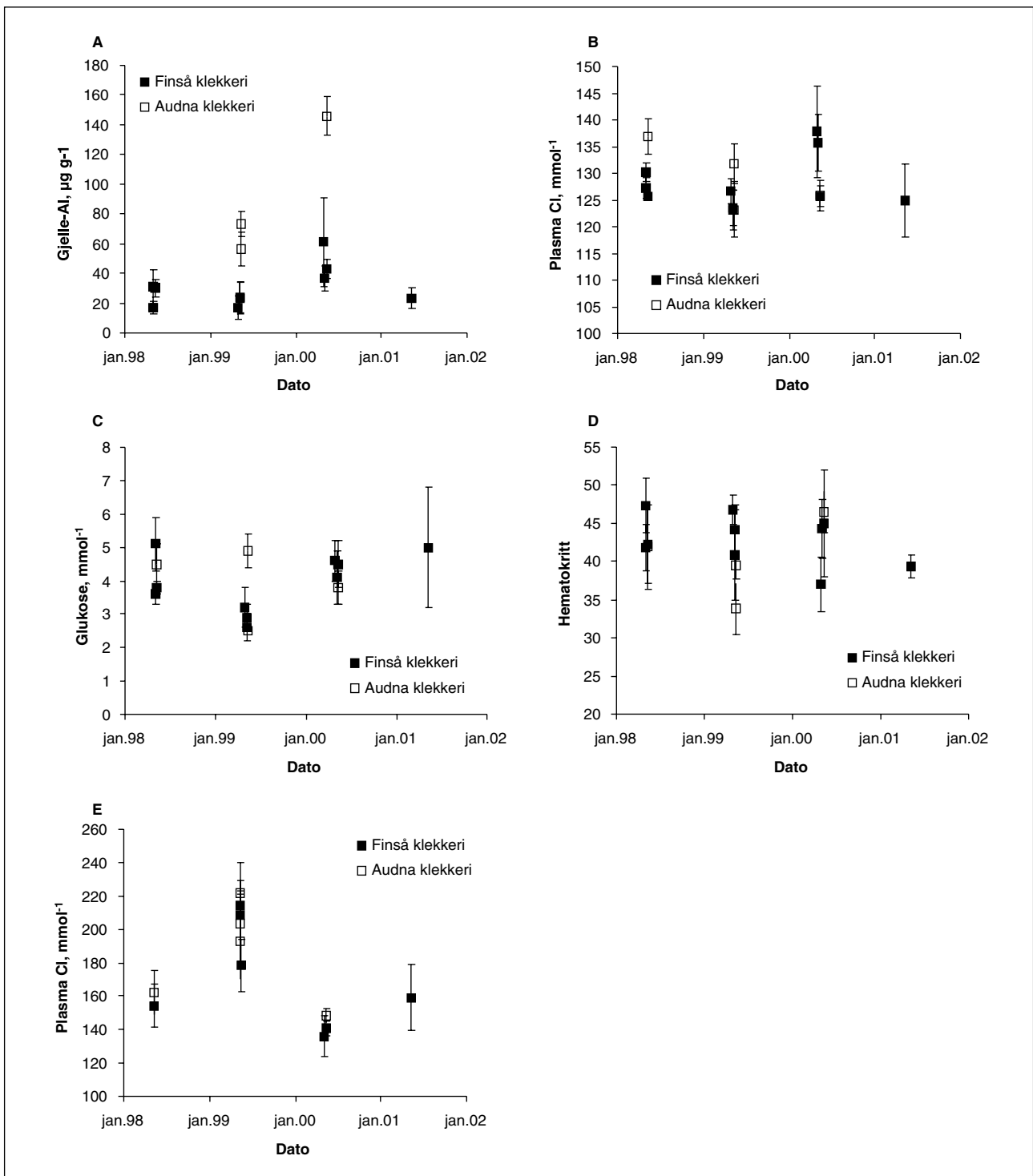
Smolt prøvetatt ved Finså klekkeri hadde tilnærmet normal blodfysiologisk status i ferskvann alle undersøkelsesårene. Konsentrasjonen av Al på gjellene var høyere i 2000 enn de andre årene. Plasma-Cl konsentrasjonene var samtidig noe høyere enn det som ellers er målt ved klekkeriet. Glukosenivået var lavere i 1999 enn i de andre årene. Det var ingen entydig år til år variasjon i hematokritt. Smoltens saltvannstoleranse var betydelig svakere i 1999 enn i de tre andre undersøkelsesårene. Basert på et begrenset antall målinger utført ved Finså klekkeri synes smoltkvaliteten å ha vært tilfredsstillende i 1998, 2000 og 2001, og mindre tilfredsstillende i 1999. Ved Audna var kvaliteten mer variabel og sannsynligvis ikke tilfredsstillende i 1998 og 1999. I 2000 var fisken saltvannstolerant på tross av høye mengder gjelle-Al.

Variasjonen i gjelle-Al, både ved Finså klekkeri og ved klekkeriet i Audna tyder på at vannkvaliteten i perioder kan være marginal. Akkumulering av Al på gjellene kan skyldes at driftsvannet er påvirket av forsurening og/eller eller at driftsforholdene bidrar til å remobilisere metaller i vannet på en akkumulerbar form (f.eks. som følge av respirasjon med påfølgende pH reduksjon i kar). Dersom dette skal avklares er det behov for betydelig økning i vannkjemisk analyseomfang og program ved klekkeriene.

Smolt med svak eller manglende evne til å regulere blod-saltene i en sjøvannstest har sannsynligvis redusert marin overlevelse (Finstad og Jonsson 2001). Smoltkvalitet kan bl.a. "forringes" av ulike forhold ved klekkeriet (f.eks. driftsvannkvalitet, lysregime, foring og driftsrutiner). Etter utsetting fra klekkeriet vil vannkvaliteten i vassdraget påvirke smoltkvalitet. Det er veldokumentert at forsurening og utilstrekkelig avsyring av forsuret vann påvirker saltvannstoleranse ved at Al akkumulert på gjellene inhiberer aktiviteten til gjelle enzymet Na-K-ATPase (Rosse-land og Staurnes 1994, Staurnes m.fl., 1993, 1995, 1996, Kroglund og Staurnes 1999, Kroglund og Finstad 2001). Både Hindar (s. 31) og Kroglund (s. 78) har påvist at kalkingsstrategien i vassdraget ikke er optimal. Vannkvalitetsmålet kan underskrides i perioder. Sure sidebekker bidrar til å forsterke underskridelsen. Dersom vannkvaliteten smolten eksponeres for etter utsetting er suboptimal vil smoltkvalitet endres fra utsetting til utvandring. Graden av endring vil avhenge av vannkvalitet i elvevannet og hvor lenge fisken eksponeres for denne. Utvandring vil normalt skje fra timer til dager etter utsetting fra klekkeriet (Finstad og Jonssen 2001). Utvandring synes ikke å bli forsinket av forsureningsrelaterte "skader" (Kroglund m.fl.

Tabell 7.2. Gjennomsnittlig lengde, vekt og K-faktor ± standard avvik målt på laksesmolt ved Finså og Audna klekkeri i perioden 1998 til 2001, prøvetatt i ferskvann og etter saltvannstest.

	I ferskvann			Etter saltvannstest			Smolt
	Lengde	Vekt	K-faktor	Lengde	Vekt	K-faktor	
Finså klekkeri							
04. mai 98	12,9±0,4	20,0±1,4	0,9397±0,0250				1,5±0
12. mai 98	14,0±0,9	24,6±4,6	0,8901±0,0579	14,6±0,9	27,1±5,1	0,8627±0,0327	2,5±0
30. april 99	12,7±1,8	20,6±8,5	0,9633±0,0576				1,5±0
11. mai 99	13,8±0,9	25,4±5,5	0,9542±0,0481	10,4±1,0	11,1±1,7	0,7824±0,0386	1,9±0,2
19. mai 99				13,7±1,1			
29. apr 00	13,9±1,1	22,8±6,1	0,8406±0,1130				1,8±0
05. mai 00	12,5±1,3	15,5±2,1	0,8396±0,2193				2,0±0
12. mai 00	12,6±0,7	18,1±2,3	0,8975±0,0705	12,2±0,4	16,3±1,5	0,8753±0,0356	2,5±0
Audna klekkeri							
12. mai 98	15,4±1,3	37,9±9,7	1,007±0,0376	15,8±1,0	36,0±6,4	0,9141±0,0425	2,4±0,2
12. mai 99	13,9±0,6	23,2±3,7	0,8650±0,0283	12,7±0,7	15,7±2,5	0,7515±0,0942	2,2±0,0
12. mai 00	14,2±0,5	27,0±3,3	0,9338±0,0217	14,3±1,3	27,4±7,2	0,9197±0,0654	2,3±0,0



Figur 7.10 a-e. Gjelle-Al (a) og blodfysiologisk status (b-d) målt på smolt ved Finså og Audna klekkeri i perioden 1998 til 2001. Plasma-Cl målt etter 24 timer saltvannstest er vist i figur e. Punktene angir gjennomsnittsverdi for de respektive prøvetakingsdatoene, mens horisontalt strek angir ± 1 standard avvik.

1994, Kroglund og Finstad 2001). Basert på eksponeringsforsøk akkumulerte smolt eksponert i bur nederst i vassdraget mer Al på gjellene enn smolt eksponert høyt i vassdraget (Kroglund, s. 78). Likeledes var akkumuleringen av Al større i 2000 enn i 1999 og 2001. Lav marin overlevelse hos Carlinmerket smolt satt ut i 1999 kan skyldes

svak smoltkvalitet (Hansen og Johnsen, s. 97). Ettersom fisken hadde lite gjelle-Al ved klekkeriet samtidig som gjelle-Al nivået hos fisk eksponert i bur innen vassdraget var lavt (Kroglund, s. 78), antas det at svak smoltkvalitet skyldes forhold ved klekkeriet og ikke vannkvalitet innen vassdraget.

Det er framsatte en hypotese om at aluminium i vann kan påvirke preging ved at Al akkumuleres på luktepitelet (Rosseland og Staurnes 1994). I forsøk er det påvist en sterk korrelasjon mellom konsentrasjon Al på gjeller og Al assosiert med nesevev (Salbu upublisert materiale fra Nordmarka 1993 og 1994). Dersom preging er relatert til luktorganet og dersom Al i luktorganet påvirker fiskens evne til å motta informasjon viktig for pregingen, kan det tenkes at smolt som eksponeres for Al får en svak preging. Når denne fisken kommer i sjøvann vil sannsynligvis Al elimineres fra luktorganet på grunn av økningen i salinitet. Dersom akkumuleringen ikke har skadet luktsensorene vil fisken kunne preges til fjord eller sjøområde. Det kan således forventes svakere tilbakevandring til utsettingsvassdrag dersom fisken opplever Al i vannkilden (ved klekkeriet eller etter utsetting i elvevann). Dersom dette skjer forventes det god gjenfangst fra Sørlandet som region, men samtidig lav gjenfangst i Mandalselva. Det er påvist at smolt eksponert i bur akkumulerte gjelle-Al nederst i vassdraget (Kroglund, s. 78). Graden av akkumulering vil variere fra år til år og avhenger bl.a. av årlig variasjon i hydrologi og vannkjemi. Dersom feilvandring kan forklares kun med hvor mye Al fisken har akkumulert av Al forventes det større feilvandring hos elveutsatt smolt i 2000 enn i 1999 og 2001.

Litteratur

- Finstad, B. og Jonsson, N. 2001. Factors influencing the yield of smolt releases in Norway. - *Nordic J. Freshw. Res.* 75: 37-55.
- Kroglund, F., Hansen, L.P., Berntssen, M., Rosseland, B.O og Åtland, Å. 1994. Effekt av kortvarig surstøt på vandringshastighet til laksesmolt. - S. 142-145 i: *Kalking i vann og vassdrag FoU årsrapport 1993. DN notat 1994-14.*
- Kroglund, F. og Staurnes, M. 1999. Water quality requirements of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*) in limed acid rivers. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 2078-2086.
- Kroglund, F. og Finstad, B. 2001. Effekter av ulike vannkvalitet på fysiologisk respons, vekst, vandring og marin overlevelse hos to stammer av atlantisk laks. - *NIVA Rapport 4381. (45s.)*
- Rosseland, B.O. og Staurnes, M. 1994. Physiological mechanisms for toxic effects and resistance to acidic water: an ecophysiological and ecotoxicological approach. - S. 228-246 i: Steinberg, C.E.W og Wright, R.F. (red.). *Acidification of Freshwater Ecosystems: Implications for the Future.* John Wiley & Sons Ltd.
- Staurnes, M., Blix, P. og Reite, O. B. 1993. Effects of acid water and aluminium on parr-smolt transformation and sea water tolerance in Atlantic salmon, *Salmo salar*. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1816-1827.
- Staurnes, M., Kroglund, F. og Rosseland, B.O. 1995. Water quality requirement of Atlantic salmon in water undergoing acidification or liming in Norway. - *Water, Air, and Soil Pollut.* 85: 347-352.
- Staurnes, M., Hansen, L.P., Fugelli, K. og Haraldstad, Ø. 1996. Short-term exposure to acid water impairs osmoregulation, seawater tolerance, and subsequent marine survival of smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 1695-1704.

8 HVORDAN HAR KRAFTUTBYGGINGEN PÅVIRKET LAKSEBISTANDEN I MANDALSELVA?

8.1 Oppvandring hos radiomerket laks forbi minstevannføringsstrekningen ovenfor Laudal kraftstasjon

Eva B. Thorstad
NINA-Trondheim

Sammendrag

Produksjon av laks og sjøaure, samt muligheter for fiske øverst i Mandalsvassdraget, er avhengig av at oppvandrende fisk passerer den regulerte strekningen Laudal-Mannflåvann og ikke forsinkes i forhold til gyte- og fisesesong. Oppvandring hos voksen laks på denne strekningen (6 km) ble derfor undersøkt i 1996/97 ved å radiomerk 76 laks ved Laudal. Laksen ble hindret og forsinket i oppvandringen ved minstevannføring 3,0 m³/s, trolig på grunn av en kombinasjon av lav vannføring og mange terskler på strekningen (til sammen 12 terskler). Resultatene tyder på at tersklene fysisk sett ikke var vanskelige for laksen å passere, men at et høyt antall slike vandringshindre reduserte motivasjonen for å vandre. Det største vandringshinderet var dammen ved Mannflåvann. Kun 16 % av laksen passerte hele strekningen Laudal-Mannflåvann, og de som passerte ble forsinket og ankom områdene øverst i vassdraget sent i sesongen. Laksen brukte gjennomsnittlig 41 dager (variasjonsbredde 14-69 dager) på å passere hele strekningen. En større andel av laksen passerte strekningen ved vannføring 3 m³/s (16 %) enn ved tidligere års lavere vannføringer (< 4 %, 0,25-1,5 m³/s). Lokkeflommer hadde en positiv effekt på oppvandringen, ved at laksen foretok en høyere andel av terskelpasseringene under og like etter lokkeflommer enn ved minstevannføring.

Innledning

Kraftutbygging i større målestokk startet i Mandalsvassdraget i 1930. Per i dag er det seks kraftstasjoner i vassdraget; Logna, Smeland, Skjerka, Håverstad, Bjelland og Laudal kraftstasjoner. Laks og sjøaure kan vandre helt opp til Kavfossen, en strekning på 48 km fra sjøen. Kraftreguleringen ved Bjelland og Laudal har vanskeliggjort oppvandring av fisk på strekningene Bjelland-Kavfossen og Laudal-Mannflåvann.

Laudal kraftstasjon ble åpnet i 1982. Redusert vannføring på den 6 km lange strekningen mellom Laudal og Mannflåvann skyldes at vannet ledes i tunnel gjennom kraftstasjonen fra utløpet av vannet og ned til Laudal. Minstevannføring på strekningen var tidligere 0,25 m³/s. Fra og med sommerhalvåret 1994 ble vannføringen økt til 1,5 m³/s. Fra og med 1996 ble minstevannføring fastsatt til 3,0 m³/s i perioden 1. juli - 4. oktober og 1,5 m³/s resten av året. For å beholde vannspeil og gi et rimelig stort vandedt areal for fisk, er det bygd tolv terskler på strekningen; ti løsmasseterskler og to betongterskler. I de to betongtersklene ved utløpet fra Mannflåvann og ved Kleveland bro, samt i den nederste løsmasseterskelen ved Laudal, er det bygd fisketrappet. Terskler kan skape et rikere og mer variert miljø i regulerte elver, men de representerer også en fysisk sperre som kan være til hinder for vandrede fisk.



I 1996 og 1997 ble 76 laks merket med radiosender for å undersøke vandringsatferd på minstevannføringsstrekningen Laudal-Mannflåvann. Senderen ble festet ved ryggfinner hos fisken.

I 1996 og 1997 ble det gjennomført undersøkelser av oppvandring hos voksen laks på strekningen Laudal-Mannflåvann (Thorstad og Heggberget 1997, Thorstad og Hårsaker 1998). Til sammen 76 laks ble fanget ved Laudal og merket med radiosender. Oppvandringen ble registrert ved å benytte en bærbar radiomottaker og faste automatiske lyttestasjoner. Fisken hadde sendere med ulike frekvenser, slik at individer kunne kjennes igjen.

Bakgrunnen for undersøkelsene var at mindre enn 4 % av laksen som vandret opp i minstevannføringsløpet ved Laudal, passerte fella i dammen ved Mannflåvann og vandret videre oppover i vassdraget (Thorstad og Heggberget 1997). Produksjon av laks og sjøaure, samt muligheter for fiske øverst i vassdraget, er avhengig av at oppvandrende fisk passerer dette minstevannføringsløpet og ikke forsinkes i forhold til gyte- og fiskesesong. Ca 15 km av lakseførende strekning ligger oppstrøms dammen ved Mannflåvann.

Det ble lagt spesielt vekt på å undersøke om oppvandringen ble hindret fysisk på bestemte steder i minstevannføringsløpet, og om utbedringer kunne gjennomføres for å bedre forholdene for oppvandring. I tillegg ble et ekstra vannvolum avsatt til kunstige lokkeflommer, for å undersøke effektene av disse.



To ulike terskler i minstevannføringsløpet. Laksen syntes å være hindret og forsinket i minstevannføringsløpet på grunn av en kombinasjon av lav vannføring og mange terskler. Minstevannføring på 3,0 m³/s viste seg imidlertid å være en forbedring av forholdene for oppvandrende laks i forhold til tidligere års lavere vannføring.

Resultater

Resultater fra undersøkelsene viste at laksen ble hindret og forsinket i oppvandringen i minstevannføringsløpet Laudal-Mannflåvann ved vannføring 3,0 m³/s (Thorstad og Heggberget 1997, Thorstad og Hårsaker 1998). Kun 16 % av laksen passerte hele minstevannføringsløpet, og de som passerte ble forsinket og ankom områdene lengre opp i vassdraget sent i sesongen. Laksen brukte fra 14 til 69 dager på å passere hele minstevannføringsløpet; gjennomsnittlig 41 dager. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig vandringshastighet på 0,15 km/døgn. Gjennomsnittlig vandringshastighet på strekningene oppstrøms minstevannføringsløpet var til sammenligning 3,6 km/døgn.

Minstevannføring 3,0 m³/s om sommeren viste seg imidlertid å være en forbedring av forholdene for oppvandrende laks i forhold til tidligere års lavere minstevannføring. En større andel av laksen passerte hele minstevannføringsløpet ved minstevannføring 3 m³/s (16 %) enn ved 0,25-1,5 m³/s (< 4 %).

Det største vandringshinderet i minstevannføringsløpet var dammen ved Mannflåvann. Hele 13 laks vandret opp til dammen uten å passere. Et annet vandringshinder syntes å være den øverste terskelen nedenfor dammen. Laksen syntes også å bli forsinket i områdene like ovenfor Laudal, samt nedenfor Solkrona, hvor to elveløp renner sammen etter deling 500 meter lengre opp. Trappa under Klevelandsbrua og terskel ved Solkrona ble fra lokalt hold utpekt som mulige vandringshindre, men viste seg å ikke være det.



Dammen ved Mannflåvann etter fysiske utbedringer i 1997. Dammen var det største vandringshinderet i minstevannføringsløpet, selv etter utbedringene.

For å bedre forholdene for oppvandrende laks, ble det foretatt fysiske utbedringer ved dammen og fisketrappa ved Mannflåvann på forsommeren 1997. Oppgangen av laks i fisketrappa i dammen ble ikke forbedret selv om disse utbedringene ble gjennomført. En forbedret vannkvalitet på grunn av kalking i 1997 syntes heller ikke å medføre at oppvandrende laks lettere passerte minste-vannføringsløpet.

Lokkeflommer hadde en positiv effekt på vandring hos laks. Laksen foretok en høyere andel av terskelpasseringene under og like etter lokkeflommer enn ved minste-vannføring. Imidlertid skjedde passering av alle terskler også i perioder uten lokkeflom, noe som viser at laksen fysisk sett ikke behøver mer vann for å være i stand til å passere tersklene. Lokkeflommer synes derfor primært å påvirke motivasjonen for vandring hos laks.

Diskusjon

Undersøkelsene viste at laksen ble hindret og forsinket i oppvandringen forbi Laudal kraftverk, trolig på grunn av en kombinasjon av lav vannføring og mange terskler (Thorstad og Heggberget 1997, Thorstad og Hårsaker 1998). Resultatene tyder på at tersklene fysisk sett ikke var vanskelige for laksen å passere ved lav vannføring, men at et høyt antall slike vandringshindre reduserte lak-sens motivasjon for å vandre videre.

Laksen ble blant annet forsinket i området nederst i minste-vannføringsløpet. Lignende resultater er funnet i Nidelva ved Arendal, hvor flere laks snudde og vandret nedstrøms igjen, like etter at de hadde vandret opp i minste-vannføringsløpet ved Helle (Thorstad m.fl. 1998b, 2000). Resultatene fra Mandalselva og Nidelva tyder på at laksen reagerer negativt på at de kommer opp i en elve-strekning med en svært lav vannføring i forhold til elva for øvrig - selv om de fysisk sett ikke har problemer med å passere slike minste-vannføringsløp.

Laksen som ble radiomerket i denne undersøkelsen var av ulik opprinnelse, og hadde ikke vokst opp i Mandalselva. Undersøkelser av ikke-stedegen laks i andre elver har vist at disse synes å ha en høy motivasjon til å vandre langt oppstrøms i vassdragene, men dette var i vassdrag uten store vandringshindre (Økland m.fl. 1995, Heggberget m.fl. 1996; Thorstad m.fl. 1998a). Laksen i Mandalselva er enda i en oppbyggingsfase, og det kan hende at laks som blir født i øvre del av Mandalselva vil ha større moti-vasjon for å passere minste-vannføringsløpet Laudal-Mannflåvann enn laksen som inngikk i undersøkelsene i 1996 og 1997.



Den nederste terskelen i minste-vannføringsløpet ved Laudal. Laks synes å reagere negativt på å komme opp i et minste-vannføringsløp med mye lavere vannføring enn i elva de opprinnelig vandret opp i.

Litteratur

Heggberget, T.G., Økland, F. og Ugedal, O. 1996. Prespa-wning migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a North Norwegian river. - Aquacult. Res. 27: 313-322.

Thorstad, E.B. og Heggberget, T.G. 1997. Oppvandring hos radiomerket laks og sjøørret i Mandalsvassdraget i forhold til minste-vannføring, terskler og kalking. - NINA Oppdragsmelding 470: 1-41.

Thorstad, E.B. og Hårsaker, K. 1998. Vandring hos radio-merket laks i Mandalselva i forhold til minste-vannføring, lokkeflommer, terskler og kalking - videreføring av tid-ligere undersøkelser. - NINA Oppdragsmelding 541: 1-31.

Thorstad, E.B., Heggberget, T.G. og Økland, F. 1998a. Migratory behaviour of adult wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., before, during and after spawning in a Norwegian river. - Aquacult. Res. 29: 419-428.

Thorstad, E.B., Økland, F. og Kroglund, F. 1998b. Vandring hos laks og sjøørret ved Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder - telemetriundersøkelser 1997. - NINA Oppdrags-melding 545: 1-25.

Thorstad, E.B., Økland, F., Berger, H.M. og Kroglund, F. 2000. Vandring hos laks ved Rygene kraftverk - telemetri-undersøkelser 1999. - NINA Oppdragsmelding 654: 1-30.

Økland, F., Heggberget, T.G. og Jonsson, B. 1995. Migra-tory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) during spawning. - J. Fish Biol. 46: 1-7.

8.2 Telling av laks i Mandalselva med Logie fisketeller med undervanns videoovervåking som kontroll

Nils Arne Hvidsten¹ og Anders Lamberg²

¹NINA-Trondheim, ²Lamberg Bio Marin Service

Sammendrag

Tellingene i 2000 og 2001 ble gjennomført i fisketrappa på dam Mannflåvann etter at den ble bygd om. Ved å kombinere Logieteller og video ble det mulig å telle antall oppvandrende laks i trappa, og det ble registrert 133 og 56 laks i henholdsvis 2000 og 2001. Lokkeflommer i juli, som var den viktigste måneden for lakseoppvandring, syntes å ha positiv effekt på oppgangen av laks. Virkningen av lokkeflommene var trolig avhengig av at det var liten driftvannsføring i Laudal kraftverk. Flest fisk gikk om morgenen mellom kl 2 og 6. Registrering av fettfinneklipt laks viste at om lag halvparten av laksen kommer fra naturlig gyting i Mandalselva.

Innledning

Etter initiativ fra Flerbruksplanen for Mandalsvassdraget ble det høsten 1998 igangsatt forsøk med telling av laks som passerer dam Mannflåvann (**figur 8.1**). Laksetrappa som tidligere stod ubenyttet, ble våren 2000 ombyggt slik at laksen kunne gå opp og et tellesystem kunne monteres. Målet med dette prosjektet er å analysere fiskeoppgangen totalt og se på sammenhengen mellom oppvandring og vannføring i minstevannsføringsløpet.



Figur 8.1. Dam Mannflåvann med fisketrappa til venstre i bildet og klappluke for regulering av vannføring til høyre.

Metoder

Fisketelleren som ble benyttet, er en standard type (Logie2000C). Fisketelleren er utviklet i Skotland siden 1950-årene og gir presise telleresultater på egnete lokaliteter (Dunkley og Shelton 1991, Fewings 1993 og Johnstone m.fl. 1997). Telleren registrerer endringer i elektrisk motstand i et vannvolum rundt tre elektroder. En fisk som passerer elektrodene, reduserer den elektriske motstanden over to og to elektroder (**figur 8.2**). Det er en matematisk modell/algoritme som bestemmer om endringen i motstanden skal registreres som fisk eller ikke.



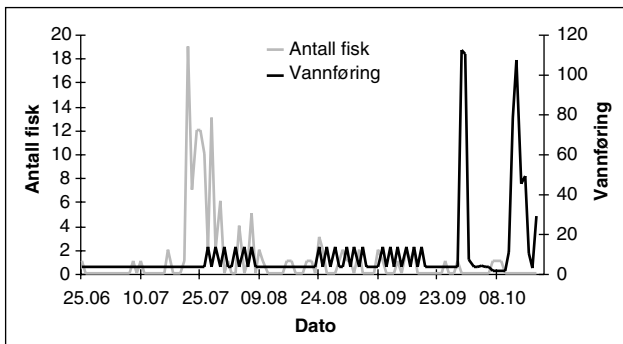
Figur 8.2. De tre elektrodene som registrerer endringer i vannets ledningsevne ble montert i fisketrappa. Sterk vannstrøm over elektrodene sikrer rask fiskevandring.

Logietelleren ble installert sammen med et svart-hvitt undervannskamera. Videoopptakene foregikk i "time lapse" modus der det ble tatt 2,5 bilder per sekund. Videoopptakeren ble i tillegg utløst av Logietelleren slik at den gikk i vanlig opptakshastighet med 50 bilder per sekund når det ble registrert fisk eller signaler som lignet fisk. På denne måten får en et mer detaljrikt opptak når fisken vandrer.

Det ble sluppet lokkeflommer i minstevannsføringsløpet 18 ganger perioden 27.07 til 19.09. 2000. Under lokkeflommer ble det sluppet vann slik at vannføringen økte med 10-12,5 m³/sek over minstevannføringen (3 m³/sek) fra kl 20 til kl 8. I 2001 ble lokkeflommene sluppet i perioder på 3 dager fra 04.07 til 06.08.

Resultater

I 2000 og 2001 ble det registrert henholdsvis 133 og 56 laks som passerte laksetrappa i dam Mannflåvann. I tillegg ble det observert laks utenom laksetrappa. Flest laks ble begge åra registrert i juli måned (**figur 8.3 og 8.4.**)



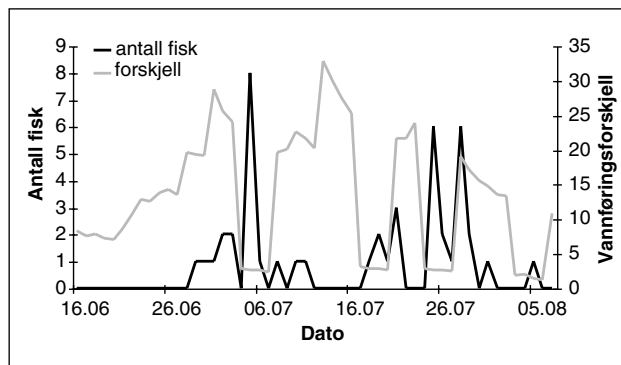
Figur 8.3. Fiskeoppgang over dam Mannflåvann i 2000. Lokkeflommer ble sluppet fra 27.07 til 19.09. Tellingene med Logie fiske-teller, vannføring angir minstevann nedenfor dam Mannflåvann i m³/sek.

All utsatt fisk fra klekkeriet blir fettfinneklipt. Laks som ble videofilmet med tilstrekkelig billedkvalitet ble kontrollert for fettfinneklipping. Villfisken (med fettfinne intakt) utgjorde henholdsvis 55 og 59 % i 2000 og 2001.

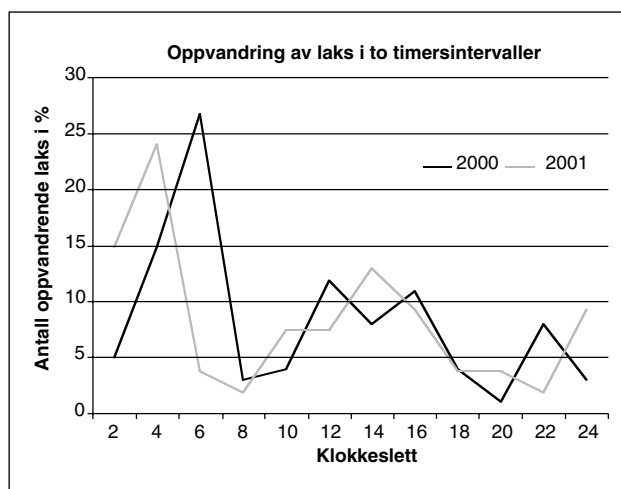
Oppvandring og vannføring

Det var ingen klar sammenheng mellom vannføringen i minstevannføringsløpet og fiskeoppgang verken i 2000 eller i 2001. Forskjell i vannføring mellom minstevannføringsløpet og vannføringen ut av kraftverket (beregnet ved å trekke vannføring i minstevannføringsløpet fra vannføring i hovedløpet) ser ut til å påvirke oppgang av fisk i minstevannføringsløpet (**figur 8.4**). Når forskjellen blir liten (nedgang i "forskjellskurven") var det en respons et døgn senere på fiskeoppgang over dam Mannflåvann.

Oppvandringen av laks i trappa var fordelt over store deler av døgnet (**figur 8.5**). Det var flest fisk som gikk opp tidlig om morgenen før det blir lyst, med en dominans i perioden mellom kl 2-6. Laksen starter å gå før det blir lyst nok til at en kan se den på video, og oppvandringen fortsetter etter at det er mørkt om kvelden. Det var flere som vandret i skumringen om morgenen enn i skumringen om kvelden. Det var også en betydelig oppvandring midt på dagen.



Figur 8.4. Forskjell i vannføring mellom minstevannføringsløpet og vannføringen i kraftverket i forhold til fiskeoppgang over dam Mannflåvann i 2001. Forskjell i vannføring er beregnet fra følgende formel: (total vannføring - vannføring i minstevannføringsløpet) vannføring i minstevannføringsløpet).



Figur 8.5. Oppvandring av laks i totimersintervaller i perioden 22.-31.7. i 2000 og 13.6 - 3.9. 2001 på dam Mannflåvann (angitt som sommertid).

Diskusjon

Registreringer av fisk ved tellelokaliteten i dam Mannflåvann som ble benyttet i 2000 og 2001, gir et minimums estimat av det totale antall fisk som vandrer opp. Dette skyldes at fisken i større grad vandrer utenom fisketrappa når vannføringen over dammen er høy. Derimot er det sannsynlig at oppvandringsdata fra tellesystemet reflekterer effekter av vannføring da det vil vandre relativt flere fisk også gjennom trappa ved gunstige forhold. Likeledes er det rimelig å anta at andelen fettfinneklipt fisk ikke er forskjellig blant fisk som passerer i trappa og utenfor.

Lokkeflommer kan virke positivt på lakseoppgangen. Det er trolig to faktorer som er viktige for om fisk skal finne og deretter vandre opp minstevannføringsløpet ved Laudal som respons på lokkeflommer. Den første er forskjell i vannføring mellom kraftverksutløpet og minste-

vannsføringsløpet. Forskjellen i vannføring mellom de to utløpene ser ut til å påvirke oppgangen til dam Mannflåvann. Særlig er dette tydelig i 2001 der en relativt større mengde vann i minstevannsføringsløpet (som resultat av lokkeflommer) etterfølges av økt oppvandring over dam Mannflåvann ett døgn senere. Den andre er mengden fisk som er tilgjengelige ved munningen av minstevannsføringsløpet på det tidspunktet lokkeflommen slippes. Tilgjengelig mengde fisk styres av vannføringen i hovedelva. Det er derfor mulig at vannføringen i fosser og vandringshindre i Mandalselva nedenfor Laudal påvirker oppgangen i minstevannsføringsløpet. Det ser ikke ut til at vannføringen i hovedelva direkte påvirker oppvandringen i minstevannsføringsløpet. Det var imidlertid høy vannføring i hovedløpet noen dager før toppene i oppvandring over dam Mannflåvann både i 2000 og 2001.

Vi vet ikke hvor lang tid fisk bruker på å vandre opp minstevannsføringsløpet, men radiomerking av laks i Mandalselva har vist at laks brukte ca 41 dager (variasjonsbredde 14 dager til 69 dager) fra Laudal og opp til Mannflåvann (Thorstad og Heggberget 1997). I forsøksperioden var det benyttet lokkeflommer (Thorstad og Heggberget 1997). Den langsomme oppvandringen i dette forsøket kan skyldes at fisken i større grad kan ha vært fra nedre deler av elva. Lakspopulasjonen har imidlertid økt de siste åra etter at forsøket med radiomerket fisk ble gjennomført.

Fra andre studier er det vist at laks passerer vandringshindre når det er tilstrekkelig lys (Lamberg m.fl. 2001). Fra tellesteder som er lokalisert fra Suldalslågen i sør til Målselv i nord, er det vist at laks ikke vandrer når det er mørkt. I Mandalselva vandret imidlertid laks i perioden kl 2 til 6 forbi dam Mannflåvann.

Litteratur

Dunkley, D.A. og Shelton, R.G.J. 1991. Recent developments in automatic counters for salmon rivers. - ICES C:M 1991/M:22. (12 s.)

Fewings, G.A. 1993. Automatic salmon counting Technologies- contemporary review. - The Atlantic Salmon Trust. Moulin, Pitlocry, Perthshire PH16 5JQ.

Johnstone, A.D.F., Smith, I.P. og Dunkley, D.A. 1997. A portable electric array for a resistivity fish counter. - S. 1-120 i: Holden, A.V. og Struthers, G. (red.). Proceedings of a one-day seminar held at A K Bell Librery, Perth 4 April 1997. The Atlantic Salmon Trust, Moulin, Perthshire PH16 5JQ.

Lamberg, A., Fiske, P. og Hvidsten, N.A. 2001. Forsøk med videoregistrering av anadrom fisk i elv. - NINA Oppdragsmelding 715: 1-26.

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

8.3 Mandalselva – effekter av Laudal kraftverk på overlevelse av utsatt smolt

Lars Petter Hansen¹ og Bjørn Ove Johnsen²

¹NINA-Oslo, ²NINA-Trondheim

Sammendrag

Denne rapporten sammenfatter foreløpige resultater fra utsettinger av merket smolt av laks i Mandalselva fra 1997 til 2000. Smolt som ble satt ut i elva i 1997 (før kalking tok til) overlevde ikke fram til voksen fisk, men fra kontrollgruppen som ble satt i brakkevann i munningen av elva ble 1.5 % rapportert gjenfanget. Basert på gjenfangster av smålaks (laks som har vært en vinter i havet) av smolten som ble satt ut i 2000, er det klare indikasjoner på at det er et tap av smolt fra de som ble satt direkte ut i kraftverkstunnelen, mens det ikke var noen vesentlig forskjell i overlevelse på de som ble satt ut midt i minstevannføringsløpet og nedenfor utløpet av kraftverket. Feilvandringen av den voksne laksen var betydelig og varierte fra 19 til 71 %. Feilvandrerne ble hovedsakelig tatt i Otra, men det ble også rapportert gjenfangster fra en rekke elver fra Oselva i Hordaland til Götaelva i Sverige.

Innledning

Gjenfangster av utsatt oppforet smolt har ofte blitt brukt til å avdekke eventuelle forskjeller i overlevelse mellom grupper utsatt på forskjellige steder i vassdraget. Det er et sentralt spørsmål om smolt som produseres i Mandalselva oppstrøms Mannflåvann blir drept når de passerer gjennom Laudal kraftverk. Dersom dette skjer i betydelig grad vil det være viktig å sette igang tiltak for å hindre at smolten går inn i kraftstasjonen. Fra liknende situasjoner i andre vassdrag vet vi at smolt lett blir sugd inn i inntaket på kraftverk, men vi vet også at en del smolt vil overleve selv om de passerer gjennom kraftverksturbinene. Svenske forsøk har vist at laksesmolt kan passere gjennom kraftverk med fallhøyde på 108 m uten å få skader av trykkforskjellene. Merkeforsøk i Umeelven i Sverige viste en dødelighet på mindre en 10 % på den smolten som passerte gjennom Stornorrfors kraftstasjon (fallhøyde 75 m) (Montén 1985).

I perioden 1984-89 ble det gjennomført utsettingsforsøk med smolt i Orkla i Sør-Trøndelag for å undersøke betydningen av Bjørset kraftverk som har inntak i lakseførende strekning av Orkla. En gruppe smolt ble satt ut oppstrøms kraftverket, en gruppe smolt ble satt ut direkte i kraftverkets inntak og en gruppe smolt ble satt ut nedstrøms kraftverket. På bakgrunn av resultatene ble det beregnet ca. 73 % dødelighet på den smolten som gikk gjennom turbinene. I tillegg ble det, for å måle hvor stor andel av nedvandrende smolt som gikk gjennom kraftverket, satt ut

oppdrettet Carlinmerket smolt ovenfor og nedenfor kraftverkets inntak. Med unntak av ett år ble det ikke funnet forskjell i gjenfangst mellom gruppene som ble satt ut oppstrøms og nedstrøms kraftverket. Det ene året (1986) da det ble funnet forskjell var det lav vannføring i Orkla under smoltutvandringen, og en stor del av smolten passerte sannsynligvis gjennom kraftverket dette året (Hvidsten m.fl. 1996, Hvidsten og Johnsen 1997).

Laudal kraftverk utnytter et fall på 36 m og er utstyrt med 2 Francisturbiner. Vannføringen i kraftverket kan variere mellom 15 og 110 m³/sek. I smoltutvandringsperioden om våren hender det at det er overløp over minstevannføringsløpet, og en del smolt vil derfor kunne gå ut her. Men minstevannføringsløpet med sine mange terskler og gjennomgående lave vannføring vil også kunne bety en risiko for den utvandrende smolten, og vi trenger derfor også kunnskap om hvordan smolten overlever turen gjennom det gamle elveleiet. Etter all sannsynlighet vil smolt som passerer her også få redusert overlevelse i forhold til smolt som settes ut nedstrøms kraftverket.

I forbindelse med gjenoppbygging av laksebestanden i Mandalselva er det aktuelt å undersøke hva reguleringen og Laudal kraftverk betyr for overlevelse og tilbakevandring av laks.

I Audna, som har blitt fullkalket i mange år, ble det observert god overlevelse av laksen til kjønnsmodning. Men det viste seg at den i liten grad returnerte til Audna og ble gjenfanget i andre elver på Sørlandet, spesielt i Otra og Mandalselva (Hansen m.fl. 1997). Dette var tilfelle både med smolt fra Ims, satt direkte ut i elva og smolt akklimatisert til Audnavannet i 2 uker før utsetting. Det viste seg også at smolt produsert på fiskeanlegget på Konsmo av stamfisk fra Audna og naturlig produsert smolt i vassdraget også feilvandret i stor grad (Hansen m.fl. under arbeid). Spørsmålet blir da om smolt som vandrer ut fra den kalkede Mandalselva også i stor grad feilvandrer. I denne rapporten, som er foreløpig, har vi fokusert på overlevelse og vandringsmønster av laksen utsatt som smolt på forskjellige steder i Mandalselva.

Utsettingsmateriale

Mandalselva har blitt fullkalket fra juni 1997. For å undersøke overlevelsen av laks før kalking startet, ble det satt ut grupper av individuelt Carlinmerket smolt den 5 mai 1997 på to lokaliteter: ved Stoveland i den sure delen av elva og i brakkevann ved utløpet av elva i sjøen. Denne smolten var av Imsa stamme og produsert på Imsa anlegget, transportert til Mandalselva i oksygenerte tanker på lastebil og satt direkte ut. Smolt som ble satt ut i senere år var alle produsert på anlegget i Marnardal, transportert i oksygenerte

tanker og satt direkte ut på forskjellige steder i elva. I 1998 ble det satt ut kun en gruppe ved anlegget i Marnardal. I 1999 ble det satt ut en gruppe direkte i tunnelen til Laudal kraftverk samt en gruppe nedenfor utløpet av kraftverket. I 2000 ble det igjen satt ut smolt i tunnelen, samt på Mjåland som er nedenfor kraftverket og midt i minstevannføringsløpet på Kleveland. En oversikt over utsatt smolt i disse årene er vist i **tabell 8.1**. Den utsatte smolten var i hovedsak ett-årig, men det ble satt ut to-årig smolt både ved Mjåland og Kleveland i 2000. Det ble også satt ut smolt i 2001 og 2002, men disse forsøkene er det for tidlig å rapportere fra.

Gjenfangster ble rapportert fra fiskere, som også ble bedt om å oppgi sted og tid for fangsten samt størrelse av laksen. Det ble også oppgitt gjenfangster av merket laks under stamfisket i Mandalselva om høsten.

Resultater

Av utsttingene i mai 1997, før kalking tok til, ble det ikke rapportert gjenfangster av gruppen som ble satt ut ved Stoveland, mens av det fra gruppen satt ut i brakkvann i

munningen av Mandalselva ble rapportert 29 gjenfangster (1,5 % av antall utsatt) som kjønnsmoden laks (**tabell 8.2**). Trolig har derfor fisken som ble satt ut i den dårlige vannkvaliteten ikke overlevd. I 1998, da smolten ble satt ut ved fiskeanlegget i Marnardal, ble det gjenfanget 26 laks (1,3 % av antall utsatt). Utsettingene i 1999 ga svært dårlig overlevelse, kun en merket laks ble gjenfanget, og den var satt ut nedenfor Laudal kraftverk. Av smolten som ble satt direkte i kraftverkstunnelen ble det ikke rapportert gjenfangster som kjønnsmoden, men den 26. august 1999 ble det funnet 31 merker i magen på en aure fanget ved Laudal fra denne gruppen. Aureen ble oppgitt til å veie 920 gram. Det kan derfor ha vært betydelig predasjon på disse. Av smolten satt ut i 2000 er det foreløpig kun tatt hensyn til gjenfangster etter et år i havet, og derfor er det viktig å presisere at resultatene er foreløpige.

Ett-årig smolt ble satt ut i minstevannføringsløpet ved Kleveland og direkte i kraftverkstunnelen, Av disse er det hittil rapportert 1,8 % gjenfangst av gruppen satt ut ved Kleveland og 0,4 % gjenfangst av de som ble satt ut i tunnelen. Dette kan tyde på at kraftverket har en negativ

Tabell 8.1. Smoltgrupper merket og utsatt i Mandalselva siden 1997.

År	Utsettingssted	Stamme	Alder	Antall utsatt
5 mai 1997	Stoveland	Imsa	1+	1.993
5 mai 1997	Munningen	Imsa	1+	1.989
12 mai 1998	Anlegget	Mandal	1+	1.995
19 mai 1999	Nedenf. Laudal kraftverk	Mandal	1+	2.978
19 mai 1999	Kraftverk tunnelen	Mandal	1+	1.095
12 mai 2000	Mjåland	Mandal	2+	2.893
11 mai 2000	Kraftverk tunnelen	Mandal	1+	2.957
11 mai 2000	Kleveland	Mandal	1+	2.162
11 mai 2000	Kleveland	Mandal	2+	831

Tabell 8.2. Fordeling av gjenfangster av voksen laks på elv og sjø, feilvandring (% laks fanget i andre elver enn utsettingselven/ totalt antall gjenfangster i ferskvann) og total gjenfangst i prosent av antall utsatte smolt i Mandalselva.

Utsett-ingsår	Sted	Antall utsatt	Gjenfanget i utsatt elv	Gjenfanget i andre elver	Gjenfanget i sjø	% feilvandring	% gjenfangst
1997	Stoveland	1.993	0	0	0	-	0
1997	Munningen	1.989	6	15	8	71	1,5
1998	Finså Klekkeri	1.995	17	4	5	19	1,3
1999	Nedenfor Laudal kraftverk	2.978	1	0	0	-	0,0
1999	Kraftverk tunnelen	1.095	0	0	0	-	0
2000	Mjåland	2.893	57	24	15	30	3,3
2000	Kraftverk tunnelen	2.957	4	3	6	43	0,4
2000	Kleveland (1+)	2.162	15	15	8	50	1,8
2000	Kleveland (2+)	831	14	6	3	30	2,8

effekt på overlevelsen. Overlevelsen av den to-årige smolten som ble satt ut i nedenfor kraftverket (3,3 % gjenfangst) var omtrent den samme som for tilsvarende gruppe satt ut i minstevannføringsløpet (2,8 % gjenfangst). Utsettingene av ett- og to-årig smolt satt ut i minstevannføringsløpet har hittil gitt gjenfangster på 1,8 % og 2,8 %.

Fra utsettingene i Mandalselva var det betydelig feilvandring, og blant gruppene utsatt varierte feilvandringen fra 19 til 71 % (**tabell 8.2**). Den største feilvandringen er rapportert fra gruppen som ble satt ut i munningen av elva i 1997 (71 %), og den laveste fra den gruppen som ble satt ut fra fiskeanlegget i 1998. Det er også verdt å merke seg at feilvandringen av gruppene satt ut i 2000 foreløpig er registrert til 30-50 %. Av samtlige gjenfangster i ferskvann i forsøksperioden er 63,2 % rapportert fra Mandalselva (**tabell 8.3**). De fleste feilvandrerne har blitt rapportert fra Otra (18,1 %), men det er også fanget merket laks fra forsøkene i elver på strekningen fra Numedalslågen til Oselva, og det er også rapportert en gjenfangst fra Götaelven i Sverige (**tabell 8.3**).

Diskusjon

Utsettingene av merket laksesmolt i Mandalselva har så langt gitt varierende resultater. Fra utsettingen i 1997 var det påfallende at smolten som ble satt ut i den ukalkede elva ikke overlevde. Imidlertid overlevde en del av den fisken som ble satt ut i brakkvannsonen i munningen, hvilket tyder på at vannkvaliteten her var akseptabel. Det er tidligere observert at smolt utsatt i Mandalselva ved Marnardal i 1969 ikke overlevde, mens merket smolt satt ut i mun-

ningen i 1968 overlevde svært godt (Hansen 1982). Liknende resultater ble observert fra utsettinger i Lygna i siste halvdel av 1980 tallet (Hansen m.fl. 1997).

Smolten som ble utsatt i Mandalselva i 1999 overlevde i svært liten grad. Det er uklart hva årsakene til dette kan være, men det ble funnet mange merker i en auremage tre måneder etter utsettingen, og det kan i hvert fall tyde på et vesentlig predasjonstrykk.

Foreløpig tyder resultatene på at det er et tap av smolt i kraftverket, mens det ikke er noen særlig negativ effekt på gruppen utsatt i minstevannføringsløpet. Men materialet er så lite at det ikke kan dras noen sikker konklusjon om dette. Imidlertid er det mange faktorer som påvirker overlevelsen av utsatt smolt. Dette kan være faktorer i forbindelse med smoltkvalitet, utsettingsmetodikk og det marine miljøet. Imidlertid er gruppene av utsatt smolt forsøkt gjort så like som mulig.

Feilvandringen var betydelig, og varierte mellom 19 og 71 %. Av totalmaterialet som ble satt ut var 37 % av den laksen som ble gjenfanget i ferskvann tatt i andre elver enn Mandalselva. Dette er mye høyere enn det som ansees å være innenfor "normale" verdier. Av gruppen som ble satt ut i munningen av Mandalselva i 1968 ble det rapportert 6 gjenfangster i Mandalselva og 5 i andre elver (Hansen 1982). Fra forsøkene i Audna ble det observert betydelig feilvandring av utsatt smolt. Fra utsettingene utført i 1986-1992 ble kun 11 % av ferskvannsgjenfangstene rapportert fra Audna, men 31 % var fra Otra og nær 24 % fra

Tabell 8.3. Gjenfangster i vassdrag av voksen laks merket og utsatt som oppforet smolt i Mandalselva.

Elv	Utsatt 1997	Utsatt 1998	Utsatt 1999	Utsatt 2000	Totalt antall	Fordeling %
Mandalselva	6	17	2	90	115	63,2
Otra	9	2		22	33	18,1
Lygna				8	8	4,4
Nidelva	1			4	5	2,7
Audna	1	1		2	4	2,2
Numedalslågen		1		3	4	2,2
Tengselv	1			2	3	1,6
Tovdalselva				2	2	1,1
Kvina				2	2	1,1
Figgjo	1				1	0,5
Storelva (Holt)				1	1	0,5
Soknedalselva				1	1	0,5
Åna Sira				1	1	0,5
Oselva	1				1	0,5
Götaelv Sverige	1				1	0,5
Totalt	21	21	2	138	182	

Mandalselva (Hansen m.fl. 1997). Senere undersøkelser fra dette vassdraget viser en betydelig feilvandring også av "vill" smolt som er naturlig reproduisert i vassdraget (Hansen m.fl. under arbeid). Imidlertid vandrer laksen tilbake til Sørlandet og går opp i de største elvene. Den direkte årsaken til feilvandringen er ukjent, men det har blitt spekulert på om dette kan være en effekt av aluminiumsproblematikken.

Litteratur

Hansen, L.P. 1982. Gjenfangster av merket laksesmolt, *Salmo salar* L., utsatt i to sure elver på Sørlandet. - Fauna (Oslo) 35: 145-149.

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

Hvidsten, N.A. og Johnsen, B.O. 1997. Screening of descending Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts from a hydro-power intake in the River Orkla, Norway. - Nordic J. Freshwat. Res. 73: 44-49.

Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Johnsen, B.O. og Jensås, J.G. 1996. Bestand og rekruttering av laks i Orkla. - NINA Oppdragsmelding 389: 1-27.

Montén, E. 1985. Fisk och turbiner. - Vattenfall, Stockholm: 1-114.

8.4 Gyteområder for laks og aure i Mandalselva og vurderinger i forhold til tørrlegging og innfrysing av krypsiv

Roar A. Lund¹ og Anders Lamberg²

¹NINA-Trondheim, ²Lamberg Bio Marin Service

Sammendrag

En 10 km lang strekningen nedenfor Laudal kraftstasjon ble undersøkt for beliggenhet av gyteområder for laks og aure i løpet av dagene 16.-18. januar 2002. Det ble funnet ti avgrensede gytefelt og antallet gytegroper innenfor feltene varierte fra 6 til ca 35. Totalt ble det registrert et minimum på 175-180 gytegroper. Ved de rådende vannføringer under observasjonene (58-79 m³/sek), var gropene beliggende på vanddyp fra 30 til 100 cm. Avstanden mellom gytefeltene varierte med ett unntak mellom 150-2300 m, med et gjennomsnitt på 600 m. Gytegroperenes kontur var bevart etter høye vannføringer (opptil 235 m³/sek) over lengre tid. Krypsiv vokser primært på vanddyp som er overlappende med de vanddyp hvor en finner gytegroper hos laks og aure, og problemvekst av krypsiv lar seg derfor vanskelig tørrlegge for innfrysing uten at mange gytegroper også blir tørrlagt.

Innledning

Som i en rekke forsurrede vassdrag på Sørlandet er det i de senere år også i Mandalsvassdraget registrert en økende forekomst av den flerårige langskuddsplanten krypsiv (*Juncus supinus*) etter kalking (Lynebakken og Moe 2001). Store bestander dominert av såter kan endre livsbetingelsene for dyr, fisk og annen vannvegetasjon og føre til tap av biologisk mangfold.

Ut fra ønsket om å bekjempe utbredelsen av krypsiv er det vurdert å forsøke å desimere bestanden ved tørrlegging på vinterdager med sterk kulde. Ved et slikt forsøk vil det m.a. være av betydning å kjenne beliggenheten av gytegroperne for laksefisk for å skåne disse best mulig ved en vannstandsreduksjon. I lys av denne problemstillingen ble det utført en registrering av beliggenheten av gytegroper i den antatt viktigste delen av Mandalsvassdraget hva angår laks- og aurebestandens gyteområder.

Metoder

En 10 km lang strekningen nedenfor Laudal kraftstasjon ble undersøkt i løpet av dagene 16.-18. januar 2002. To personer iført dykkerdrakt, maske og snorkel søkte å dekke mest mulig av elveløpet. I grunnere områder der gåing i elveløpet var mulig, ble elva befart ved en kryssende vandring mellom elvebreddene og der avstanden mellom observatørene var ca 10-15 m ved en parallell

vandring. Med denne avstanden mellom observatørene var det rimelig god mulighet til å dekke arealene ved en rasjonell forflytning nedstrøms.

Innenfor et gytefelt med mange gytegroper kan det være vanskelig å anslå antallet groper fordi gropene kan gå over i hverandre og slik ha diffuse avgrensninger. Av ressursmessige hensyn ble det ikke brukt tid på å gjøre en eksakt avgrensning og fintelling av gropene. Antallet gytegroper som er angitt innenfor et gytefelt, er derfor en grov vurdering for feltene med et stort antall groper.

Det ble ikke gjort forsøk på skille mellom groper av laks og aure. Dette er svært vanskelig selv om det er en tendens til at sjøaurens gytegroper er noe mindre i størrelse i elver der aure er mindre i størrelse enn laks (Heggberget m.fl. 1988).

Resultater og diskusjon

I den befarte elvestrekningen ble det funnet ti avgrensede gytefelter (**figur 8.6**). I tillegg ble det observert én gytegrop utenfor nærhet til andre groper. Alle observasjonene ble gjort innenfor de øvre ca 6 km av den befarte elvestrekningen. Antallet gytegroper innenfor gytefeltene varierte fra 6 til ca 35. Totalt ble det registrert et minimum på 175-180 gytegroper. Ved de rådende vannføringer under observasjonene (58-79 m³/sek), var gropene beliggende på vandyp fra 30 til 100 cm. Avstanden mellom gytefeltene varierte med ett unntak mellom 150-2300 m, med et gjennomsnitt på 600 m. Til sammenligning ble det på en 9 km lang strekning i Vosso funnet 16 ulike gyteområder, med en gjennomsnittlig avstand på 500-600 m (Sægrov m.fl. 1994). I Suldalslågen ble det funnet ca ett gyteområde pr. km elvestrekning og tatt i betraktning potensielle gyteområder med velegnet gytesubstrat, ble det konkludert med at tilgangen på gyteområder ikke begrenset ung-fiskproduksjonen i elva (Sægrov m.fl. 1997).

Den ca 3,5 km lange strekningen fra Storeøy til samløpet med Høyåna nedenfor Øyslebø ble befart på svært høy vannføring (105 m³/sek) som følge av større slusing av vann gjennom kraftverkene. Det ble ikke funnet gytegroper på denne strekningen som i store deler var så dyp at det ikke var mulig å se elvebunnen. Gyteområder på denne strekningen kan derfor være oversett på grunn av vanskelige observasjonsforhold.

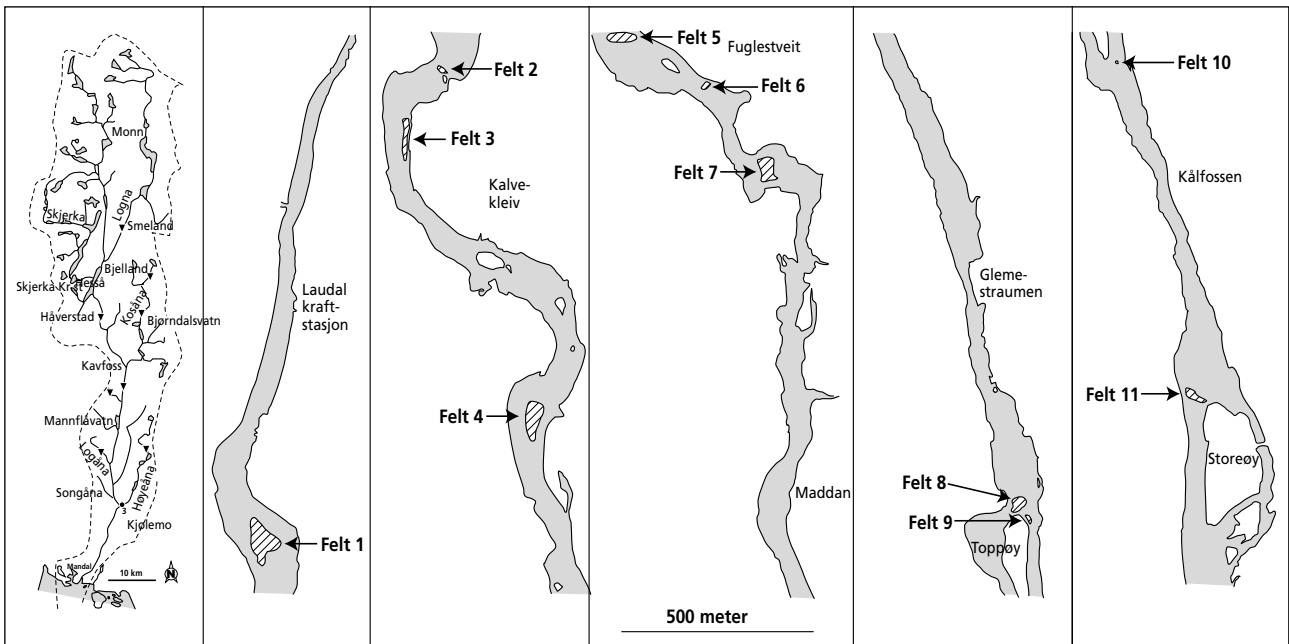
Mandalselva er betydelig humuspåvirket og sikten er derfor i forhold til klarvannselver relativt begrenset (ca 3-3,5 m under overskyet vær). Da laks og aure i Mandalselva som i andre elver her til lands gyter i grunne strykpartier eller på brekket ved utløpet av høler, var oppdagbarheten av gytegroper likevel relativt god gjennom dykkemaske

under moderate vannføringer. Nedstrøms snorkelsvømming muliggjør samtidig en rasjonell registrering av gytegroper ved raske forflytninger ved hjelp av elvestrømmen. En god kartlegging av gyteområder krever imidlertid at grunnere områder der det kan forventes å ligge gytegroper, blir inspisert ved en kryssende gåing i elveløpet. Under vårt arbeid ble mange gytegroper funnet der elva var grunn nok og trykket fra elvestrømmen lav nok til å tillate kontroll under gåing i elvetverrsnittet. Gyteområdene i Mandalselva ligger ofte i så brede partier av elva at de kan være vanskelig å oppdage fra land, med mindre vannførings- og lysforholdene er svært gode.

Vannføringen i løpet av de tre dagene observasjonene ble gjort, varierte fra middels til høy (58-105 m³ målt ved Laudal kraftstasjon). Ett av gytefeltene (felt 11) beliggende i et strykparti, ble kontrollert på ulike vannføringer i to påfølgende dager. På de ulike vannføringene (79 og 105 m³/sek) var gropenes vanddybde henholdsvis ca 40-50 cm og ca 60-70 cm. Ved den høyeste vannføringen var det ikke mulig å se gropene gjennom vannflata. For øvrig erfarte vi også at flere groper med vanddybder på 30-50 cm på gytefelt 3 også var marginalt oppdagbar ved en vannføring på 58 m³/sek. Vi kan slik konkludere med at en ideell vannføring for en god oppdagbarhet av gropene er lavere enn den laveste under vårt arbeid. Følgelig kan det ikke utelukkes at gytefelter kan være oversett under vår kartlegging. Til sammenligning ble det med samme metodikk som i denne undersøkelsen hvert år over en fire-årsperiode oppdaget nye gyteområder i Vosso (Sægrov m.fl. 1994). Dette ble til dels tilskrevet ulikheter i vannføringen under gytingen i ulike år og at laksen endret noe på valget av gyteområder avhengig av vannføringen.

Vannføringen i Mandalselva var høy (opptil 235 m³/sek) i perioder mellom avsluttet gyting i november-desember i 2001 og vår registrering i januar 2002. Til tross for slike vannføringer var konturene av gytegroper godt bevart. Vi kunne også på flere plasser registrere gytegroper anlagt i år tidligere enn 2001. Dette var groper med bevart kontur etter å ha blitt utsatt for vannføringer opptil 395 m³ i løpet av 2001. Dette tilsier at gytegroperregistreringer i Mandalselva sannsynligvis kan gjennomføres med god presisjon selv etter høye vannføringer og i lang tid etter gyting.

Det ble observert krypsiv langs hele den inspiserte elvestrekningen. Forekomsten må imidlertid karakteriseres som relativt begrenset. Vekstformen var i hovedsak mindre rosetter som vokser med god avstand. Krypsivet vokser imidlertid hovedsakelig på vandyp som er svært overlappende med de vandyp en finner gytegroper hos laks og aure (30-100 cm). Forekomstene kunne ses i strykområder såvel som i stillere partier av elva. Mengden på den



Figur 8.6. Kart over Mandalselva og beliggenhet av gyteområder (felt 1-11) på strekningen fra Laudal Kraftstasjon til Storeøy ovenfor Øyslebø registrert i januar 2001.

inspiserte strekningen er så langt ikke av et slikt omfang at den synes å skape en dårligere kvalitet på gyte- eller oppvekstområder for ungfisk hos laks og aure.

Forsøk med tørrlegging og innfrysing av krypsiv på kalde vinterdager har vist at en betydelig del av krypsivbestanden kan dø og la seg fjerne (Rørslett 1991). Da det vil være vanskelig å tørrlegge krypsivforekomster uten å tørrlegge gytegroper, må en økt dødelighet av fiskeegg og yngel som følge av tørrlegging og kuldepåvirkning holdes for mulig.

Gytegroper lar seg imidlertid tørrlegge uten at eggene nødvendigvis blir ødelagt fordi det fortsatt kan være tilstrekkelig vann nede i grusen der eggene ligger eller at fuktigheten rundt tørrlagte egg er høy nok til å bevare eggene. I undersøkelser av stillehavslaks (kongelaks) er det påvist liten dødelighet på relativt nylagte egg så vel som på øyerognstadier selv etter 12 dager sammenhengende tørrlegging. Plommesekkyngel og yngel klar for oppvandring fra gytegrusen, var imidlertid langt mer følsom og tålte bare få timer tørrlegging før dødeligheten var stor (Becker m.fl. 1982 og 1983, Neitzel og Becker 1985). Eksperimentelle studier har også vist at egg hos regnbueaure og kongelaks kan utvikle seg normalt etter å ha vært tørrlagt hvis de på den annen side er holdt i vedvarende fuktige omgivelser (Reiser og White 1981, 1983). Slike egg kan klekke senere enn egg som er vedvarende neddykket i vann uten at klekkesuksessen trenger å være dårligere. De samme studiene viste også at veksten hos yngel

klekket fra tørrlagte egg av disse artene ikke trenger å bli hemmet. Dersom gytegroper tørrlegges på kalde dager, kan imidlertid kulde komme som en tilleggspåvirkning og skape en ugunstigere situasjon enn det varmegradsbetingede miljøet som var utgangspunktet i de eksperimenter som er referert ovenfor.

Disse eksperimentene er utført på andre laksefiskarter enn de i våre vassdrag, og resultatene trenger ikke ha en umiddelbar overføringsverdi til våre laksefisker. For å vinne erfaringer med påvirkninger på egg og yngel hos laks og aure i Mandalselva, kan det være tjenlig i første omgang å utføre forsøk i områder av vassdraget der krypsivforekomsten betraktes som problemvekst og der forekomsten av laks og aure er mer begrenset. Slike innfrysingsforsøk kan til eksempel utføres oppe i vassdraget der krypsivforekomsten er betydelig. Vannføringen i de mer lakserike områdene i nedre deler kan under et slikt eksperiment sikres ved å sluse mer vann gjennom kraftverk nedenfor et slikt forsøksområde. Erfaringer fra tiltak i Mandalsvassdraget vil ha stor overførbarhet til andre vassdrag med store krypsivforekomster i Sør-Norge.

Litteratur

Becker, C.D., Neitzel, D.A. og Fickeisen, D.H. 1982. Effects of dewatering on chinook salmon redds: Tolerance of four developmental phases to daily dewaterings. - Trans. Am. Fish. Soc. 11: 624-637.

Becker, C.D., Neitzel, D.A. og Abernethy, C.S. 1983. Effects of dewatering on chinook salmon redds: Tolerance of four developmental phases to one-time dewatering. - North Am. J. Fish. Manage. 3: 373-382.

Heggberget, T.G., Haukebø, T., Mork, J. og Ståhl, G. 1988. Temporal and spatial segregation og spawning in sympatric populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, L., and brown trout, *Salmo trutta* L. - J. Fish Biol. 33: 347-356.

Lynebakken, T. og Moe, E. 2001. Krypsiv i Sørlands-vassdrag. Rapport fra forprosjekt. - Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen, Rapport nr. 1-2001. (54 s.)

Neitzel, D.A. og Becker, C.D. 1985. Tolerance of eggs, embryos and alevins of chinook salmon to temperature changes and reduced humidity in dewatered redds. - Trans. Am. Fish. Soc. 114: 267-273.

Rørslett, B. 1991. Krypsiv i Otra nedstrøms Brokke: stor-skala innfrysingsforsøk i 1991. - NIVA Rapport 2660. (11 s.)

Reiser, D.W. og White, R.G. 1981. Incubation of steelhead trout and spring chinook salmon eggs in a moist environment. - Prog. Fish-Cult. 43: 131-134.

Reiser, D.W. og White, R.G. 1983. Effects of complete redd dewatering o salmonid egg-hatching success and development of juveniles. - Trans. Am. Fish. Soc. 112: 532-540.

Sægrov, H., Kålås, S., Lura, H. og Urdal, K. 1994. Vossolaksen. Livshistorie - bestandsutvikling - gyting - rekruttering - kultivering. - Zool. inst., Økol. avd., Univ. Bergen, mars 1994. (44 s.)

Sægrov, H., Hellen, B.A. og Kålås, S. 1997. Gytelaks og gyting i Suldalslågen i 1996/1997. - Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen. Fase II. Rapport nr. 32. (25 s.)

9 LOKAL ORGANISERING AV FISKET

9.1 Lokal organisering, flerbruksplan, driftsplan og fiskekortsalg i Mandalselva

Svein Haugland

Prosjektleder i Flerbruksplan for Mandalsvassdraget

Innledning

Vest-Agder Energiverk (VAE) tok i 1991 initiativet til «Flerbruksplan Mandalsvassdraget». Deltakerne i arbeidet er Fylkesmannen i Vest-Agder, kommuner, rettighetshavere, næringsorganisasjoner og brukere. Vest-Agder Energi- verk er nå slått sammen med Kristiansand Energiverk og Aust-Agder Energiverk til Agder Energi.

Bakgrunnen for arbeidet var todelt:

1. VAE hadde behov for bedre dialog med lokalmiljøet.
2. Det ble satt krav til VAE om å utarbeide en vassdragsplan i forbindelse med planer om vassdragsregulering i Åseral.

Hovedmålet for arbeidet med Flerbruksplan Mandalsvassdraget er (Anon 1994):

“Vassdraget skal være et viktig bidrag til miljø og næringsutviklingen i de kommuner som grenser til vassdraget. Flerbruksplanen legges til grunn og innarbeides i alle formelle planer og vedtak som er nødvendige for oppfølgingen”. Dette betyr at flerbruksplanen ikke er en juridisk forpliktende plan, og at suksessen er avhengig av at de enkelte aktører prioriterer arbeidet med å få gjennomført de tiltak som foreslås.

I første fase av arbeidet ble følgende temaer tatt opp:

- Fisk og forurensing
- Næring
- Kraftproduksjon
- Kultur og friluftsliv

For hvert av disse fire temaene ble det laget en fagrapport, som var grunnlaget for sluttrapporten. Denne var ferdig i 1994, og omhandlet blant annet en handlingsplan. Noen av tiltakene ble gjennomført umiddelbart, andre etter noen år. De viktigste punktene i denne sammenheng var:

- Økt minstevannføring på strekningen dam Mannflå til Laudal
- Videre organisering av rettighetshavere
- Kalking av vassdraget

I tillegg ble det bestemt å videreføre arbeidet og ansette en prosjektleder for å gjennomføre handlingsplanen.

Videreføring av arbeidet

Fra 1996 har arbeidet vært organisert med styringsgruppe, arbeidsutvalg og tre arbeidsgrupper (**figur 9.1**).



Figur 9.1. Organisasjonsplan for Flerbruksplan Mandalsvassdraget per 2003.

Den viktigste arbeidsoppgaven på midten av 90-tallet var utvilsomt å bidra til at vassdraget ble kalket. Flerbruksplanen har aldri bevilget penger direkte til kalking, men gjorde også et betydelig arbeid for å samordne innsatsen og søknadene inn mot bevilgende myndigheter. Gjennom arbeidet med flerbruksplanen hadde de ulike aktører en møteplass, der samarbeid kunne utvikles.

I arbeidet med å kartlegge og gjennomføre aktuelle tiltak, har det vist seg verdifullt både for regulant og andre interessenter langs vassdraget at det eksisterer en organisasjon som flerbruksplanen.

Viktige resultater fra arbeidet er:

- Minstevannføringen på strekningen Dam Mannflå til Laudal er økt fra 0,25 m³/sek til henholdsvis 3 m³/s om sommeren og 1,5 m³/sek om vinteren fra sommeren 1996. I tillegg er det avsatt 10 millioner m³ vann til lokkevannføring for fisken.
- Minstevannføringen ved terskel Sundet er endret fra 0 m³/s til 2,0 m³/sek om sommeren og 1,0 m³/sek om vinteren i de perioder hvor naturlig tilsig er mindre enn dette. Dette ble også endret fra sommeren 1996.
- Det er gjort endringer på terskler og fisketrapper i elva mellom Dam Mannflå og Laudal. Dette har bedret leveforholdene for fisk i denne elvestrekningen.
- Verdiskapningsprosjektet er etablert. Se eget kapittel.
- Det er etablert et nasjonalt prosjekt som skal arbeide med å finne årsak til den økende framveksten av krypsiv, og arbeide med å finne tiltak for å bekjempe veksten.

Mange av arbeidsoppgavene til flerbruksplanen har vært knyttet opp mot at vassdraget ble regulert på en tid da det ikke var laks i vassdraget som følge av forsurening. Ved utbyggingen av Laudal kraftverk var dette så avgjørende at det i konsesjonen ble satt vilkår som gir hjemmel til å pålegge regulanten økt minstevannføring og andre biotopforbedrende tiltak, hvis Mandalselva igjen skulle bli lakseførende.

Organisering av fisket

I arbeidet med flerbruksplanen ble det tidlig på 1990 tallet satt fokus på organiseringen av rettighetshaverne langs elva. Fram til arbeidet med et nytt elveeigarlag startet på 1990 tallet var den eksisterende rettighetshaverorganisasjonen, Mandalselvas Fiskeriforening, et uforpliktende interessefelleskap uten myndighet av ”juridisk, økonomisk eller annen art”. Videre var oppslutningen om laget lav. Foreningen så derfor behov for å etablere en organisasjon med god oppslutning blant rettighetshaverne og som var et reelt forvaltningsorgan for elva. Det var enighet om å forsøke å etablere et lag som hadde myndighet på vegne av medlemmene. Mandalselvas fiskeriforening vedtok på årsmøtet i 1993 å starte opp et eget prosjekt med mål om å revidere vedtektene i foreningen.

I løpet av våren 1994 ble Mandalselvas fiskeriforening lagt ned, og Mandalselvas Elveeigarlag ble etablert som et andelslag. Det nye laget fikk 90 % oppslutning, og er organisert med eget styre og fire delområder. Delområdene har myndighet til å fastsette bestemmelser om laksefiske som soneinndeling, korttyper og priser i eget område.

Driftsplan

Mandalselvas Elveeigarlag vedtok driftsplan i juni 1999 (Knutsen 1999). Planen gjelder for perioden 1999-2003. Driftsplanen er delt i to; en tiltaksdel og en statusdel. Tiltaksdelen er delt opp i biologiske tiltak, næringsutvikling og rekreasjon og økonomi.

Fiskekortsalg

I driftsplanen for elva skisseres tiltak som skal bidra til å gjøre elva mer tilgjengelig for sportsfiske. Eksempler på slike tiltak er årlig utgivelse av informasjonsfolder, skilting, opparbeiding av parkeringsplasser og markedsføring av elva.

Mandalselvas Elveeigarlag består som nevnt av 4 delområder. Grensene for delområdene er vist på **figur 9.2**.

Mandalselva opplevde en kraftig vekst i interessen for fiske i årene etter kalking. Dette utløste et behov for et verktøy som kunne bidra til økt fangstrapportering, forenkle arbeidet med fangstrapporteringen for laget, gjøre

salget så enkelt å administrere som mulig og gi mulighet for å drive målrettet markedsføring.

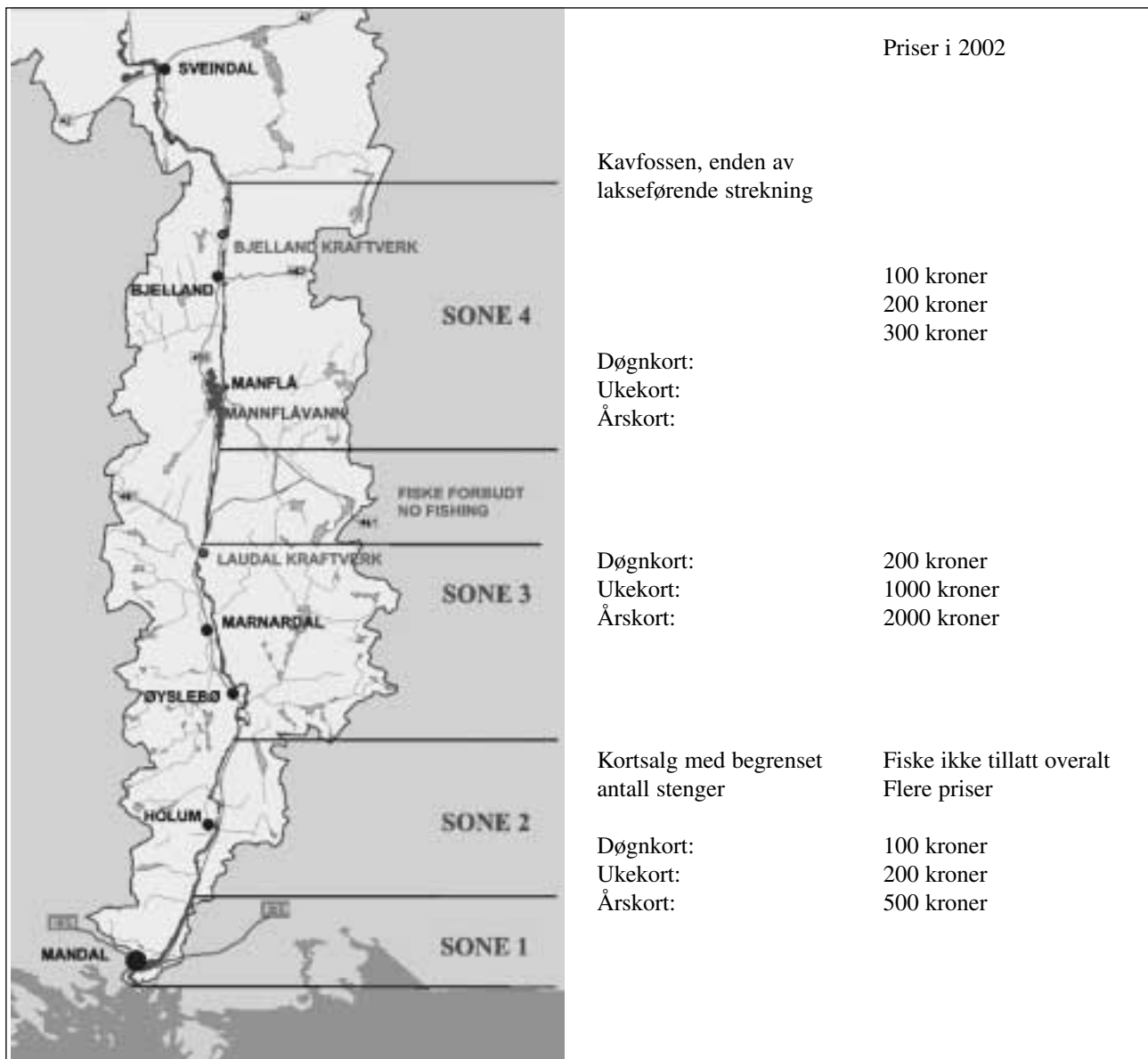
I samarbeid med Flerbruksplan Mandalsvassdraget har Mandalselva Elveeigarlag utviklet et EDB-verktøy som har fått navnet Fiskebasen. Ved hjelp av dette verktøyet kan kortselgere via Internett koble seg til samme database og slik ha oversikt over hvor det er ledige kort. Disse kortselgerne kan selge kort til alle områdene som har sluttet seg til opplegget.

Fangstrapportering

Mandalselvas elveeigarlag har lagt stor vekt på å lage et skikkelig opplegg for rapportering av fangsten i elva. I Mandalselva gjøres dette nå blant annet på Internett omtrent på samme måte som for salg. Kortselger kan legge inn fangsten samtidig som innbetalt depositum betales ut, eller fisker kan gjøre det selv. Dette forenkler arbeidet for laget betydelig, og det gir samtidig en indikasjon på fangsten gjennom sesongen både for laget og for tilreisende fiskere. Et utdrag av skjermbildet for fangst slik det vises på <http://laksefisk.no/Fangst.exe?f?ID=4>, er vist i **tabell 9.1**.

Tabell 9.1. Fangstrapport for Mandalselva oppdatert per onsdag 25. 09. 2002 kl. 13.45

Total fangst					
Art	Vekt	Antall	Snitt	Størst	
Ål	62,6	79	0,8	4,2	
Bekkerøye		23,7	25	0,9	
5					
Laks	4263,2	1798	2,4	12	
Aure	166,5	163	1,0	25	
Sjøaure	407,9	344	1,2	8	
Fangst pr. uke					
Uke	Art	Vekt	Antall	Snitt	Størst
39	Laks	1,8	1	1,8	1,8
38	Laks	2,2	2	1,1	1,2
37	Ål	0,5	1	0,5	0,5



Figur 9.2. Mandalselvas lakseførende strekning fra elvemunningen ved Mandal til Kavfossen i Bjelland- en strekning på ca 50 km. De fire delområdene med fiskortpriser og sone med fiskeforbud er vist.

Litteratur

Anon 1994. Flerbruksplan Mandalsvassdraget. Slutt-rapport fra Styringsgruppa for Flerbruksplan Mandalsvassdraget, Kristiansand 1994.36 s.

Knutsen, S. 1999. Driftsplan for Mandalselva 1999-2003. Agder Skogeigarlag. (92 s.)

<http://mandalselva.no/mainDesign.asp?aid=4590&gid=26>
21

9.2 Organisering av laksefisket i Tovdalselva

Dag Matzow

Fylkesmannen i Aust-Agder

Fram til 1989 var ikke rettighetshaverne langs elva organisert. I regi av interesseorganisasjonene Tveit Fiskevern og Birkenes Sportsfiskere ble det likevel gjort en stor innsats med å sette i gang kalkingstiltak.

I 1989 ble det dannet et grunneierlag for den lakseførende elvestrekningen fra utløpet ved Kjevik til Herefossfjorden. Laget fikk navnet Nedre Tovdal Fiskelag. Laget satte straks i gang skjellsandkalking i sidebekker, med statlige tilskuddsmidler. Lagets hovedmål var fra starten av å få satt i gang fullkalking av elva for å få en reproduserende laksestamme i vassdraget.

I 1990 ble det opprettet en ”prosjektgruppe for kalking av Tovdalsvassdraget”, der fiskelaget deltok sammen med Skogeierlaget og kommunene Birkenes, Kristiansand, Froland og Åmli kommuner. Denne gruppa fremmet en formell søknad om fullkalking av vassdraget overfor Direktoratet for naturforvaltning. Etter at kalkingene er igangsatt er prosjektgruppa videreført som et samarbeidsorgan som står for driften av dosererne i vassdraget, med sekretariat i Birkenes kommune.

Nedre Tovdal fiskelag ble ”vitalisert” i 1998, med kartlegging av rettighetsforhold og nye vedtekter. I mai 2000 var 97 % av rettighetshaverne på strekningen medlemmer av laget (181 av totalt 187). Fiskelaget vedtok i 1994 å utarbeide en driftsplan for Tovdalselvas lakseførende del, som var ferdig i mars 2000 (Anonym 2000).

Litteratur

Anonym 2000. Driftsplan for Tovdalselvas lakseførende del. Nedre Tovdal Fiskelag. - Agder Skogeierlag. Birkenes. (80 s.)

9.3 Verdiskaping av laksefiske

Eivind Mauland

Agder-Telemark Skogseierforening, Evje

Innledning

Samfunnets engasjement for å reetablere laksestammer skal så langt mulig tilbakeføre vassdragsmiljøet til opprinnelig tilstand. Lykkes dette er det et landbruks- og distriktpolitisk mål å øke verdiskapingen av laksefiske og et fordelingspolitisk mål å sikre tilgang for fritidsfiske.

Reetablering av laks i et vassdragssystem innebærer en enestående mulighet for å kartlegge laksens betydning for lokal næringsutvikling og verdiskaping. Gjennom å måle endringer i antall fiskere og pengeforbruk, vil en kunne si noe om lokaløkonomiske effekter av reetableringstiltak i våre laksevassdrag. Den kunnskap en har hatt om slike effekter har i det vesentlige kommet fra statiske undersøkelser i vassdrag, som allerede har hatt levedyktige laksestammer. Mange har også vært basert på en kombinasjon av spørreundersøkelser og teoretiske tilnærminger (betalingsvillighet for et miljøgode).

Arbeidet med reetablering av laksestammer i Sørlandselvene gir en unik mulighet til å følge økonomiske effekter parallelt med bestandsoppbyggingen av laks. Flerbruksplan Mandalsvassdraget tok i 1999 initiativ til å utvikle et slikt dynamisk system for å overvåke verdiskapingen. Målet var å utvikle et system som også kunne tas i bruk i andre vassdrag. For å kunne drifte slike systemer måtte aktørene oppleve en nytteverdi som overstiger kostnadene.

Nytten av et slikt system er sammensatt. Kunnskap om markedet er vesentlig for å utvikle markedstilpassede produkter. Systemer som holder orden på salgs- og bookingfunksjoner, kunderegister, omsetning og depositumregnskap er vesentlig for å forenkle administrasjonen av fiske. Fangststatistikken er et viktig grunnlag for den biologiske forvaltningen, men også viktig for arbeidet med næringsutvikling. Kunnskap om pengeforbruksmønstre er vesentlig for å fordele ansvar og oppgaver i forhold til hvem som faktisk får del i verdiskapingen. Likevel var det nok behovet for dokumentasjon av økonomiske effekter av reetableringstiltakene som var hovedformålet. Kalking er en avgjørende forutsetning for reetablering av laks. Årlig usikkerhet knyttet til kalkingsbevilgninger er et vanskelig utgangspunkt for biologisk og næringsmessig utviklingsarbeid. Konkurransen med alternativ verdiproduksjon i vassdraget (el-kraft) gjør det også vesentlig å fremskaffe god dokumentasjon om økonomiske effekter av laksefiske.

Prosjektet fikk navnet Verdiskaping av laksefiske i Mandalselva, startet i 2000 og ble slutført i 2002 (slutt-rapport vil foreligge våren 2003). Flerbruksplan Mandalsvassdraget er prosjekteier, mens arbeidet ledes av Agder-Telemark Skogeierforening. Prosjektet samarbeider med Norsk Institutt for Naturforskning avd. Lillehammer mht. til metodeutvikling og med datafirmaet GISKO AS mht. programutvikling. Det er videre etablert samarbeid med prosjektet Næringsutvikling og driftsplanlegging av utmarksressurser i regi av Norges Bondelag og Norges Skogeierforbund. Prosjektet er realisert gjennom finansiering fra flere aktører lokalt, regionalt og sentralt.

Verdiskapingsprosjektet er ikke et forskningsprosjekt med et utviklingsprosjekt som har sin forankring i forvaltningens kunnskapsbehov.

Arbeidsoppgaver

For å ivareta prosjektets formål måtte følgende arbeidsoppgaver løses:

1. Utvikling av tekniske løsninger for innhenting og systematisering av informasjon.
2. Valg av type informasjon og metode for innhenting.
3. Implementering og gjennomføring av tekniske løsninger, samt metode for informasjonsinnhenting.
4. Evaluering og justering før andre prosjektår.
5. Evaluering, rapportering og tilrådninger knyttet til eventuell videreføring.

Den stedege laksestammen ble utryddet som følge av sur nedbør. På 70-tallet og frem til midten av 80-tallet ble det i flølge offentlig statistikk årlig tatt mellom 100 og 500 kg laksefisk. Kalking av Audna sammen med økning av oppdrettsvirksomheten resulterte i noe oppsving av fangstene på slutten av 80-tallet og utover 90-tallet.

Så sent som i 1995 var samlet omsetning av fiskekort fortsatt under kr. 100.000,-. Statistikk over antall fiskere er mangelfull før 1998. I 1998, to år etter fullkalkingen ble det solgt 1245 fiskekort (bruttoverdi kr. 242.500). I 2001 ble det tilsvarende solgt 4060 fiskekort til en bruttoverdi av kr. 915.000. Dette året ble det satt en formidabel fangsrekord med 11,5 tonn laksefisk. En må tilbake til 1911 for å finne tilsvarende fangst.

Utgangspunkt

Som i de fleste vassdrag foregikk salget ved kjøp av manuelt utfylte fiskekort. Selger satt igjen med gjenpart og en fangstoppgaver ble levert inn via post eller til utsalgssted. Salget foregikk fra et stort antall salgssteder. Ordningen fungerte tilfredsstillende så lenge antall fiskere var lavt men var krevende å administrere når antall fiskere økte. Opplegget gav dårlig oversikt under fiskesesongen,

mange av kortene var ufullstendig utfylt og oppsummering av fangst, omsetning, depositumregnskap mv. var tidkrevende. Kvaliteten var ikke tilfredsstillende og det var komplisert å gjøre bruk av informasjonen i den praktiske forvaltningen. De opplysningene som ble fremskaffet forelå først etter at sesongen var avsluttet. Informasjonen var ikke elektronisk registrert og dermed også krevende å analysere. Det forelå svært få opplysninger om hvem som fisket og ingen opplysninger om fiskernes forbruk av varer og tjenester.

Rettighetshaverne til laksefiske i Mandalselva var godt organisert i Mandalselva Elveeigarlag og Mandalselva Fiskeriforening. Elveeierlaget har høy oppslutning og det var enighet om å samordne oppgaver mellom de to lagene. Det alt vesentlige av fiskeomsetningen går i regi av lagene.

Gjennomføring

For å kunne utvikle en dynamisk modell var en avhengig av rimelig og effektiv innhenting av informasjon. En måtte vite hvor mange og hvilke fiskere som kom og en måtte vite noe om forbruksmønsteret. Det ble første året utviklet et elektronisk kortsalgssystem. Salgsstedene ble utstyrt med datamaskin linket mot felles server. Informasjonen på fiskekortet ble gjennomgått og det gamle kortsystemet erstattet med nytt fiskekort tilpasset elektronisk salg. Kortet ble skrevet ut på salgsstedet og informasjon lagret på felles server. Dermed var et viktig grunnlag lagt for løpende statistikk over antall fiskere, fiskernes hjemsted (adresse), omsetning per sone, per salgssted og samlet, depositumregnskap og for bookingtjeneste i områder med begrenset kortsalg. Når fangstrapport ble returnert ble opplysningene registrert på samme server. Det ble etter hvert også utviklet tilbud til fisker om elektronisk registrering av fangst. Parallelt ble det iverksatt en spørreundersøkelse for å kartlegge fiskernes forbruk og reisevaner. Også disse opplysningene ble registrert elektronisk og koblet slik at kunnskap kunne kryssanalyseres.

Erfaringene og kunnskapen fra første sesongen ble benyttet til å forenkles og tilpasse systemet før neste sesong. I stedet for et omfattende spørreskjema ble det utformet noen få spørsmål på fangstrapporten. Svarene ble registrert sammen med fangst. Ellers ble rutinene for å kvalitetssikre informasjonen gjennomgått og forbedret. Det ble også foretatt en del forbedringer i programapplikasjonen for automatisering av rapporter. Deler av prosjektoppgaven (programutvikling) ble ansett løst og overført til et nytt prosjekt for å sikre rask overføringsverdi til andre vassdrag.

Resultater

Det er gjennom prosjektet fremskaffet betydelig mengder ny kunnskap om fiske, fiskerne og utviklingen i prosjektperioden. Mange av disse resultatene vil bli presentert i prosjektrapport fra NINA og i sluttrapport for prosjektet. Det er i denne artikkelen satt fokus på evaluering av systemet for innhenting av informasjon.

Målet var å utvikle en metode for løpende innsamling og strukturering av data om lokal økonomiske ringvirkninger av laksefiske i Mandalselva. For å nå målet var en avhengig av å utvikle og implementere kostnadseffektive systemer for elektronisk registrering og lagring av informasjon. Et slikt tilbud ble utviklet og tatt i bruk sesongen 2000 og forbedret før sesongen 2001. Programtilbudet ble kommersialisert under navnet FANGST og i 2001, også tatt i bruk i Tovdalselva og Lygna. FANGST ble utviklet som en klient - server løsning med programapplikasjon hos den enkelte klient. Systemet kan enkelt utvikles med Webb applikasjon. Fangstregistreringsdelen ble også tatt i bruk i Numedalslågen (Fylkesmannen i Vestfold).

Kravet om høy nytteverdi ble satt for å sikre varig drift av systemet. Selv om den kunnskapen som ble fremskaffet burde ha mange interessenter, er det erfaringsmessig vanskelig å sikre det økonomiske grunnlaget for informasjonsinnhenting. Fokus ble derfor lagt på å utvikle et system med høy nytteverdi for rettighetshaversiden. Kostnadene med å drifte systemet skulle kunne forsvares ved at det faktisk var mer kostnadseffektivt enn manuell håndtering. Selv om en oppnår betydelig bedringer av kvalitet i den informasjon som hentes inn, vil det ofte ikke foreligge betalingsvilje for slike forbedringer. Ser en bort fra verdien av de kvalitetsforbedringer som er oppnådd er likevel kravet om kostnadseffektivitet innfridd med god margin. Drift av programtilbudet krever i størrelsesorden 2,5 % av brutto omsetning. Kostnadene vil kunne reduseres ved økt antall brukere (vassdrag). Totalkostnadene er også avhengig av antall salgssteder, maskinvare, kunnskap og organisering. Generelt er det mye å hente på få og profesjonelle salgssteder.

Det er fortsatt mange forbedringspunkter for å høyne nytteverdien av systemet. De viktigste av disse er ikke av teknisk art men knyttet til menneskelige faktorer som motivasjon, organisering, analyse og anvendelse av kunnskapen i den praktiske forvaltningen.

Når det gjelder kunnskap om lokal verdiskaping har prosjektideen hele tiden vært å unngå dobbeltarbeid og dobbeltregistrering. Dvs. så langt mulig benytte den kunnskap som laget er avhengig av å samle inn og eventuelt supplere med informasjon som er nødvendig for å kunne doku-

mentere lokal verdiskaping. Hvor mange, hvem, hvor lenge, reisefølge og pengeforbruksmønster er nøkkelopplysninger. Gjennom å skaffe tilveie detaljert kunnskap om totalpopulasjonen skaffer programtilbudet et unikt grunnlag for segmentering av fiskere, kartlegging av reisefølge og pengeforbruksmønstre. Teknisk ble verdiskapingsinformasjonen registrert i egen accessdatabase med fiskekortnummer som kode for å kunne koble informasjonen i de to databasene. Avhengig av konklusjonene i prosjektet vil FISKEBASEN kunne utvides med egen verdiskapingsmodul.

Under prosjektet måtte en erkjenne at "lokale verdiskapingseffekter" er et vanskelig begrep. Det vil være flere indirekte økonomiske effekter som ikke uten videre kan måles. Den lokaløkonomiske virkningen av et gitt pengeforbruksmønster variere også mye med hva slags varer og tjenester som kjøpes. Forbruk av lokalt produserte varer og tjenester vil ha høyere lokal verdiskapingseffekt enn forbruk av varer som kun omsettes lokalt. Forvaltningen er derfor avhengig av at det utvikles metoder og forholdstall gjennom forskning før en eventuelt kan integrere denne kunnskapen i enkle og operative forvaltningssystemer.

Prosjektets målsetning om dynamisk dokumentasjon av lokaløkonomiske effekter ble derfor justert til å dokumentere lokalt pengeforbruk og pengeforbruksmønster til ulike segmenter av fiskere. Også pengeforbruket er påvirket av det lokale tilbudet av varer og tjenester. Et variert og godt tilbud vil øke pengeforbruket. Selv om kvantifisering av pengeforbruket som følge av laksefiske langt fra gir en tilfredsstillende dokumentasjon av laksens økonomiske betydning for lokalsamfunnet, vil endringer i pengeforbruket over tid kunne gi et relativt godt utviklingsbilde. To år er for kort tid til å fange opp effekter av et økt vare og servicetilbud i vassdraget. Likevel viser analysene av omsetning knyttet til fiske en økning fra 2000 til 2001 på i størrelsesorden 40 %, til ca. 6,5 mill kroner. En stor andel av økningen kan tilskrives vekst i antall tilreisende fiskere (NINA). Tatt i betraktning den korte tiden som er gått siden elva ble fullkalket og at utvikling av markedsgrunnlag og næring er tidkrevende, er både nivået og omsetningsveksten overraskende stor. Kunnskap om markedet og forbruksmønsteret vil være av svært stor betydning for videre arbeid med næringsutvikling. I tillegg vil denne basiskunnskapen dannet et godt grunnlag for forskning. En må videre kunne anta at det ligger et potensiale for en mangedobling av nåværende verdiskaping gjennom å tilfredsstille markedets etterspørsel etter opplevelser, varer og service.

I sluttfasen av prosjektet er det arbeidet med å avklare hvordan informasjon om pengeforbruk kan samles inn, systematiseres og anvendes. Ved hjelp av spørreundersøkelsen i år 2000 og spørsmålsstillingene i 2001 er det mulig å gi en relativt presis oppgave over pengeforbruket disse to sesongene på ulike segmenter av fiskere. Det ser også ut til at prosjektet skal lykkes med å utvikle rasjonelle og kostnadseffektive løsninger slik at en løpende skal kunne følge utviklingen av fiskernes pengeforbruk i vassdraget. Det bør imidlertid bygges opp mer erfaring med metodikk for innhenting av opplysninger før en konkluderer med hvilken løsning som er mest hensiktsmessig. Så lenge det er nøyaktig kunnskap om totalpopulasjonen vil det foreligge et godt grunnlag for å innhente slike tilleggsopplysninger. Dette kan gjøres gjennom spørsmålsstillinger på fangstoppgaven som i sesongen 2002, eller gjennom utvalgsundersøkelser (postal/intervju). Begge metodene kan være aktuelle. Krav til nøyaktighet og hvor stor interesse (betalingsvillighet) det er for kunnskapen vil være viktige faktorer ved valg av løsning. Det kan være aktuelt med årlig innsamling, eller disse kan også gjennomføre noe mer omfattende med noen års mellomrom.

Uansett må det kunne konkluderes med at Verdiskapingsprosjektet i Mandalsvassdraget har bidratt til å utvikle og implementere systemer av stor verdi for så vel private som offentlige aktører innenfor lakseforvaltningen. Det vil nå være viktig å få frem kunnskap om oppnådde resultater som grunnlag for drøfting av videreføring og videreutvikling. Det som synes nokså åpenbart er at flere aktører enn elveeierlaget vil måtte bidra økonomisk til å drifte og videreutvikle systemer for å dokumentere laksefiskets økonomiske betydning. Offentlig og privat forvaltning vil ha svært mye å hente på å koordinere og samordne kunnskapsinnhentningen.

Utredninger oversikt

2001

2001-1:	Actual and potential effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including Svalbard	50,-
2001-2:	Elvevis vurdering av bestandsstatus og årsaker til bestandsutviklingen av laks i Hordaland og Sogn og Fjordane	50,-
2001-3:	Distribution of marine, benthic macro-organisms in Norway. A tabulated catalogue. Oppdatering av utredning for DN 1997-1	Internettutgave
2001-4:	Analyse av mulige miljøvirkninger av skjell dyrking	Utgått
2001-5:	Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 1999.	50,-
2001-6:	Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2000.	50,-
2001-7:	Om konsekvenser for insektfauna ved utsetting av genmodifiserte insektresistente planter	50,-
2001-8:	Bestandsstatus for laks i Norge 2000. Rapport fra arbeidsgruppe	50,-
2001-9:	Fiskesperrer som supplement eller alternativ til kjemisk behandling i vassdrag infisert med Gyrodactylus salaris	50,-

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,-

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.



Direktoratet for
naturforvaltning