

401

OPPDRAKSMELDING

Overvåking av laks fra Imsa og Drammenselva

Lars Petter Hansen
Bror Jonsson
Nina Jonsson



NINA • NIKU

NINA • NIKU
STIFTELSEN FOR NATURFORSKNING
OG KULTURMINNEFORSKNING
N - 7005 TRONDHEIM

NINA Norsk institutt for naturforskning

Overvåking av laks fra Imsa og Drammenselva

Lars Petter Hansen
Bror Jonsson
Nina Jonsson

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Hansen, L.P., Jonsson, B. & Jonsson, N. 1996. Overvåking av laks fra Imsa og Drammenselva. - NINA Oppdragsmelding 401: 1-28.

Trondheim, april 1996

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0667-6

Forvaltningsområde:
Bærekraftig høsting - fisk
Sustainable harvest - fish

Rettighetshaver ©:
Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning
NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:
Tor G. Heggberget

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:
Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

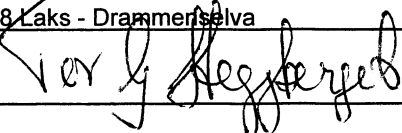
Opplag: 150

Kontaktadresse:
NINA•NIKU
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel: 73 58 05 00
Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13362 Lakseforskning - Ims
13358 Laks - Drammenselva

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Hansen, L.P., Jonsson, B. & Jonsson, N. 1996. Overvåking av laks fra Imsa og Drammenselva. - NINA Oppdragsmelding 401: 1-28.

Denne oppdragsmeldingen behandler problematikk knyttet til kultivering, høsting, havbeite og feilvandring hos laks i Drammenselva og Imsa. Laksebestanden i Drammenselva var god på 1800-tallet, men den er blitt gradvis redusert på grunn av forurensing, bygging av dammer og sterkt fiske. Bestanden nådde et minimum i 1978 da fangsten var nede i 400 kg. Gjennom et kultiveringsprogram der (1) laksetrappene ble forbedret, (2) kommersielt garnfiske i elva ble forbudt og (3) et systematisk utsettingsprogram med laks av lokal stamme ble igangsatt, ble stammen forsterket. Imidlertid ble *Gyrodactylus salaris* introdusert i 1987.

Som et eksperiment ble det i 1983 utsatt 14 000 ensomrige settefisk av laks ovenfor lakseførende strekning i Drammenselva. Av disse kom det tilbake 320 laks, dvs 2,3 % av det antallet som ble utsatt. Totalvekten av den tilbakevandrende laksen ble estimert til 2,2 tonn eller 157 g pr. utsatt settefisk. En del laks produsert fra denne utsettingen, er også fanget i hav og kystfarvann. Antar vi at sjøfangstene av denne fisken er den samme som gjennomsnittet for sjøgjenfangstene ved smoltutsettinger fra Drammenselva, ga settefiskutsettingene i 1983 i Drammenselva en totalgjenfangst på 6 300 kg, eller 450 g pr settefisk. Økonomisk sett er disse yngelutsettingene langt mer lønnsomme enn de smoltutsettingene som har vært foretatt i vassdraget.

Beskatningen av norske laksebestander varierer mellom 25-80 % for smålaks og 30-60 % for mellomlaks. Det har vært en tydelig reduksjon i sjøbeskatningen etter reguleringene av 1989, da totalforbudet mot drivgarnsfisket ble innført. Beskatningen av laks med stang i Drammenselva mellom 1985 og 1995 varierte mellom 30 og 50 % av den totale lakseoppgangen. Dette er et relativt moderat fisketrykk.

Beskatningen av imsalaks var lav første vinter i sjøen. For tosølvinterlaks var sjøfangsten ved Færøyene omkring 50 % midt på 1980-tallet. Siden den gang har sjøfangstene vært nedadgående til mindre enn 5 % i de siste årene. Sjøbeskatningen av imsalaks langs Norskekysten har vært høyere for to- enn for ensjølvinterfisk. Dette gjelder både villaks og havbeitelaks. Det ble en tydelig reduksjon i fangsttrykket som etter reguleringene i laksefisket, som ble innført i 1989. I de siste årene har igjen fangsttrykket på imsalaks i sjøen økt.

Overlevelsen av imsalaks i havet har avtatt i de seneste årene, spesielt har andelen av storlaks blitt lav.

Sammenhengen mellom antall smolt som vandrer ut fra Imsa og antall egg denne smolten har vært produsert fra, er asymptotisk. Økningen i antall smolt er høyest ved lave egg tettheter og kurven flater ut ved en egg tetthet på ca. 6 egg pr. m² elveareal. Dette tilsvarer eggproduksjonen til en bestand på 30 hunner á 2 kg. Antall voksne som overlever i sjøen øker med antall smolt som vandrer ut. Dette tyder på at årsklassevariasjonene hos voksen laks produsert fra smolt er tetthetsuavhengig, i motsetning til ungeproduksjonen i ferskvann som var tetthetsavhengig. Størrelsen av en årsklasse gytelaks er hovedsakelig avhengig av antall smolt som vandrer ut fra vassdraget.

Havbeite i Imsa har gitt feilvandring av laks til andre vassdrag, 14 % i gjennomsnitt for perioden 1981-94. Feilvandrerne er fordelt på mange vassdrag, spesielt på Jæren og i Ryfylke. De fleste av dem har vandret opp i større elver. Til sammenligning var feilvandringen av vill imsalaks 9,5 % for samme perioden. Sammenlignet med smoltutsettinger oppe i vassdrag øker feilvandringen hvis fisken settes ut ved elvemunningen eller i sjøen. Dette skyldes at den kjønnsmodne fisken vandrer tilbake til det stedet den ble utsatt som smolt, og derfra spres den, spesielt til nærliggende, større elver. Feilvandringen er minst for smolt som settes ut om våren i den perioden villfisk vandrer til havs og størst for unger som settes ut om vinteren.

Havbeitelaks som vandrer opp i lakseelver, vil gyte. Havbeitehunnene har omtrent samme gytesuksess som villaks av samme størrelse og stamme. Havbeitehannene derimot, har bare halvparten av suksessen til tilsvarende villaks.

Den genetiske effekten av at disse havbeitefiskene gyter er uklare, men den vil antakelig ha fra ingen effekt til negativ effekt med hensyn på bestandens produksjonsegenskaper.

Emneord: Laks - Kultivering - Beskatning - Havbeite - Stock-recruitment - Feilvandring

Lars Petter Hansen, Bror Jonsson & Nina Jonsson.
Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7005 Trondheim, Norge.

Abstract

Hansen, L.P., Jonsson, B. & Jonsson, N. 1996. Atlantic salmon of the rivers Imsa and Drammen. - NINA Oppdragsmelding 401: 1-28.

This report treats aspects of cultivation, harvesting, sea-ranching and straying of Atlantic salmon from the Norwegian rivers Imsa and Drammen. In the last century, the River Drammen supported an abundant population of Atlantic salmon. Due to pollution, damming and overexploitation, however, it decreased in size and reached a minimum in 1978, when only 400 kg of salmon was caught in the river. To restore the population, a cultivation program started: (1) salmon ladders were built, (2) commercial fishing with nets in the river was prohibited and (3) a stocking program with releases of young, hatchery reared fish from the local stock was started. However, in 1987 *Gyrodactylus salaris* was introduced

To test the effect of fry releases, 14 000 one summer old Atlantic salmon were released in the River Drammen, above the stretches of natural salmon production. The total weight of the returning adults was 2.2 tonnes, or 157 g per fry released. If we assume that the recapture-rate of salmon at sea from this release was the same as those of smolt releases, the total recapture (in rivers and at sea) was 6 300 kg, or 450 g per fry released. This indicate that fry releases are more profitable economically than releases of smolts in this river.

Exploitation of Norwegian Atlantic salmon populations varies between 25-80 % for one-sea-winter fish and 30-60 % for two-sea-winter fish. In the River Drammen, between 30 and 50 % of the returning adults are captured by rod and line.

The exploitation of one-sea-winter fish from the River Imsa is low, whereas the catch rate of two-sea-winter fish is higher. In the mid 1980ies, sea catches of two-sea-winter salmon north of the Faroese Island was approximately 50 % of the total population. Since then, the sea catch has decreased to approximately 5 % in the last years. In the Norwegian coastal and fjord fisheries, the exploitation of two-sea-winter salmon from the River Imsa has been higher than that of one-sea-winter fish. The same trend is found for both wild and hatchery-reared, sea ranched salmon.

At sea, the survival of the River Imsa salmon has decreased during latter years. The survival has been lower for two- than for one-sea-winter fish.

The relationship between number of descending smolts and number of eggs from which they were produced, is asymptotic. The increase in numbers of smolts was highest at low egg densities and levelled

off at densities of 6 egg per m². This corresponds to an egg production of 30 females with a mean body weight of 2 kg. Adult survival at sea increases with increasing number of descending smolts. These results indicate that the salmon population at sea is regulated by density-independent factors and in freshwater by density-dependent factors.

Mean straying-rate of released, hatchery-reared Atlantic salmon of the River Imsa stock released in the River Imsa was 14 % during 1981-94. Most of the strayers ascended large rivers on Jæren and in the Ryfylke. During the same period, mean straying-rate of wild Imsa salmon was 9.5 %. The straying-rate is higher when the smolts were released in the river mouth or at sea, than higher upstream in the river. When sexually mature, the adults returned to the place where they were released as smolts. When released at sea, they dispersed to nearby, large rivers. The straying-rate of sea ranched Atlantic salmon was lowest when the smolts were released during the same period as the wild smolts migrate to sea, and highest when released during winter.

Sea-ranching salmon spawn in rivers. In females, the reproductive success of sea-ranching and wild salmon are nearly the same for fish of the same size and stock. In males, however, the reproductive success for sea-ranching salmon is only one half of that of wild fish.

Genetic effects of sea-ranching salmon spawning in rivers is expected to be from negative to non-existent on diversity and production characteristics of natural salmon populations.

Key words: Atlantic salmon - Cultivation - Exploitation - Sea-ranching - Stock-recruitment - Straying.

Lars Petter Hansen, Bror Jonsson & Nina Jonsson. Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway.

Forord

Denne oppdragsmeldingen presenterer resultater fra lakseundersøkelser i Imsa og Drammenselva, som viser hvordan disse laksestammene kan benyttes ved utvikling av forvaltningsstrategier i forbindelse med høsting og havbeite. Vi har lagt hovedvekten på beskatningsproblematikk, kultivering, og feilvandring, og vi presenterer en første «stock-recruitment-modell» for laksebestanden i Imsa. Vi har også analysert langtidsserier for imsalaksen med hensyn på forandringer i marin overlevelse og sjøalder ved kjønnsmodning.

Vi vil takke Direktoratet for naturforvaltning for finansiering av overvåkningsprosjektene i Imsa og Drammenselva. Videre vil vi takke ansatte ved NINAs Forskningsstasjon for innsamling av materiale i Imsa og Erik Fagerli Olsen, Øyvind Fladaas og medlemmene av Østsiden Jeger og Fiskerforening og Åmot Fiskerforening for utrettelig dugnadsinnsats i Drammenselva. Tor Heggberget takkes for gjennomlesning og kommentarer til manuskriptet.

Trondheim, april 1996

Lars Petter Hansen og Nina Jonsson
prosjektledere

Innhold

Referat	3
Abstract	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Beskrivelse av vassdragene	6
2.1 Drammenselva	6
2.2 Imsa	7
3 Laksen i Drammenselva	8
3.1 Kultivering	8
3.1.1 Bakgrunn	8
3.1.2 Utsetting av laksunger	8
3.2 Høsting	9
3.2.1 Bakgrunn	9
3.2.2 Beskatning i sjøen	11
3.2.3 Beskatning i elva	11
3.3 Forvaltning	11
4 Laksen i Imsa	15
4.1 Beskatning	15
4.2 Bestandsendringer	15
4.3 Rekruttering	15
4.3.1 Bakgrunn	15
4.3.2 Stock-recruitment-sammenhenger ..	19
4.3.3 Diskusjon	19
4.4 Erfaringer fra havbeite	21
4.5 Feilvandring hos havbeitelaks og miljøeffekter av dette	21
4.5.1 Hvor stor er feilvandringen?	21
4.5.2 Faktorer som påvirker feilvandringen	22
4.5.3 Gytesuksess hos havbeitelaks i konkurranse med villaks	24
4.5.4 Hvilken effekt har havbeitelaksen på villaksen?	24
4.5.5 Hvorfor har havbeitelaksen redusert forplantningsdyktighet?	25
4.5.6 Hvordan kan miljøeffekten av feilvandret havbeitelaks begrenses?	25
5 Videre oppgaver	26
6 Litteratur	26

1 Innledning

Drammenselva er et av de største vassdrag i Norge. I forrige århundre var Drammenselva en av våre beste lakseelver, men fra århundreskiftet minket fangsten jevnt og trutt og nådde et lavmål i 1978 da bare 400 kg laks ble fanget. Bestanden var da på randen av utryddelse. Hovedårsakene til nedgangen i bestanden var reguleringene ved bygging av flere dammer i vassdraget. Det ble laget laksetrapp, men disse fungerte dårlig. Et annet problem var forurensingen fra treforedlingsindustrien som utviklet seg til en svært viktig næringsvirksomhet langs elva. Dessuten var beskatningen av laksestammen i mange år meget sterk. Det ble da igangsatt et systematisk kultiveringsprogram som sammen med omorganisering av fisket bidro til at laksebestanden igjen begynte å vokse. Imidlertid ble parasitten *Gyrodactylus salaris* påvist i 1987, og dette resulterte i en omlegging av kultiveringsarbeidet fordi parasitten har lammet vassdragets naturlige produksjon av laksunger.

På Ims har NINA Forskningsstasjon vært i drift siden 1975, og det har blitt satt ut oppfôret laks i Imsa siden 1981. Dette vassdraget er svært lite, men produktivt. Vi kontrollerer all nedvandrende smolt og oppvandrende laks i feller som er plassert ca 100 m ovenfor stedet der elva munner ut i sjøen. Den praktiske forskningen som foregår i vassdraget går i hovedsak ut på å overvåke den ville laksebestanden og følge med i svingningene i bestandsstørrelsen. I tillegg settes det ut grupper av oppfôret smolt hvert år.

I begge disse vassdragene har vi svært god kontroll med tilbakevandringen av laks, i Imsa ved hjelp av fella, og i Drammenselva ved hjelp av svært gode overvåkingsdata fra sportsfisket og ei felle i laksetrappa i Hellefoss. Dataene som samles inn brukes til å følge med i utviklingen av laksebestandene og høstingen av dem. Begge vassdragene brukes som indekssvassdrag for Det Internasjonale Havforskningsrådet (ICES).

I denne rapporten presenterer vi resultater fra begge vassdrag og viser hvordan disse kan benyttes til utviklingen av forvaltningsstrategier, som kan ha generell betydning langt utover de lokale områder i Rogaland og Buskerud. Vi legger hovedvekten på beskatningsproblematikk, kultivering, samt feilvandring og vil presentere den første «stock - recruitment» modellen for laksebestanden i Imsa. Vi vil dessuten analysere langtidsserier for imsalaksen med hensyn på forandringer i marin overlevelse og sjøalder ved kjønnsmodning.

2 Beskrivelse av vassdragene

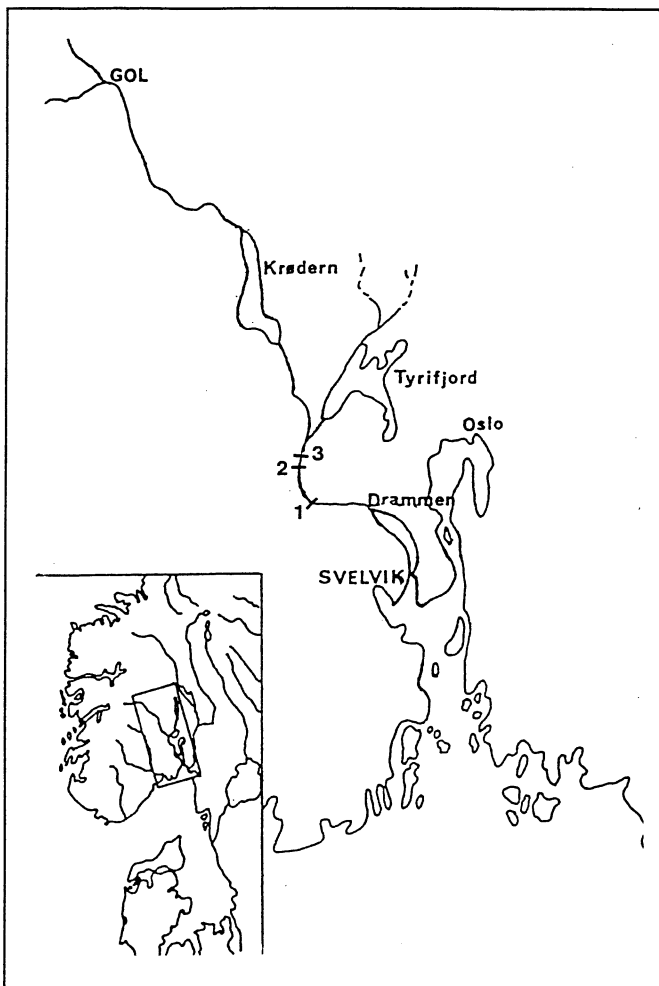
2.1 Drammenselva

Drammenselva drenerer store områder av Østlandet, blant annet både Hallingdalen og Valdres, og nedslagsfeltet er beregnet til 17 140 km². Hallingdalselva munner ut i Krøderen. Denne innsjøen er 38 km lang og har en reguleringsamplitude på 2,6 m. Elvestrekningen fra utløpet av Krøderen til møtet med elva som renner ut av Tyrifjorden (Drammenselva), kalles Snarumselva og er 35 km lang. Her er årsmiddelvannføringen beregnet til ca 110 m³/s. Fra møtet med Drammenselva er det 35 km til utløpet i Drammensfjorden ved Drammen by.

I den nedre delen av vassdraget er det tre store dammer, Hellefoss, Døvikfoss og Embretsfoss, henholdsvis 19, 25 og 27 km fra munningen (**figur 1**). Laksen kan nå passere Hellefoss via en laksetrapp som fungerer svært godt. Det er også laksetrapp i Døvikfoss og Embretsfoss, men på grunn av infeksjon av *Gyrodactylus salaris* på laksen i elva og faren for smittespredning oppstrøms, tillates ikke laksen å vandre lenger opp i elva enn til Embretsfoss. Ved Hellefoss er den årlige middelvannføringen beregnet til ca 225 m³/s, men under vårfloppen kan den øke til over 1500 m³/s.

Drammensfjorden er naturlig innsnevret ved Svelvik. Området fra elveutløpet til Svelvik er svært brakt vår og forsommer fordi floppen danner en skarp haloklin med ferskvann over ca 10 m dyp (Beyer 1976, Pethon 1987). I ferskvannslaget på toppen er det en relativt sterk strøm, som transporterer overflatevannet raskt utover i fjorden. Saliniteten i overflatevannet er ved elveutløpet ca 5 ‰ om våren og øker til omkring 10 ‰ 8 km lenger ut. Ytterligere informasjon om Drammenselva og Drammensfjorden er gitt i Pethon & Hansen (1990).

Drammenselva er en storlakselv, dvs den umodne laksen kan være fra ett til fire år i havet før den blir kjønnsmoden. Hovedmengden av gytelaksen er mellom 2 og 20 kg i vekt. Laks som har vært ett år i havet er hovedsakelig hanner og veier mellom 2 og 5 kg, mens vekten av de som har vært 2 år i havet varierer mellom 5 og 12 kg. De aller fleste av disse er hunner. Størrelsen av laks som har vært 3 år i havet kan variere mellom 8 og 20 kg, og av disse er det omtrent like mange hunner og hanner. Laks som har vært 4 år i havet er hanner som kan veie opp mot 30 kg.



Figur 1. Drammensvassdraget hvor (1) Hellefoss, (2) Døvikfoss og (3) Embretsfoss er avmerket. The River Drammen, where (1) Hellefoss, (2) Døvikfoss and (3) Embretsfoss are indicated.

2.2 Imsa

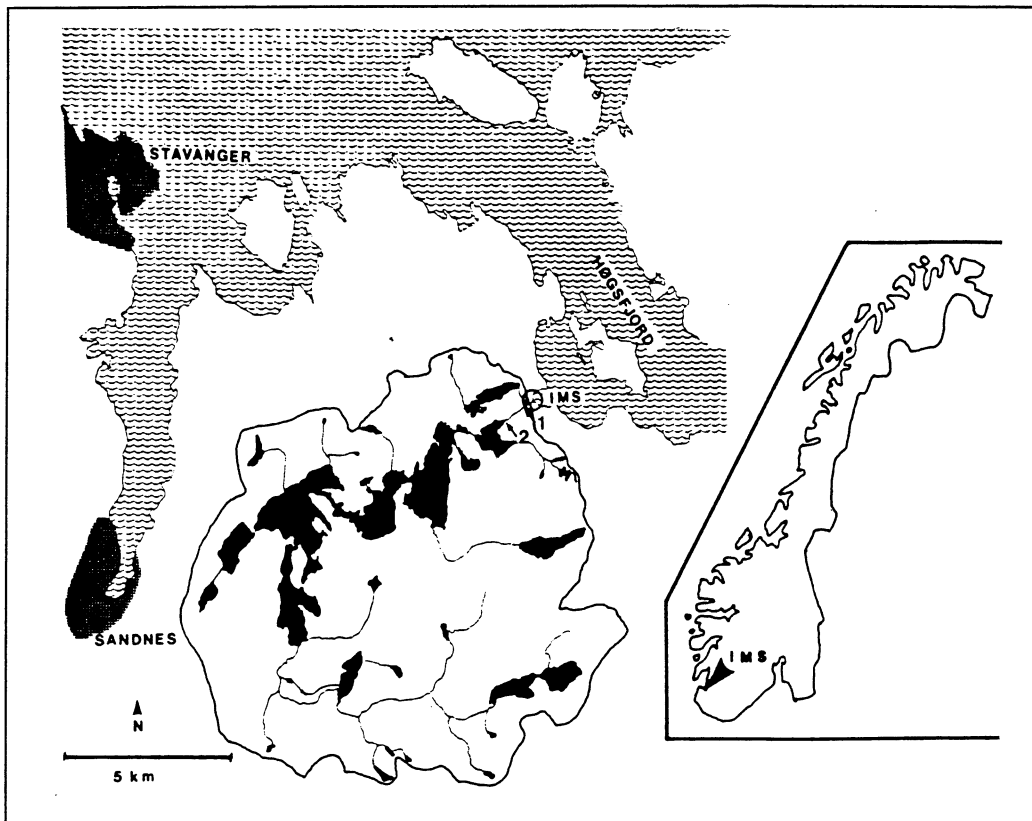
Elven Imsa, som ligger i Sandnes kommune i Rogaland, er 1 km lang og gjennomsnittlig 10 m bred (**figur 2**). Årlig gjennomsnittsvannføring er 5,1 m³/s og vanntemperaturen i løpet av vinteren er omkring 2 °C og øker til ca 20 °C om sommeren (Jonsson et al. 1989).

Omkring 100 m over elvemunningen er det bygd to fiskefeller. Ei felle som fanger all oppvandrende fisk i vanddraget (box trap) og ei som fanger all nedvandrende fisk større enn 10 cm (Wolf trap, Wolf 1951). I løpet av undersøkelsesperioden 1975-94, ble fellene tømt for fisk to ganger hver dag. Lengde (cm), vekt (g) og kjønn på alle fiskene ble bestemt og skjellprøver av gytefisker ble tatt for aldersbestemmelse, før de ble sluppet videre oppover i vassdraget.

Imsa er i hovedsak en smålakselv, selv om enkelte mellomlaks forekommer (Jonsson et al. 1991b). Laksen gyter mellom Liavatnet og elvemunningen. Parren

lever i elva nedenfor Liavatn og i de senere år er laks bare sporadisk blitt observert i Liavatnet og høyere oppover i vassdraget. Vi har ikke kunnet påvise gyteplasser for laks høyere oppover i Imsa, selv om dette skal ha vært tilfelle i tidligere tider. Hovedmengden av parren blir smolt etter 2 år i ferskvann. Basert på innsamling av hver 10. smolt i årene 1983-93, er gjennomsnittlig andel 1-, 2- og ≥ 3 årig smolt henholdsvis 14, 78 og 8 %. Smolt eldre enn 3 år er sjeldne. I materialet innsamlet av hvert 10. smolt, har vi bare funnet én smolt på 4 år. Det var i 1983.

Hovedmengden av imsalaksen er ensjøvinterfisk. I løpet av 1976-94, var 83 % av de voksne fiskene ensjøvinterfisk og bare 17 % flersjøvinterfisk. Gjennomsnittlig vekt hos ensjøvinterlaks var ca 2 kg og hos flersjøvinterlaks 5,5 kg. Kjønnforholdet (hanner/hunner) av voksne i elva i årene 1976-94 var 1,17. Hovedmengden av ensjøvinterfisk var hanner (60 %) mens hovedmengden av flersjøvinterfisk var hunner (76 %).



Figur 2. Imsa-Lutsi vassdraget: (1) fiskefella og (2) Imsa. The Imsa-Lutsi watercourse: (1) the fish trap and (2) the River Imsa.

3 Laksen i Drammenselva

3.1 Kultivering

3.1.1 Bakgrunn

I 1970 årene ble forurensningen i Drammenselva kraftig redusert, og dette var til god hjelp under rehabiliteringen av laksebestanden. I 1978 ble det gjennomført følgende tiltak: (1) laksetrappa i de to nederste dammene ble forbedret, (2) alt kommersielt fiske i elva med garnredskap ble forbudt og (3) et systematisk utsettingsprogram med oppfødte laksunger av lokal stamme ble igang satt. Laksungene ble satt ut ovenfor laksens naturlige gyteområder. Fra 1982 ble det også satt ut smolt. Som følge av dette kultiveringsarbeidet økte fangsten på sportfiskereds- skap i vassdraget fra noen få hundre til 10-12 tusen kg årlig.

Da *Gyrodactylus salaris* ble påvist i 1987, bestemte man seg for å bygge et nytt fiskeanlegg i Hokksund. Anlegget sto ferdig i 1990. For å øke utsettingene ytterligere ble det i 1992 bygget et smoltanlegg i Åmot. Som et resultat av *Gyrodactylus salaris* sine angrep, er laksen i Drammenselva helt avhengig av utsettinger av ungfisk, og nedenfor skal vi gjøre rede for de viktigste resultatene som er oppnådd.

3.1.2 Utsetting av laksunger

Tidligere ble det satt ut nyklekket yngel av laks i områder hvor laksen naturlig kunne gyte. Men tidlig på 1980 tallet, da bedre oppføringsmuligheter ble gjort tilgjengelig, begynte man å sette ut startfåret og en- somrig settefisk. Senere ble det også satt ut smolt, og for tiden settes det ut ca 300 000 yngel og settefisk og ca 10 000 smolt årlig. Noe av denne fisken blir merket for å evaluere utsettingene og eventuelt justere dem.

Generelt er det gjort svært få evalueringer av overlevelse og tilbakevandring av utsatt settefisk. Det første forsøket i Drammenselva ble gjort i september 1983, da det ble satt ut 14 000 en-somrig settefisk ovenfor lakseførende strekning, ca 40 km fra utløpet ved Drammen. Her er forholdene for oppvekst av laksunger meget gode, men det er flere andre fiskearter tilstede, som abbor, gjedde, ørekyt, ørret og sik. Alle laksungene som ble satt ut var fettfinneklippet, og de veide i gjennomsnitt 2,5 g. Fisken ble godt spredt, og det ble satt ut ca én settefisk pr m². Tilbakevandringen ble kontrollert i laksetrappa ved Hellefoss, den nederste fossen i elva, hvor all fisk som passerer blir kontrollert. Det ble også registrert merket fisk fra sportsfisket nedenfor fossen, og fra stamfisket i det samme området om høsten. Dette forsøket, som ga interessante resultater, ble avsluttet 6 år etter ut- settingen, og **tabell 1** viser total antall voksne laks reg- istret i elva.

Tabell 1. Antall og vekt av laks tilbake til Drammenselva, utsatt som en-sommerlaksunger (14 000 stk) i september 1983 (etter Hansen 1991). Number and total weight of returning Atlantic salmon to the River Drammen, released as one-summer-old fry (n = 14 000) in September 1983 (from Hansen 1991).

År	Antall	Vekt (kg)	Gjennomsnittsvekt
1986	88	315	3,6
1987	210	1680	8,0
1988	14	150	10,7
1989	8	100	12,5
Total	320	2245	7,0

Det viste seg at mesteparten av den utsatte settefisken vandret ut som toårig smolt. Totalt ble det beregnet at det kom tilbake 320 laks til elva, som er 2,3 % av antall utsatte settefisk. Totalvekten ble beregnet til ca 2 200 kg, eller 157 g pr utsatt settefisk. Vi vet fra utsetninger av merket smolt i denne tidsperioden at ca 65 % av drammenslaksen høstes i sjøen (Hansen 1990). Hvis vi antar at fangsttrykket på den utsatte settefisken er det samme, ga dette ene forsøket en total produksjon av voksen laks på 904 individer (6,5 % av antall utsatt). Dette tilsvarer en vekt på ca 6 300 kg, eller 450 g pr utsatt settefisk. Forsøkene har blitt gjentatt, men det tar i hvert fall 6 år fra fisken settes ut til forsøket er avsluttet. Imidlertid synes disse å bekrefte de gode resultatene, og derfor satses det nå betydelig på utsetninger av settefisk i vassdraget.

Vi har satt ut merket smolt av lokal stamme i elva siden 1984. Resultatene av en del av disse forsøkene har blitt rapportert tidligere (se Hansen 1990), og fram til 1990 har smolten gitt ca 7 % total gjenfangst som voksen, noe som tilsvarer ca 400 kg laks pr 1000 utsatte smolt. Det er da justert for merkedødelighet og urapporterte merker. Ca 65 % av fangsten er tatt i sjøfiskeriene.

Imidlertid ble det i 1990 startet forsøk med utsetting av smolt på forskjellige lokaliteter i vassdraget, hovedsakelig nedenfor Hellefoss og Døvikfoss, men også nedenfor Embrettsfoss og i Vestfosselva. Hensikten med dette var å få en evaluering av utsetningsstedets betydning for overlevelse og motivering for oppvandring i vassdraget. Av **tabell 2** går det fram at utsettingene i 1990, 1991 og 1992 generelt gav svært dårlig gjenfangst. Utsettingen i 1993 ga på den annen side svært god gjenfangst, mens det fra utsettingen i 1994 ennå er vanskelig å trekke noen konklusjon, da bare smålaks er inkludert. Et annet generelt trekk er at

det ikke synes å være noen systematisk forskjell i overlevelse av sammenlignbare grupper satt ut ovenfor (Embrettsfoss og Døvikfoss) og nedenfor Hellefoss. Dette tyder på at det ikke er noen betydelig dødelighet forbundet med å vandre ned både Døvikfoss og Hellefoss.

Foreløpige vurderinger av tilbakevandrende laks satt ut som smolt henholdsvis nedenfor Døvikfoss og Hellefoss i 1993 tyder på at det ikke er noen forskjell i motivering til å vandre opp laksetrappa i Hellefossen for laks satt ut på de to lokalitetene (**tabell 3**), men datagrunnlaget er lite. Foreløpig er materialet for lite til analyse av tidspunktet for passering av trappa, men forsøkene fortsetter.

3.2 Høsting

3.2.1 Bakgrunn

Laksen er, og har vært, en viktig del av næringsgrunnlaget mange steder i Norge. Før oppdrettslaksen dominerte markedet, var førstehåndsverdien svært høy, sammenlignet med de fleste andre fiskearter. I de senere år har verdien av det kommersielle laksefisket blitt kraftig redusert, mens laksen fremdeles er en svært ettertraktet sportsfisk.

Opprinnelig ble laksen fisket i elvene eller nær elvemunningene, men etterhvert som det ble utviklet effektive redskaper som kunne høste laksen i sjøen, forskjøv fisket seg utover i fjordene og mot kysten. I løpet av de siste 30 år har det skjedd store forandringer i strukturen på laksefisket. Med utvikling av nylon og monofilament garn, ekspanderte drivgarn- og krokarnsfisket. Dessuten utviklet det seg havfiskerier i Norskehavet og ved Vest-Grønland. Havfisket etter laks foregår nå innefor Færøyenes 200 mils sone og innenfor 50 mil av Vest Grønland, men er kvoteregulert, selv om kvotene har blitt oppkjøpt de senere årene for å skåne laksen. Ved Færøyene har det de tre siste fiskesesongene kun vært igang et fiske for å samle inn forskningsmateriale. Ved Færøyene er norske laksestammer den viktigste bidragsyteren til fisket, mens ved Vest-Grønland er mengden av norsk laks mer sparsom.

Fra Norge er det få undersøkelser av beskatning av laks i fiskerier. Data samlet inn fra 1960 og 1970 årene tydet på at laksen både fra Lærdalselva og Eira var meget hardt beskattet. Modeller utarbeidet på norsk laks i 1980 årene (se Hansen 1986, 1988a), og som senere ble standardisert for generell bruk (Anon. 1992) tydet på at også laksen fra Imsa var hardt beskattet i sjøfisket i Norge (se senere i oppdragsmeldingen). Tilsvarende, blir mye drammenslaks tatt i sjøfisket. Nedenfor vil vi presentere utviklingene i sjø-

Tabell 2. Rapporterte gjenfangster av voksen laks utsatt som smolt i Drammenselva 1990-94. Dataene er ikke justert for merkedødelighet og urapporterte merker, og resultatene er foreløpige. Recapture of adults Atlantic salmon, released as smolts in the River Drammen, 1990-94. The recaptures are not adjusted for tagging mortality and non-reported tags. The results are preliminary.

År	Sted	Smoltalder	Antall merket	Antall gjenfanget	% gjenfanget
1990	Embrettsfoss	2+	2940	25	0,9
1990	Døvikfoss	2+	2957	24	0,8
1990	Hellefoss	2+	2899	16	0,6
1991	Vestfossen	1+	1934	3	0,2
1991	Døvikfoss	1+	1992	7	0,4
1991	Hellefoss	1+	1995	3	0,2
1992	Vestfossen	1+	1985	18	0,9
1992	Døvikfoss	1+	1267	11	0,9
1992	Hellefoss	1+	1980	11	0,6
1993	Døvikfoss	2+	998	20	2,0
1993	Hellefoss	2+	997	21	2,1
1993	Døvikfoss	1+	999	26	2,6
1993	Hellefoss	1+	1000	41	4,1
1994	Døvikfoss	2+	951	11	1,2
1994	Hellefoss	2+	600	10	1,7
1994	Døvikfoss	1+	964	5	0,5
1994	Hellefoss	1+	1000	2	0,2

Tabell 3. Gjenfangster av voksne laks i lakse-trappene i Døvikfoss og Hellefoss og total antall gjenfangster. Fisken ble utsatt som smolt i 1993. Number of adult Atlantic salmon caught in the salmon ladders in Døvikfoss and Hellefoss, and total number of recaptured salmon from these smolt releases in 1993.

Gruppe	Totalt antall gjenfangster	Antall i trappa	Andel i trappa (%)
Døvikfoss 2+	20	12	60
Hellefoss 2+	21	12	57
Døvikfoss 1+	26	8	31
Hellefoss 1+	41	15	37

beskatningen av drammenslaks både ved Færøyene og i sjøfisket i Norge.

3.2.2 Beskatning i sjøen

Basert på merking av smolt og gjenfangst av voksne merkede individer, kan vi estimere beskatningen av laks i forskjellige fiskerier. Dette baseres på: (1) antall merkede laks som kommer tilbake til elva; (2) antall merkede laks som er tatt i fiskerier. Ved hjelp av dette kan vi estimere den øyeblikkelige dødelighet for laksen etter den har nådd fangbar størrelse. Når den aktuelle smoltårsklasse er helt utdødd, kan vi rekonstruere utviklingen i bestandsstørrelsen tilbake til stadiet fisken først kommer inn i fangst. Modellen som brukes har følgende tilnærminger og antagelser (se Hansen 1990, Anon. 1992):

- 1 All laks som ikke blir fanget vandrer tilbake til hjemelva.
- 2 Den naturlige dødeligheten etter at laksen er fangbar er 1 % pr måned.
- 3 75 % av laksemerkene blir rapportert i fisket ved Færøyene.
- 4 50 % av merkene blir rapportert fra sjøfisket i Norge.
- 5 Tidspunktet for de forskjellige fiskeriene er kjent.
- 6 All overlevende fisk er tilgjengelig for fangst.

Modellen («Run reconstruction model») er relativt grov, men robust (Anon. 1992), og brukes til å beregne beskatningen av laksestammene for de forskjellige indekser i ICES.

Den estimerte beskatning av drammenslaks ved Færøyene som er i sitt første år i havet er ubetydelig, men i enkelte år kan beskatningen av laks som er i sitt andre år i havet være stor (figur 3). I sjøfisket i Norge ser vi at beskatningen har variert mellom 25 og 80 % for smålaks og 30 og 60 % for to-sjøvinterlaks (figur 4). Det har vært en tydelig begrensning i sjøbeskatningen etter at reguleringene med totalforbud mot drivgarnsfiske ble innført fra og med 1989. Andelen av den totale fangst av drammenslaksen fra Ytre Oslofjord og Drammensfjorden er relativt stor.

3.2.3 Beskatning i elva

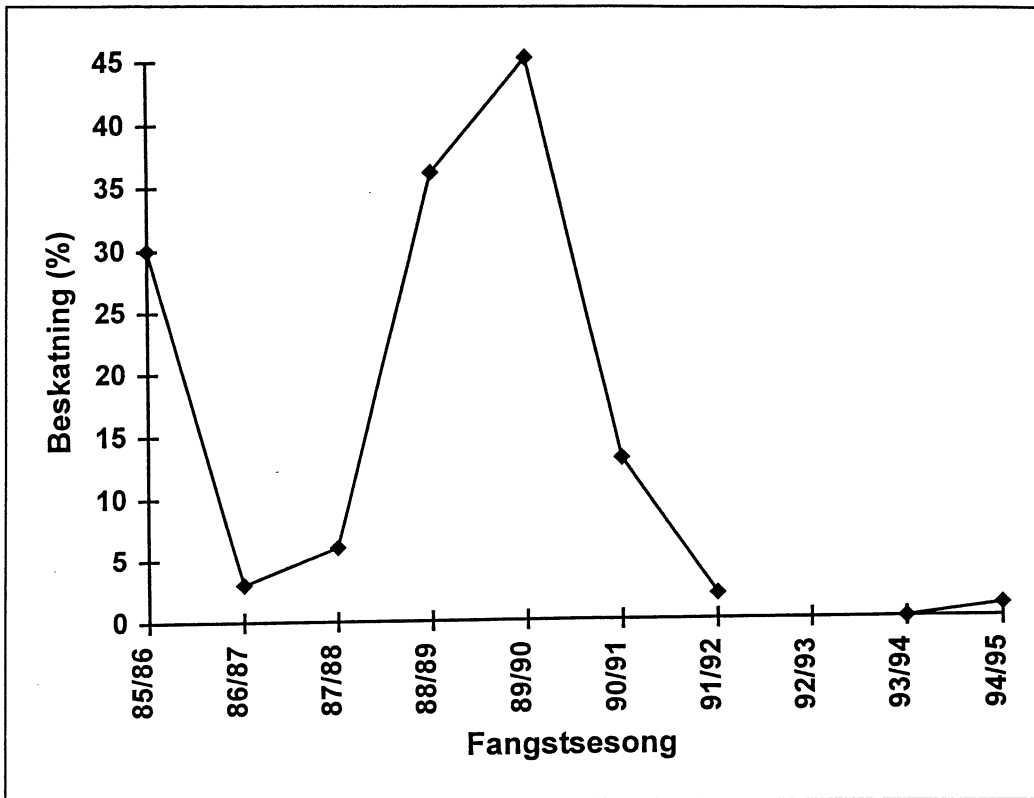
Siden 1985 har det vært mulig å beregne totaloppgang av laks i Drammenselva. Dette blir gjort ved at all laks som passerer laksetrappa i Hellefoss blir registrert. Dessuten er det gode fangstoppgaver fra sportsfisket nedenfor Hellefoss. Vi estimerer gytebestanden nedenfor Hellefossen ved merking og gjenfangst av stamfisk, og kan på bakgrunn av dette estimere beskatningen av drammenslaksen i sportsfisket (se Hansen et al. 1986, Hansen 1990). Figur 5 viser total oppgang

av laks og sjøørret i laksetrappa i Hellefossen. Maksimum oppgang av laks var i 1989 og 1990, hvor over 3 000 laks passerte trappa. Oppgangen av sjøørret har vært jevnt stigende de siste år. Den estimerte totaloppgangen av laks i Drammenselva steg fra ca 3 000 individer i 1985 til mer enn 6 000 fisk i 1990 (figur 6), hovedsakelig som et resultat av rehabiliteringsarbeidet i vassdraget. Siden 1990 har det vært en betydelig nedgang, og de siste år har den totale oppgang vært mindre enn 3 000 fisk. Det synes helt klart at dette i hovedsak skyldes effekter av *Gyrodactylus salaris*. Dessuten har hovedmengden av laksen som går opp i elva, typiske oppdrettskarakterer, som for eksempel forkortede finner og gjellelokk, hvilket viser at bestanden holdes oppe ved hjelp av utsettinger.

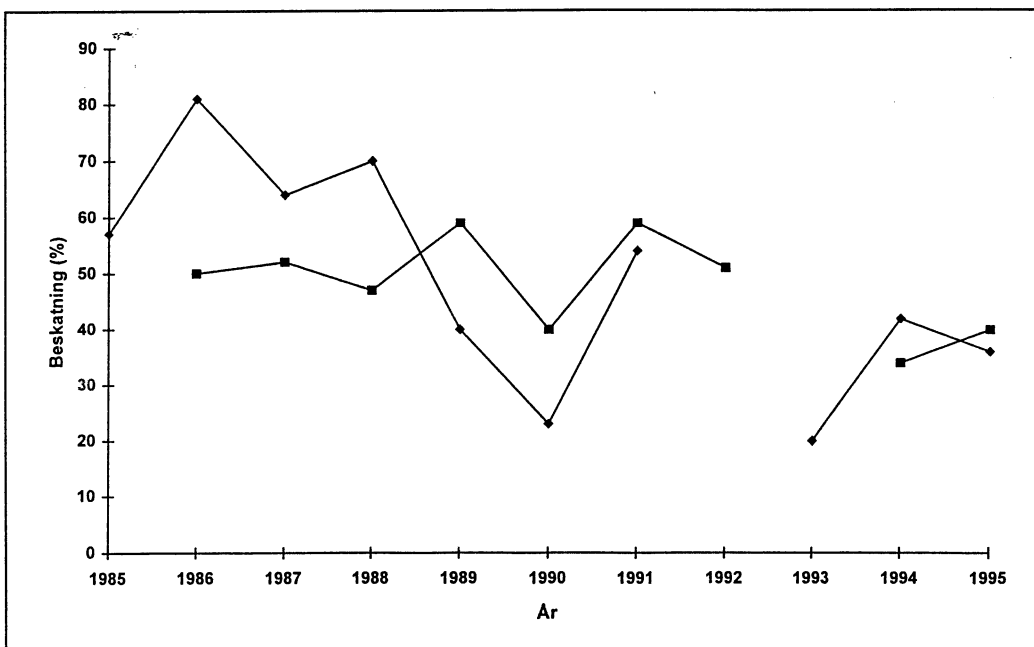
Beskatningen av laks i stangfisket ved Drammenselva har i perioden 1985 til 1995 variert mellom ca 30 % og 50 % av den totale oppgangen av laks (figur 7). Dette er et relativt moderat fisketrykk, og selv om det også er et økende fiske ovenfor Hellefossen, er det fremdeles svært mange gytefisk i systemet.

3.3 Forvaltning

Å forvalte drammenslaksen på en optimal måte er en stor utfordring. Dette skyldes i hovedsak det faktum at parasitten *Gyrodactylus salaris* spredte seg til den lakseførende delen av elva i 1987. Inntil da var laksebestanden i sterk vekst, og det rådet stor optimisme om bestandens framtid. Parasitten dreper så å si all lakseparr i elva (Eken & Garnås 1989). Fordi elva er for stor og kompleks til å rydde ut parasitten ved bruk av rotenon, er det bare mulig å opprettholde en vesentlig lakseoppgang gjennom utsetting av laksunger. Det mest lønnsomme er å sette ut laksyngel. Men til dette trengs det habitater som er fri for *Gyrodactylus salaris* og akseptable for smoltproduksjon. Det finnes slike områder ovenfor Embrettsfoss, og disse utnyttes i en viss grad til utsetting av laksunger. Lenger opp i vassdraget er det attraktive bestander av ørret. Et betydelig utsettingsprogram med laksunger på slike lokaliteter kan lett komme i konflikt med den naturlige produksjonen av ørret. Våre kunnskaper om effektene av lakseutsettinger på ørretproduksjonen er begrenset. Økonomisk sett gir utsettinger av smolt dårligere resultater, men disse vandrer ut fra elva etter utsetting og blir ikke dødelig infisert med parasitten før de forlater elva. Det er derfor viktig at oppføingskapasiteten er god for forskjellige størrelses- og aldersgrupper av laks for utsetting i elva. For tiden gjøres det utsettingsforsøk med merket fisk av flere slike grupper. Fordi laksebestanden nå i prinsipp opprettholdes ved utsettinger, er det svært viktig at det brukes mange stamfisk i kultiveringsarbeidet, og at disse er representative for bestanden. Hvis ikke kan menneskets inngripen føre til tap av

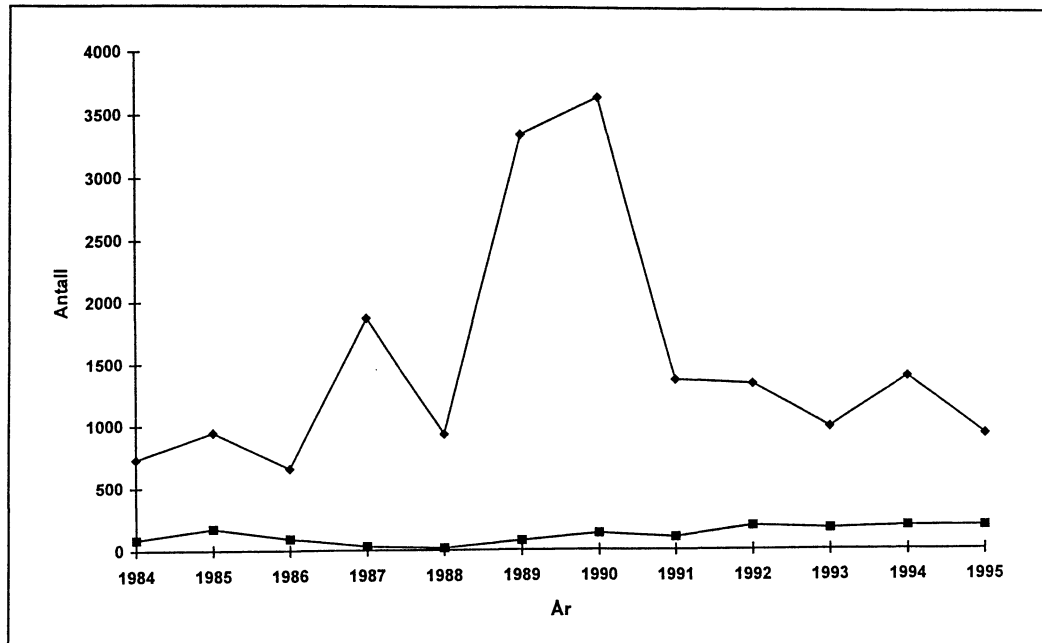


Figur 3. Beskatning av drammenslaks ved Færøylene andre vinter i sjøen. Exploitation of 2-sea-winter Atlantic salmon from the River Drammen, in the Norwegian Sea north of the Faroese Island

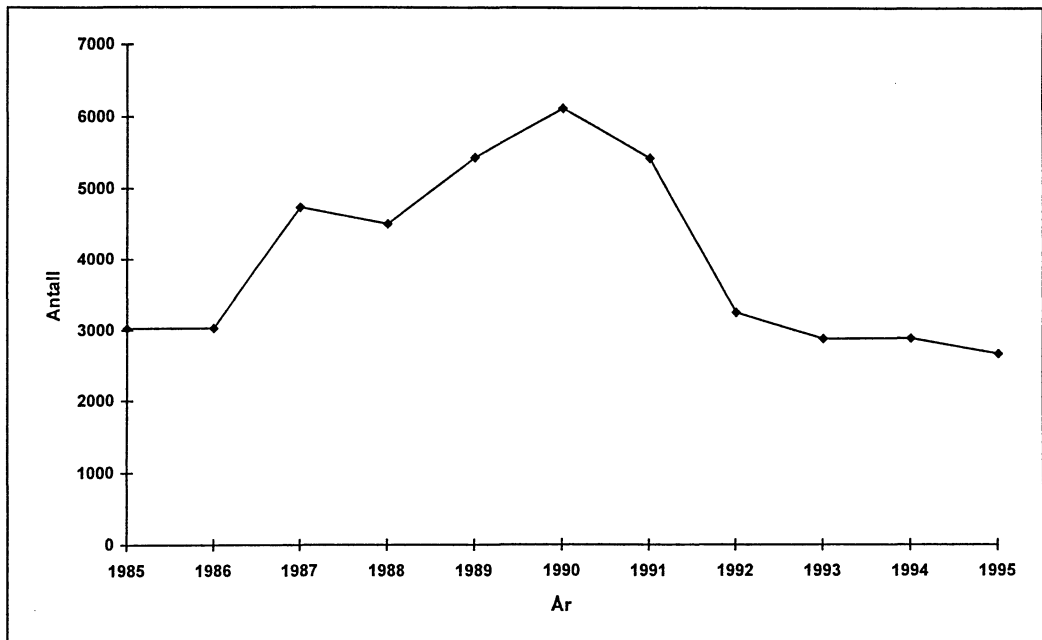


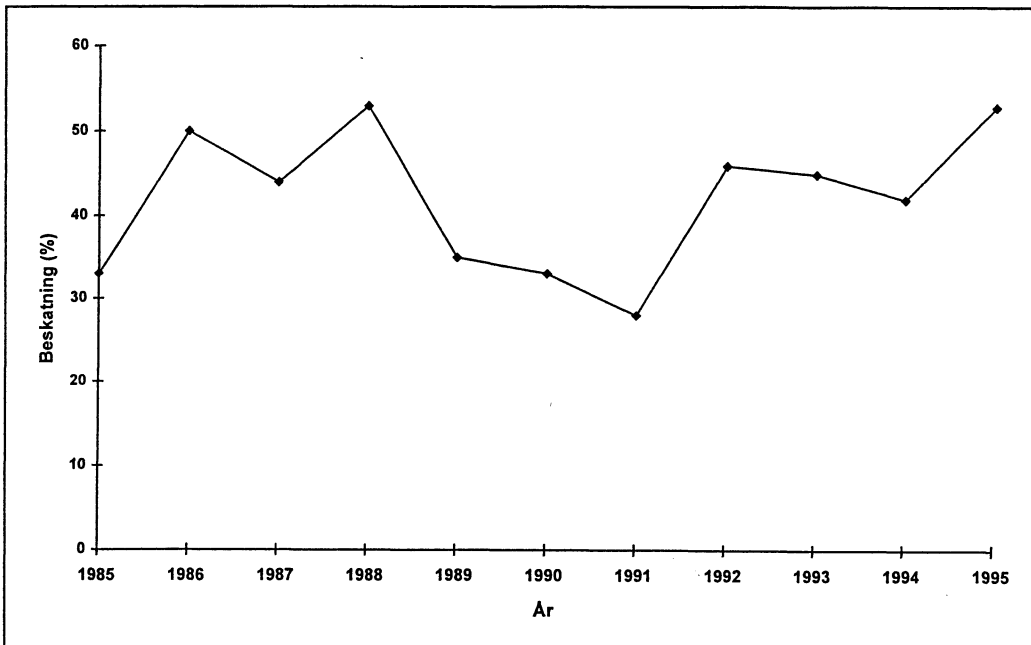
Figur 4. Beskatning av drammenslaks (1-♦ og 2-sjøvinterfisk ■) langs kysten og i fjorder i Norge. Exploitation of Atlantic salmon from the River Drammen (1-♦ and 2-■ sea-winter fish) along the Norwegian coast and in the fjords.

Figur 5. Total oppgang av laks ♦ og sjørøret ■ i laksetrappa ved Hellefossen fra 1984 til 1995. Total number of adult salmon ♦ and sea-trout ■ caught in the salmon ladder in the Hellefoss, 1984-1995.



Figur 6. Estimert oppgang av laks i Drammenselva fra 1985 til 1995. Estimated number of ascending Atlantic salmon in the River Drammen, 1985-1995.





Figur 7. Beskatning av laks i Drammenselva fra 1985 til 1995. Exploitation of Atlantic salmon in the River Drammen, 1985-1995.

genetisk variasjon og dermed til tap av lokale tilpasninger.

Laksen i Drammenselva kan høstes på en helt annen måte og beskatningen kan holdes på et høyere nivå enn for andre laksestammer fordi bestanden er basert på utsetting. I de senere år har tiden for sportsfisket blitt utvidet. Det har også blitt gjort forsøk for å se om det er interesse for å løse fiskekort på andre tider av året. For eksempel ble det våren 1995 gitt adgang for å fiske vinterstøing i en kort periode. I denne perioden har laksen svært liten matverdi, men har fremdeles verdi som sportsfisk. Dette er en form for høsting som i stor grad bryter med etiske tradisjoner og oppfatninger mange har av hvordan sportsfisket etter laks skal drives. I Drammenselva er det imidlertid biologisk sett ikke noe i veien for å øke uttaket av laks.

I de senere årene har man sett en økende mengde sjørret i laksetrappa i Hellefoss. Det synes også lokalt å være enighet om at bestanden av sjørret i Drammenselva er økende. Dette er ikke så merkelig da *Gyrodactylus salaris* ikke påvirker ørretens reproduksjon. Siden det er mer enn 20 forskjellige fiskearter i elva, kan man ikke med sikkerhet si at tapet av laksunger i deler av elva som er infisert med *Gyrodactylus salaris*, vil bidra til at bestanden av ørret vil øke.

Det er vanskelig å spå om framtiden for laksebestanden i Drammenselva. Vi har liten kunnskap om langtidsvirkningen av det pågående kultiveringsprogrammet for laks. Vassdraget vil antakelig være infisert med *Gyrodactylus salaris* i overskuelig framtid. Problemstillinger i forbindelse med dette er mange. I Drammenselva er det imidlertid mulig å studere, utvikle og justere forvaltningsregimer som både bygger

på kunnskap om det lokale økosystemet, og på generell viten ervervet fra forsøksvirksomheten i vassdraget. På grunn av de unike fasiliteter som finnes i vassdraget, de menneskelige ressurser og den lokale kompetanse som er tilgjengelige, vil Drammenselva være en viktig forsøkselv for kultivering og høsting av laks også i framtiden.

4 Laksen i Imsa

4.1 Beskatning

På samme måte som for laksen fra Drammenselva, er det mulig å beregne beskatningen av imsalaks ved Færøyene og i sjøfiskeriene langs Norskekysten og i fjordene. Som for drammenslaksen, er også beskatningstrykket for imsalaksen ved Færøyene første vinter svært liten. Årsaken til dette er at på det tidspunktet fisket foregår er imsalaksen for liten til å bli fanget. For to-sjøvinterlaks er situasjonen annerledes. Både vill- og havbeitelaks fra Imsa ble på første halvdel av 1980-tallet beskattet sterkt (**figur 8**). Senere har denne beskatningen blitt redusert som følge av begrensninger i fisket.

Sjøbeskatningen i Norge på midten av 1980-tallet var stor både for vill en- og to-sjøvinterfisk (**figur 9**). Tilsvarende gjaldt for havbeitelaks (**figur 10**). For begge laksetypene var beskatningen høyere for to-sjøvinter- enn for en-sjøvinterlaks. Det var en tydelig reduksjon i beskatningen i forbindelse med laksereguleringene som ble innført for sjøfiskeriene i 1989, men de siste årene har beskatningen igjen økt. Denne økning kan skyldes økning av fangstintensiteten i imsalaksens innvandringsvei, for vi finner ingen tilsvarende økning for laks fra Drammenselva.

4.2 Bestandsendringer

I de senere år er det rapportert om forandringer i flere laksebestander i Atlanterhavet. Overlevelsen i havet er lav og andelen storlaks er redusert. Dette undersøkes gjennom en betydelig forskningsvirksomhet. Vi har foreløpig sett en trend til lavere overlevelse i havet av villfisk fra Imsa (**figur 11**). Det synes imidlertid ikke som om det er redusert overlevelse for laks som har vært ett år i havet, men nedgangen av to-sjøvinterlaks er svært tydelig (**figur 12**). Årsaken til dette er ikke kjent, men det er viktig at denne forskningsvirksomheten fortsetter slik at vi kan bedre vår forståelse for de naturlige variasjonene i laksens vekst og overlevelse i havet.

4.3 Rekruttering

4.3.1 Bakgrunn

Enhver bestand har begrenset størrelse; dvs. den vil ikke kunne øke uten grenser, og gjennom indre mekanismer vil den bli regulert slik at den øker når den er liten og minker når den blir for stor. Tetthetsavhengige faktorer besørger denne reguleringen ved å påvirke fødsels-, dødelighets- og migrasjonsraten.

Intraspesifikk konkurranse, som er den viktigste av de tetthetsavhengige faktorene, er mest effektiv ved høye bestandstettheter. Andre faktorer som virker tetthetsavhengig er predasjon og parasittisme.

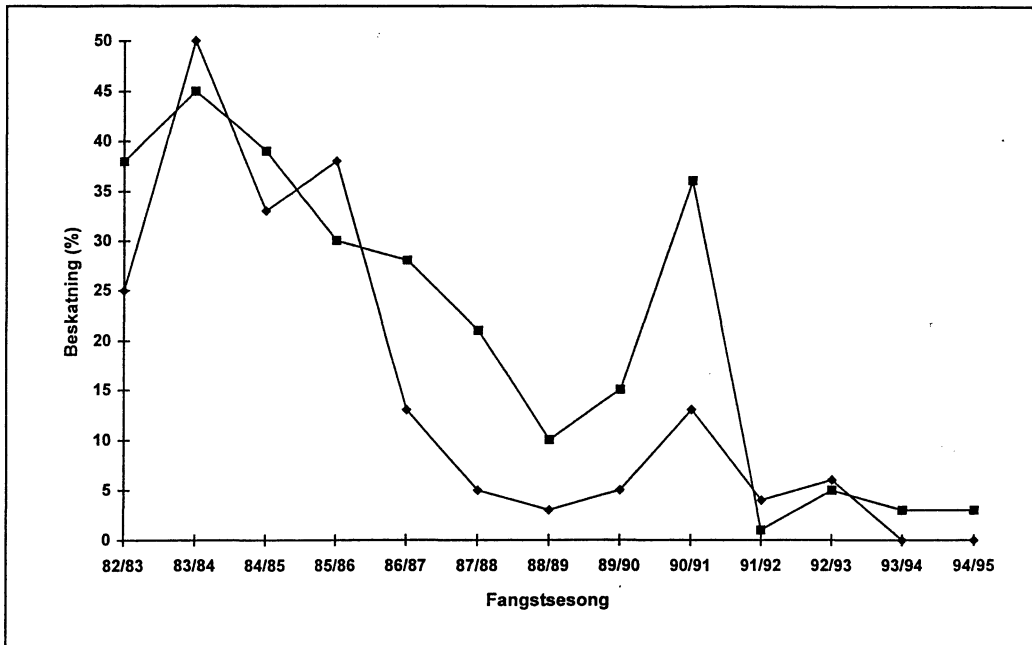
Ikke alle faktorer som påvirker bestandsstørrelsen er avhengig av dens tetthet. For eksempel oksygenmangel, ekstreme vanntemperaturer, tørke og flom er faktorer som kan virke uavhengig av tettheten. Vi kaller dem tetthetsuavhengige og de virker ikke regulerende på bestandsstørrelsen fordi effekten er uavhengig av bestandsstørrelsen. Tvert imot, de øker årsklassevariasjonen innen bestander.

Haldane (1956) framsatte en hypotese om at tetthetsavhengige faktorer var viktigst i gunstige områder med høy bestandstetthet i nærheten av områdets bæreevne, og tetthetsuavhengige faktorer er viktigst i mindre gunstige områder med lav tetthet. En undersøkelse av ørret i Lake District, England, støtter denne hypotesen (Elliott 1989). I Wilfin Beck, en liten bekk i Windermere, England, er tettheten av ørret mye mindre enn i den nærliggende Black Brows Beck. I Wilfin Beck blir ikke ørretbestandene regulert av tetthetsavhengige faktorer. Tvert imot synes rekrutteringen der å være avhengig av tettheten til foreldregenerasjonen. Årsaken til dette er antakelig at tørke og flommer holder tettheten av ørret langt under det nivået der tetthetsavhengighet vil begynne å virke. I Black Brows Beck, derimot, hvor populasjonstettheten er høy, virker tetthetsavhengig regulering som i hovedsak skjer i løpet av den første måneden etter at yngelen begynner å ta til seg næring fra omgivelsene.

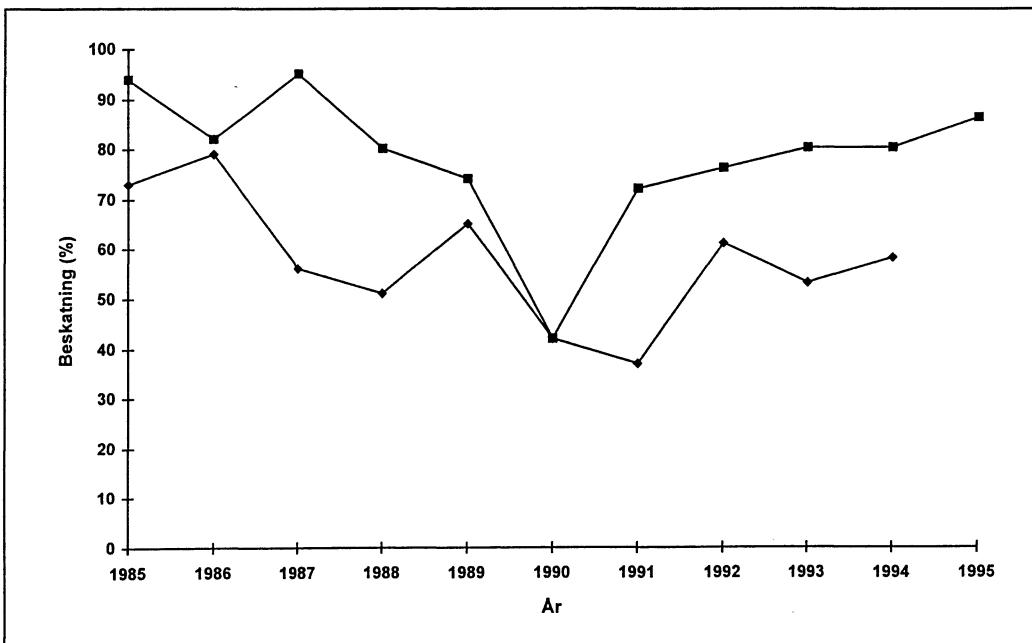
Mange arter skifter habitat i løpet av livssyklus. Disse habitatene kan ha forskjellige bæreevne, noe som kan føre til at tetthetsavhengige faktorer kan påvirke bestandsstørrelsen i et habitat, men ikke i et annet. Hos for eksempel laks, hvor ungene lever 1-7 år i ferskvann før de vandrer til havet, kan tetthetsavhengige faktorer være viktige for bestandsstørrelsen i ferskvann hvor plassen er begrenset. Forholdene i havet kan være annerledes. Der er tettheten av laks lav.

En kurve som viser sammenhengen mellom antall voksne (stock) og fremtidig rekruttering i en bestand, kalles en 'stock-recruitment' kurve. I systemer der tetthetsuavhengige faktorer påvirker bestanden vil antall avkom med en gitt alder øke lineært med antall foreldre som ga opphav til kohorten (**figur 13a**), mens det ved tetthetsavhengig regulering vil være en øvre grense for hvor stor bestanden kan bli. I det siste tilfellet følger er rekrutteringskurvene enten et asymptotisk (f.eks. Beverton-Holt-kurve) eller et pukkelformet (f.eks. Ricker-kurve) (**figur 13b og c**) forløp.

Sammenhengen mellom størrelsen på foreldrebestanden og ungeproduksjon er viktig i forvaltningen fiskebestander. Denne sammenhengen forteller om man høster et produksjonsoverskudd og fangsten

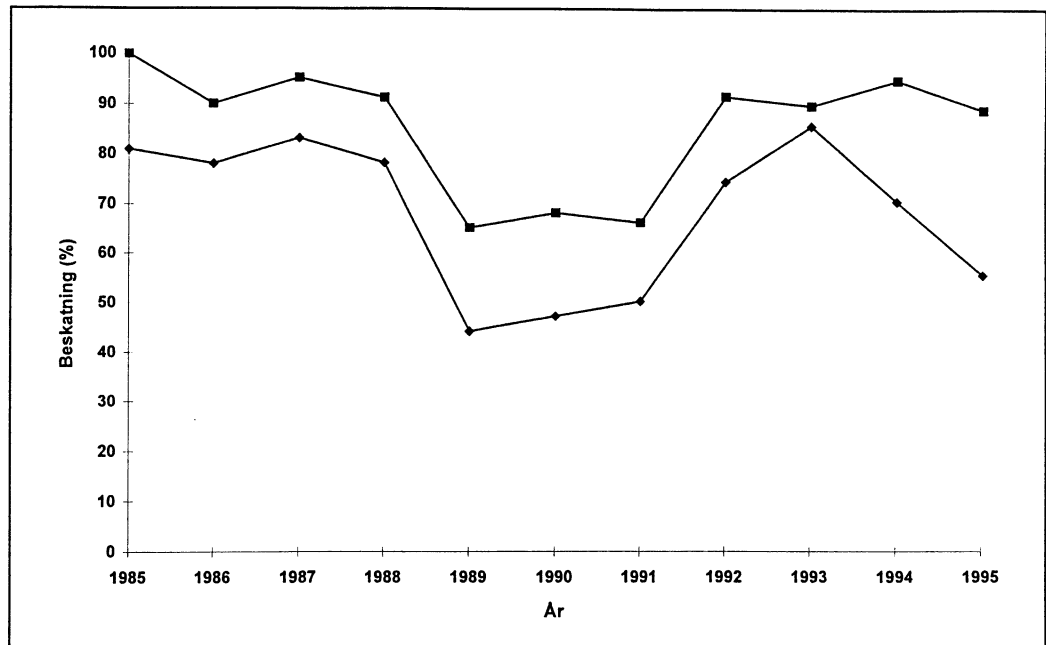


Figur 8. Beskatning i Færøfisket av to-sjøvinterlaks fra Imsa. ♦ = villfisk, ■ = havbeitfisk. Exploitation of two-seawinter salmon from the River Imsa at sea north of Faroese Island. ♦ = wild salmon from the River Imsa, ■ = hatchery-reared salmon of the River Imsa stock.

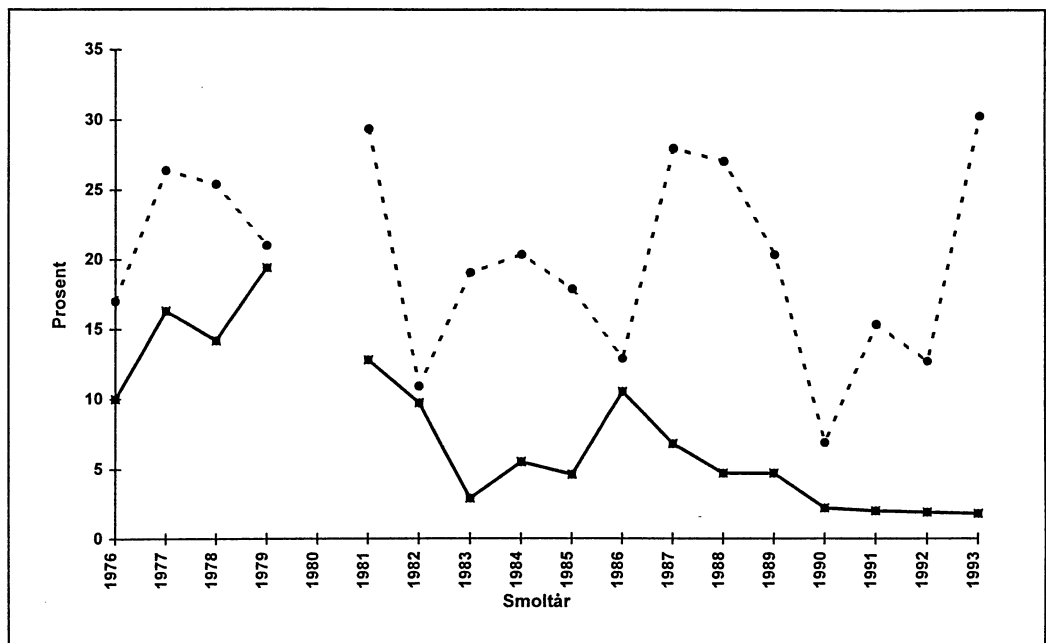


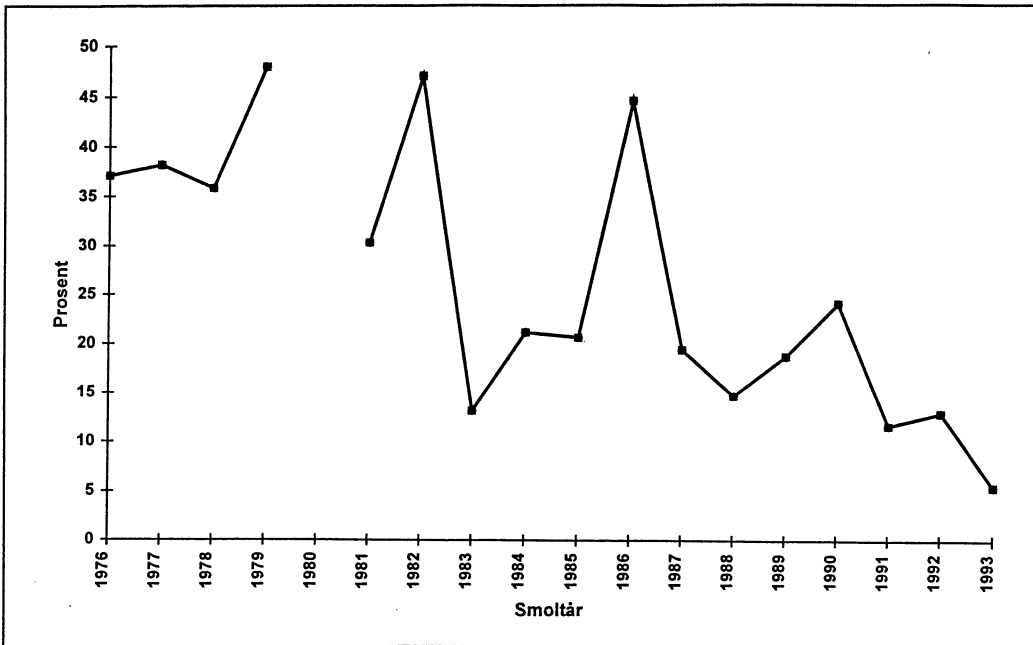
Figur 9. Beskatning av vill en-♦ og to-sjøvinterlaks ■ fra Imsa i norske sjøfiskerier. Exploitation in Norwegian coastal and fjord fisheries of wild one-♦ and two-seawinter ■ Atlantic salmon from the River Imsa.

Figur 10. Beskatning av en-♦ og to-sjøvinter ■ havbeitelaks fra Imsa i norske sjøfiskerier. Exploitation in Norwegian coastal and fjord fisheries of one-♦ and two-sea-winter ■ old hatchery-reared Atlantic salmon from the River Imsa stock.



Figur 11. Estimert overlevelse fra smolt til kjønnsmoden villaks (en-sjøvinter: - - -, fler-sjøvinter: —, merket som smolt i Imsa. Estimated survival from smolt to adults of wild Atlantic salmon from the River Imsa (one-sea-winter: - - -, multi-sea-winter: —. The salmon is tagged as smolts in the River Imsa.





Figur 12. Andelen fler-sjøvinterlaks i bestanden av villaks, merket som smolt i Imsa. Proportion of multi-sea-winter salmon relative to the total salmon production of wild smolts of the River Imsa stock.

kommer til erstatning for andre dødelighetsfaktorer, eller om fangstdødeligheten er en ekstra byrde som desimerer bestandsstørrelsen. Stock-recruitment-sammenhengen er også til hjelp hvis man skal vurdere om størrelsen av gytebestanden virker begrensende på ungeproduksjonen eller om dette i hovedsak avhenger av miljøets bæreevne. Til slutt kan forvaltningen bruke stock-recruitment-sammenhenger til å bestemme hvor stort fangsttrykk en fiskebestand kan tåle eller avgjøre hvor sterkt høstingsregime den bør utsettes for.

I dette kapitlet gir vi sammenhenger mellom antall smolt og antall egg som blir gytt i Imsa, mellom antall voksne som vender tilbake til Imsa og antall egg som ble gytt, og mellom antall voksne som overlever i sjøen og antall nedvandrende smolt. Sammenhengene er basert på 20 års innsamlinger av data fra Imsa.

Smolt

All vill, nedvandrende laksesmolt i Imsa ble talt i perioden 1975-94. I årene 1975-79 ble 1/3 av smolten individuelt merket med Carlinmerker (Carlin 1955), 1/3 ble fettfinneklippt og 1/3 ble sluppet ut i sjøen umerket. Årsaken til dette var at vi ønsket å beregne hvor stor dødelighet behandling, bedøvelse og merking påførte fisken. Tilbakevandringsraten av voksne laks, fra umerket, finneklippt og carlinmerket smolt, var 7,7 % for umerket fisk, 4,1 % for finneklippt og 3,1 for carlinmerket fisk (Hansen 1988b). Dødeligheten for carlinmerket relativt til umerket fisk ble estimert til 59,7 %. I 1980 ble all utvandrende smolt stoppet i fella, men fra 1981 ble all nedvandrende laksesmolt individuelt merket med Carlinmerker.

Aldersfordelingen til den nedvandrende smolten ble bestemt på bakgrunn av skjell. Skjellprøver ble tatt av

hver 10. smolt fra 1983 til d.d. Aldersfordelingen til smolten i årene 1975-82 har vi beregnet på bakgrunn av gjennomsnittlig aldersfordeling i perioden 1983-94.

Voksne

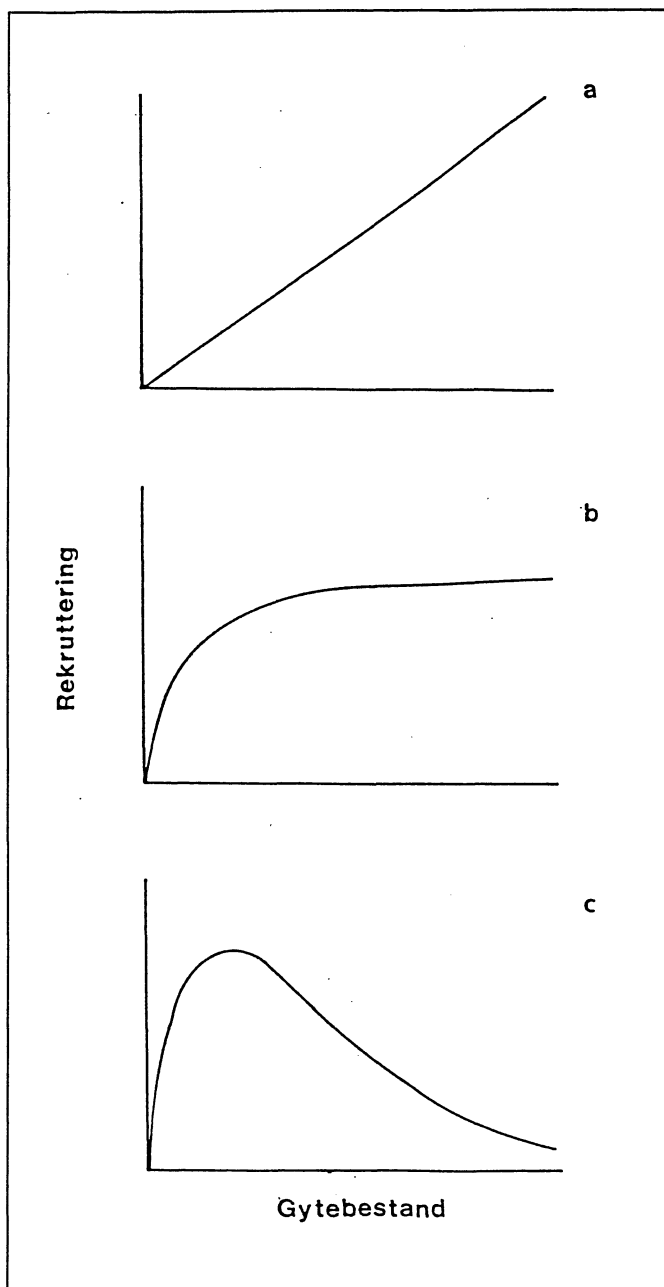
Villaksen som kom tilbake til fella ble behandlet på to måter: en del av fisken ble brukt til stamfisk, mens resten av fiskene ble satt overfor fella for å gyte i elva. Det er disse fiskene som gir opphav til neste generasjon av imsalaks og de danner derved bakgrunnen for stock-recruitment-sammenhengen. Fra 1982-90 fikk også havbeitefisk av Imsa-stammen gyte i elven. Mellom 1991-93 gytt ingen laks ovenfor fella i Imsa.

Voksne, carlinmerkete laks har blitt gjenfanget i Imsa, i andre elver og i sjøen. Gjenfangstene av laksen i sjøen og i andre elver enn Imsa ble rapportert av fiskere. De oppga lengde, vekt, sted og tid for gjenfangsten. Alle gjenfangster blir imidlertid ikke rapportert. Grove estimater viser at bare ca. 50 % av gjenfangstene rapporteres (Hansen & Jonsson 1989).

Forholdet mellom antall egg (fekunditet, F) og total kroppsvekt (V) ble beregnet etter følgende formler:

$$F = 1,22 V + 741,90, r^2 = 0.79 \text{ for villaks og} \\ F = 1,79 V + 238,18, r^2 = 0.85 \text{ for havbeitelaks.}$$

Disse regresjonene er basert på estimater fra imsalaks (Jonsson et al. 1996). Fekunditetene ble brukt for å beregne antall egg gytt. Vi forutsetter ingen dødelighet hos laksen etter at den har passert fella og at hunnene gytt alle sine egg før de forlot elva som utgytt fisk.



Figur 13. Rekrutteringskurver: a) tetthetsuavhengig bestandsøkning, b) Beverton-Holt kurve og c) Ricker kurve. Stock-recruitment curves: a) density-independent regulation, b) Beverton-Holt curve and c) Ricker curve.

Stock-recruitment beregninger

For å beregne stock-recruitment sammenhenger brukte vi følgende likning (Shepherd 1982):

$$R = a B / [1 + (B/K)^\beta],$$

der R er rekutteringen, B er biomassen og K er bæreevnen. Avhengig av verdien til kurveparameteren β viser likningen en Ricker (1954), Beverton & Holt (1957) eller Cushing (1973) kurve. Når $\beta > 1$ er kurven pukkelformet og etterlikner Rickerkurven. Når $\beta = 1$ er kurven lik Beverton and Holt, og når $\beta < 1$ likner den

Cushing likningen som også gir en asymptotisk kurve, men med et noe annet forløp enn Beverton-Holt-kurven.

4.3.2 Stock-recruitment-sammenhenger

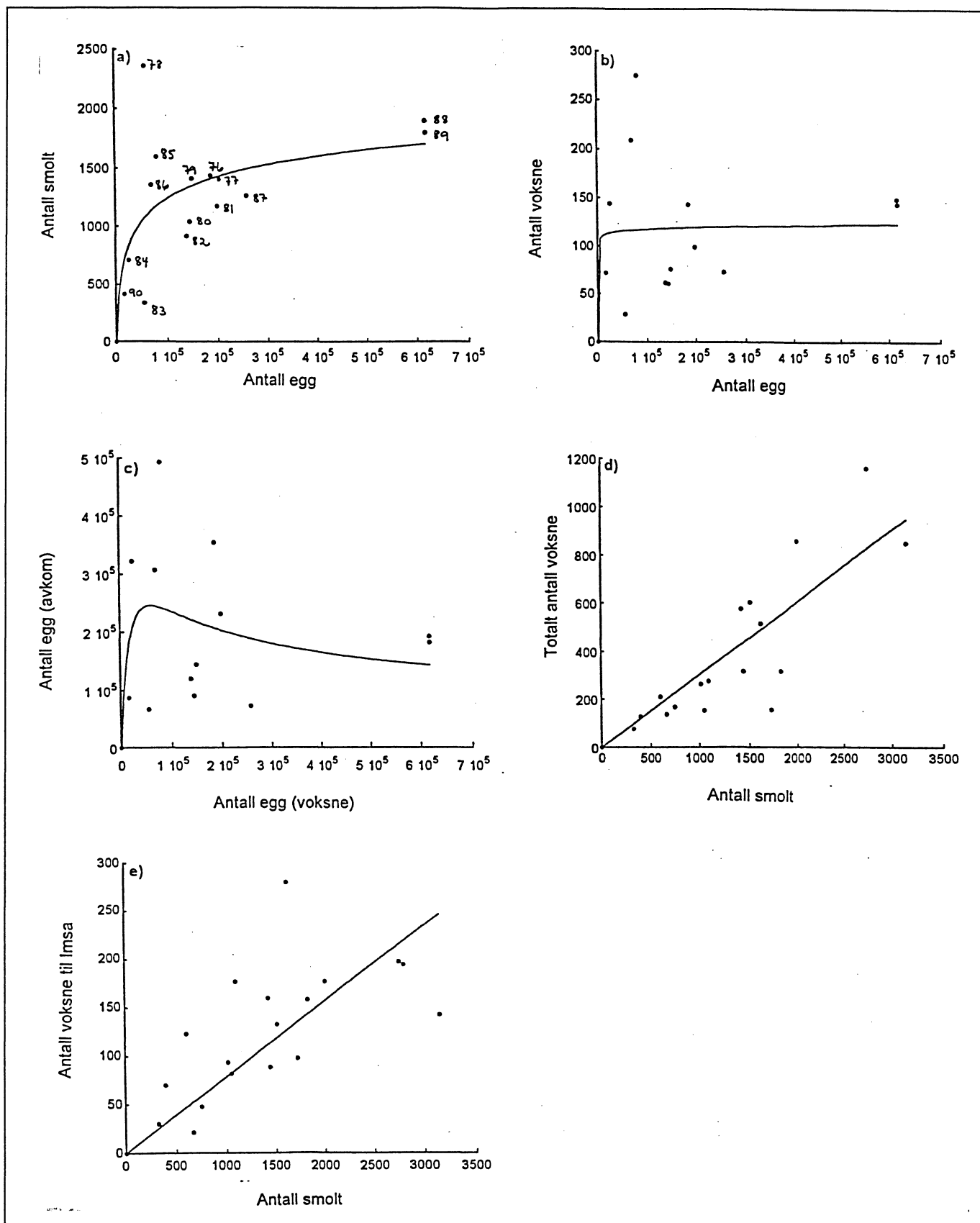
Sammenhengen mellom antall smolt og antall egg som ble gytt i lmsa er asymptotisk, og beskrevet av en 'Cushing-lik' kurve (figur 14a, $R = (0,11 B) / (1 + (B/9129,3)^{0,88})$, $r^2 = 0,49$, $df = 11$, $P < 0,01$). Økningen i antall smolt var høyest ved lave egg tettheter og flatet ut når tettheten ble større enn ca 60 000 egg. Utfra regresjonslikningen mellom fekunditet og vekt, finner vi at en villaks på 2 kg har ca 3 000 egg. Dette betyr at det trengs minst 20 hunner å 2 kg for å rekruttere elva maksimalt. Antall smolt, som ble utviklet fra egg gytt i 1978, var veldig høyt sammenliknet med alle de andre årene. Utelater vi denne smoltårsklassen i regresjonslikningen, øker determinasjonskoeffisienten fra 0,49 til 0,75 og stock-recruitment-sammenhengen blir: $R = (0,09 B) / (1 + (B/7320)^{0,77})$, $r^2 = 0,75$, $df = 10$, $P < 0,01$.

Forholdet mellom antall voksne som vendte tilbake til lmsa for å gyte og antall egg ved begynnelsen av hver årsklasse er beskrevet av en asymptotisk kurve (figur 14b), mens sammenhengen mellom antall egg som ble gytt og antall egg eggårsklassen ga opphav til er best beskrevet ved en pukkelformet Ricker-kurve (figur 14c). I disse regresjonene var imidlertid ikke sammenhengen mellom foreldregenerasjonen (antall egg gytt) og avkomgenerasjon (antall voksne eller egg produsert) signifikante.

Antall voksne som overlevde i sjøen økte signifikant med antall utvandrende smolt som de voksne utviklet seg fra. Dette gjelder både totalt antall voksne fanget i ferskvann og i sjøen ($R = 0,30 B$, $r^2 = 0,73$, $df = 15$, $P < 0,01$, figur 14d) og antall voksne som vandrer tilbake til lmsa ($R = 0,08 B$, $r^2 = 0,38$, $df = 16$, $P < 0,01$, figur 14e). Sammenhengen mellom overlevelsen av voksne i sjøen og smolttetthet er beskrevet av en rett linje gjennom origo. Dette tyder på at årsklassevariasjonen av voksne produsert fra smolt er tetthetsuavhengig, i motsetning til ungeproduksjonen i ferskvann, som var tetthetsavhengig. Det vil si at størrelsen av en årsklasse kjønnsmoden laks i hovedsak bestemmes av antall smolt som vandrer ut, og at variasjonene i forhold til den rette linje er uavhengig av bestandstørrelsen.

4.3.3 Diskusjon

Smoltproduksjonen i lmsa er maksimal når det gyter mellom 20-30 hunner der, det vil si 6-10 egg pr. m² elveareal. Hvordan er disse tetthetene i lmsa sammenliknet med andre elver? Fra Pollett River og



Figur 14. Stock-recruitment-sammenhenger hos laks i Imsa. Tallene ved punktene i a) er utvandningsår for smoltene. Stock-recruitment-relationships of Atlantic salmon from the River Imsa. The figure given at each point in a) is the year of smolt descent.

sideelver til Miramichi River i Canada har Elson (1957, 1962, 1975) estimert at 2,4 egg pr. m² gyteareal vil gi optimal smoltproduksjon. Denne eggtettheten har blitt benyttet som optimalverdi for Atlantisk laks i canadiske elver (Chadwick 1985). Chadwick (1982) hevdet imidlertid at denne verdien kan være for lav, fordi hans studier i Western Arm Brook, Newfoundland, ga fortsatt bestandsvekst ved tettheter opp mot 2,4 egg pr. m². Bæreevnen var således høyere. I Girnock Burn, en liten elv i Skottland (gjennomsnitt 6,6 m bred og med et nedslagsfelt på 2800 ha), ble antall oppvandrende gytefisk og nedvandrende smolt registrert i ei felle (Buck & Hay 1984). Tellingene viste at det var store årlige variasjoner i antall hunn laks som gytte i Girnock Burn hvert år (mellom 29-127). Tross dette var variasjonene i antall utvandrende smolt små (900-5600). Buck & Hay (1984) fant at eggtettheter fra 3,4 pr. m² ga maksimal smoltproduksjon. Disse verdiene er lavere enn våre resultater fra Imsa.

Ut fra våre estimater fant vi ikke tegn på tetthetsavhengig regulering av laks i sjøen. Dette betyr at bæreevnen for laks i havet er langt høyere enn dagens nivå og all fangstdødelighet virker reduserende på bestanden av voksen fisk. Det vil si at fangstdødeligheten ikke kommer til erstatning for, men som et tillegg til andre dødelighetsfaktorer i havet.

4.4 Erfaringer fra havbeite

På Imsa har man drevet havbeiteforskningen siden 1981. Hovedkonklusjonen fra denne virksomheten er gitt i (Hansen & Jonsson 1994). En viktig konklusjon er at det finnes et potensiale for å drive havbeite med laks i Norge på en fordelaktig måte, under forutsetning at vi tar hensyn til en rekke biologiske og miljømessige faktorer. Skal man drive en bærekraftig havbeitevirksomhet krever dette (1) en smoltproduksjonsstrategi, (2) en utsettingsstrategi og (3) en høstingsstrategi. Dette skal sikre maksimal overlevelse, tilbakevandring og avkastning, sikre at virksomheten ikke skaper uønskede miljøproblemer og interaksjoner med ville laksebestander, og sikre at havbeite blir økonomisk lønnsomt. For å sikre høyest mulig avkastning og redusere sannsynligheten for at havbeitelaks som ikke blir høstet vandrer opp i vassdrag for å gyte, bør man høste all fisk som kommer tilbake. Dessuten bør man høste havbeitelaks separat fra vill laks, fordi økt fisketrykk på blandede bestander som et resultat at mer laks er tilgjengelig, vil bidra til uønsket økt beskatning av den ville laksen.

Hvis havbeitelaksen bare blir delvis oppfisket, vil resten interferere med vill laks i elver og gyte der. Mulighetene for fortjeneste i havbeitevirksomhet er størst og den negative påvirkningen på naturlige laksebestander er minst i store elver, spesielt der hvor

forskjellige omstendigheter har ført til at det ikke lenger er naturlig reproduksjon av laks. Her kan et bra havbeite utføres med storvokste laksestammer, som vil komme tilbake til elva relativt tidlig om sommeren, når kjøttkvaliteten er på topp. Feilvandringen til andre elver vil være relativt liten. Havbeitevirksomhet i små vassdrag bør drives med smålaksstammer som er mindre sensitive for høy vannføring for å vandre opp i elva. Men i somrer med tørke og liten vannføring, kan feilvandringen være stor. Utsettinger direkte i sjøen bør unngås fordi det er vanskelig å høste fisken som kommer tilbake, samt det forhold at feilvandringen er meget stor. Fisk med smittsomme sykdommer må ikke settes ut. Økonomien i et havbeiteprogram vil kunne bli betydelig forbedret hvis laksen helt eller delvis blir høstet i et sportsfiske.

Det er dessuten klart at naturlig dødelighet, vekst og sjøalder ved kjønnsmodning varierer, og kan gi varierende grad av avkastning. Dessuten er avkastningen i et privat havbeiteopplegg i høyeste grad avhengig av beskatningen av laksen før den kommer hjem. Havbeitevirksomheten kan føre til feilvandring med mulighet for betydelige miljøeffekter. Feilvandring, forhold som påvirker feilvandring og miljøeffekter av dette er gjennomgått i det følgende kapittelet.

4.5 Feilvandring hos havbeitelaks og miljøeffekter av dette

4.5.1 Hvor stor er feilvandringen?

Feilvandrere av havbeitelaks er fisk som vandrer opp i andre vassdrag enn der de ble utsatt og reproduserer der. I de eksperimentene som blir rapportert nedenfor regner vi imidlertid også ut feilvandring hos laks som ble utsatt i sjøen. Dette er gjenfangster av kjønnsmoden fisk fra andre vassdrag enn Imsa. I alle eksperimentene er det brukt laks av Imsa-stammen.

De årlige utsettingene nederst i Imsa viste at havbeitelaksen som kjønnsmoden fisk i hovedsak vandret tilbake til utsetningslokaliteten, men at det hvert år forekom en del feilvandrere (**tabell 4**). For Imsasmolt utsatt nedenfor fangstfella i Imsa er observert feilvandring til andre elver ca 14 % i gjennomsnitt for smolt utsatt perioden 1981-94. Årlig variasjon er mellom 3 og 23 prosent, med unntak av to år, 1982 og 1983. I disse to årene med spesielt høy feilvandring, ble smolten utsatt direkte i sjøen ved utløpet av Imsa gjennom utløpene fra oppdrettskarene, og ikke like nedenfor fella, slik tilfellet var alle de andre årene.

Feilvandrerne er fordelt på mange vassdrag, men de fleste er fanget i nærliggende elver på Jæren og i Ryfylke som Figgjo, Håelva, Suldalslågen og Fråfjord-elva. De fleste av fiskene er tatt i større elver, men noen få er fanget i mindre systemer. En feilvandrer er

Tabell 4. Fordelingen av gjenfangster mellom Imsa og andre vassdrag av imsalaks utsatt som carlinmerket smolt nedenfor fiskefella i Imsa, 1981-94. Smolten var omtrent likt fordelt mellom ett-årig og to-årig fisk. *Smolten ble utsatt i munningen av Imsa. Recaptures of adult Atlantic salmon in the River Imsa and in rivers other than the River Imsa. The fish, which originated from the River Imsa stock, were Carlin-tagged and released as smolts downstream the trap in the River Imsa 1981-94. Equal numbers of 1- and 2-year-old smolts were used. * The smolts were released at the mouth of the River Imsa.

Smolt utsatt	Gjenfangster							
	Imsa		Rapportert fra andre elver		Beregnet ved beskatning 50%		Beregnet ved beskatning 20%	
År	N	%	N	%	N	%	N	%
1981	81	90,0	9	10,0	18	18,2	45	35,7
1982*	12	52,2	11	47,8	22	64,7	55	82,1
1983*	7	53,8	6	46,2	12	63,2	30	81,1
1984	18	78,3	5	21,7	10	35,7	25	58,1
1985	108	77,1	32	22,9	64	37,2	160	59,7
1986	157	83,1	32	16,9	64	29,0	160	50,5
1987	372	89,0	46	11,0	92	19,8	230	38,2
1988	132	97,1	4	2,9	8	5,7	20	13,2
1989	40	87,0	6	13,0	12	23,1	30	42,9
1990	52	89,7	6	10,3	12	18,8	30	36,6
1991	159	80,7	38	19,3	76	32,3	190	54,4
1992	116	85,9	19	14,1	38	24,7	95	45,0
1993	182	86,3	29	13,7	58	24,2	145	44,3
1994	204	85,7	34	14,3	68	25,0	170	45,5
Sum	1640		277		554		1385	
Gjennom -snitt		85,6		14,4		25,3		45,8

tatt så langt vekk som i en svensk bekk nær Göteborg. Det er også tatt enkelte fisk i store elver som i Nume-dalslågen i Vestfold og Eira i Møre og Romsdal. En del feilvandrerne ble også tatt i de store Sørlandselvene.

Den observerte feilvandringen er et minimumsestimat. Årsaken til dette er at vi i Imsa har en fangstinnretning som fanger all oppvandrende laks, mens fangsten i andre vassdrag er gjort med sportsfiskereds-kaper i fiskesesongen og i stamfiske, der dette foregår, om høsten. Videre blir bare en del av de observerte feilvandrerne rapportert. I **tabell 4** har vi også beregnet feilvandringen til andre elver ved en beskatning på 20 og 50 %. Dette ga estimerte feilvandringer på henholdsvis 46 og 25 %. Vi regner i gjennomsnitt med at bare ca 50 % av gjenfangstene fra utsatt carlinmerket laks blir rapportert til merkesentralen ved NINA.

Hvor stor er feilvandringen sammenliknet med vill imsalaks? Den observerte feilvandringen hos villsmolten har variert mellom år, men gjennomsnittet for

1981-87 var 9,5 %, med årlig variasjon mellom 0 og 25 %. Feilvandringen for villsmolt var signifikant lavere enn for oppdrettet imsalaks i samme periode (Jonsson et al. 1991a). Den høyeste feilvandringen hos villsmolten var i 1982, samme år som havbeite-smolten feilvandret mest.

4.5.2 Faktorer som påvirker feilvandringen

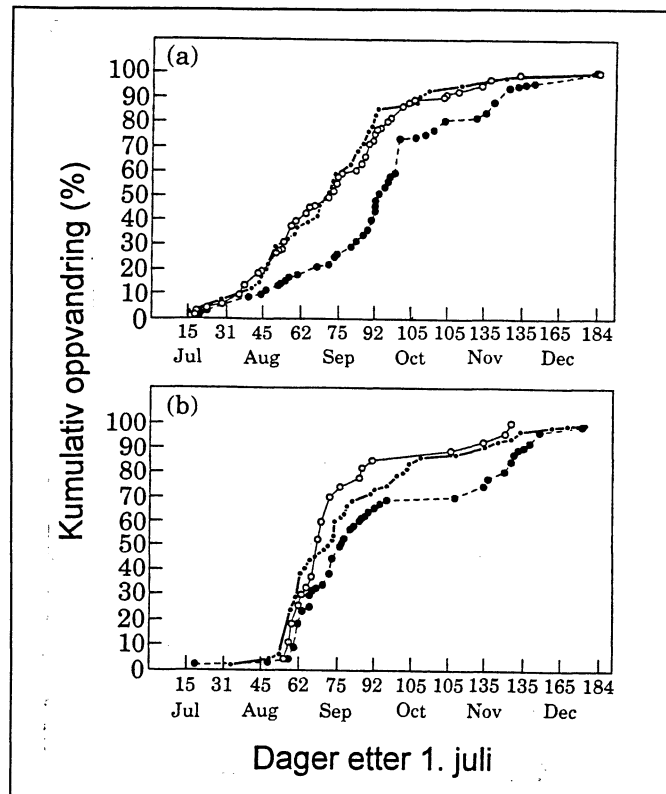
Utsettinger med imsalaks viser at både utsettingsstedet, utsettingstidspunktet, størrelsen på utsettingsvassdraget og avstanden fra utsettingselva til andre elver har betydning for feilvandringen.

Observerert feilvandring var spesielt høy i to år, 1982-83 (tabell 4). Begge disse årene, hvor tilbakevandringen forøvrig var lav, ble smolten utsatt i sjøen ved elvemunningen, og ikke oppe i vassdraget. For å teste om avstanden fra elvemunningen påvirket feilvandringen ble smolt utsatt ved Bergsagel, ca. 4 km fra Imsa og ved Kvitsøy, i smoltens utvandningsvei, ca. 40 km utenfor Imsa. Utsettingene 4 km fra munningen ga en feilvandring på ca. 25 %, hvilket er høyere enn for de fleste utsettingene i Imsa (Hansen & Jonsson 1991). Utsettingene 40 km vekk, ga en feilvandring i forhold til imsalaks på 90 % (Hansen et al. 1993). I det siste tilfellet var gjenfangst i Imsa langt mindre vanlig enn gjenfangst i de største Jærelvene. På heimvandring syntes de fleste fiskene å søke forbi Boknafjorden og i stedet vandre opp i de største nærliggende vassdragene, etter at de hadde passert Kvitsøy. Utsettinger av smolt i Surna, i fjorden utenfor og i sjøen viser også klart at utsettingsstedet påvirker tilbakevandring/feilvandring hos laks (Gunnerød et al. 1988).

Hvorfor øker feilvandringen når fisken utsettes utenfor elvemunningen? Gjenfangstkartene fra utsettingene (f. eks. Hansen et al. 1993) viser at den kjønnsmodne laksen vandrer tilbake til det stedet der den ble utsatt som smolt, om dette er i sjøen eller i vassdrag. Har fisken blitt utsatt i sjøen vil gytefisken deretter spre seg til nærliggende elver, spesielt foretrekker den store elver. I en undersøkelse av faktorer som påvirket feilvandringen fant Hindar et al. (1992) at elvas størrelse og størrelsen på den stedegne laksebestanden, påvirket feilvandringen hos villaks. Laks fra store elver og store bestander har mindre feilvandring enn de fra mindre elver og mindre bestander.

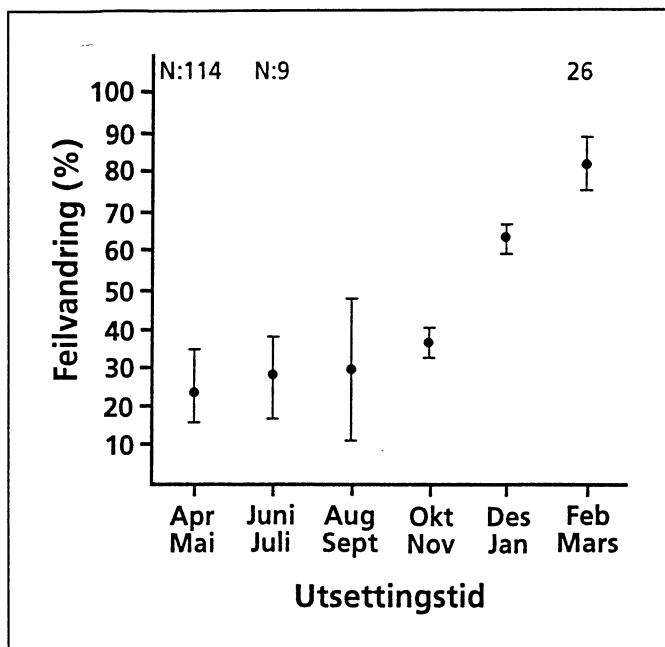
For å teste hvor spesifikk tilbakevandringen er, ble grupper av smolt utsatt like nedenfor og 800 m ovenfor fiskefella i Imsa. Tidspunktet for tilbakevandringen av den kjønnsmodne laksen året etter, ble kontrollert (figur 15). Det viste seg at fisk satt ovenfor fella vandret oppover vassdraget ca. 1 måned tidligere enn de som ble utsatt nedenfor fella. Det var ingen forskjell i tilbakevendings-tidspunkt for villsmolt produsert ovenfor fella i Imsa og smolt som ble utsatt ovenfor fiskefella og vandret ut få timer etter utsetting (Jonsson et al. 1994). Det var en tendens til at fisk utsatt ovenfor fella feilvandret mindre enn de som ble utsatt nedenfor, men i forsøkene var denne forskjellen ikke signifikant. Utsettinger av smolt på forskjellige steder i elvene Orkla, Gaula og Alta støtter resultatene fra Imsa (Hvidsten et al. 1994). Den voksne laksen i disse elvene vandret tilbake i størst antall til det stedet i elva hvor de ble utsatt som smolt. Liknende resultater er også funnet hos stillehavslaks (e.g. Quinn & Fresh 1984).

For å teste utsettingstidspunktets betydningen for feilvandringen ble grupper av carlinmerket smolt utsatt hver måned gjennom ett år ved Bergsagel, 4 km fra Imsa (figur 16). Observerte feilvandring var lavest for



Figur 15. Oppvandring av kjønnsmodne havbeitelaks satt nedenfor fiskefella (●) og 800 m ovenfor fiskefella (○) i a) 1990 og b) 1991. Figuren viser også tidspunktet for oppvandring av vill imsalaks i de samme årene (•), (etter Jonsson et al. 1994). Time of river ascent of adult hatchery-reared Atlantic salmon from the River Imsa stock. The fish were released as smolts downstream the trap (●) and 800 m above the trap (○) in the River Imsa in a) 1990 and b) 1991. Time of ascent of wild River Imsa fish is also given (•) (from Jonsson et al. 1994).

smolt utsatt vår og sommer og høyest for fisk utsatt vinterstid. Utsettingene vinterstid ga høyest antall feilvandrer, og disse ble også fanget lengst vekk fra Imsa. De fleste av dem gikk opp i elver som renner ut nord for Imsa (Hansen & Jonsson 1991). Dette viser at feilvandringen er lavest for fisk utsatt i den perioden laksen naturlig vandrer til havs. Forsøk der man holder tilbake og fører laksesmolten i mærer om sommeren for utsetting om høsten ('delayed release') for derved å øke fiskens overlevelse, vil samtidig øke sannsynligheten for spredning av fisk til andre vassdrag.



Figur 16. Feilvandring hos havbeitelaks av imsa-stammen utsatt hver måned gjennom et år ved Bergsagel, ca. 4 km fra utløpet av Imsa (etter Hansen & Jonsson 1991). Straying of sea-ranched Atlantic salmon from the River Imsa stock, released each month during a year at Bergsagel, ca. 4 km from the mouth of the River Imsa (from Hansen & Jonsson 1991).

4.5.3 Gytesuksess hos havbeitelaks i konkurranse med villaks

I en undersøkelse foretatt i løpet av 1980-tallet ble det klart at atferden til oppdrettslaksen skilte seg fra villaksen. Den kjønnsmodne havbeitefisker vandret seinere opp i vassdragene om høsten enn villfisker. I gytetida vandret de mer opp- og nedover i elva uten å etablere seg i et bestemt område enn den stedegne villaksen, og etter gyting forlot de elva tidligere enn den ville fisken. Mange av havbeitefiskene, og hannene i særdeleshet, utvandret før gyteperioden var over, en del av dem hadde ikke engang gytt. Videre ble havbeitelaksen hardere og oftere skadet enn villaksen under konkurransen på gyteplassen (Jonsson et al. 1990, 1991a). Disse resultatene ga opphav til eksperimenter der gyteatferden til havbeitelaks i konkurranse med villaks ble undersøkt under seminaturlige forhold i gytearenaer ved NINA Forskningsstasjon på Ims.

I disse forsøkene ble like antall av gytemodne hanner og hunner av havbeitelaks- og villaks utsatt i 70 m² store gytearenaer. De to laksetypene hadde samme gyteatferd, og hos hunnene var det ingen tydelig forskjell i hvor mange gytegrøper de lagde, andel av eggene som ble holdt tilbake etter gytingen eller overdekkingen av rogn etter befruktning, slik at gyte-

suksessen ikke ble signifikant forskjellig. Havbeitehannene på sin side var like aggressive og kurtiserte hunnene like mye som de ville hannene gjorde. De hadde imidlertid dårligere evne til å forplante seg med hunner, slik at deres gjennomsnittlige gytesuksess bare ble halvparten av det de ville konkurrentene med tilsvarende kroppsstørrelse hadde. Totalt hadde havbeitelaks noe dårligere gytesuksess enn villaks når de konkurrert under like vilkår (Jonsson & Fleming 1993). Dette er samme resultat som feltundersøkelsene i Imsa viste (Jonsson et al. 1990, 1991a).

Dette viser klart at kjønnsmoden havbeitelaks som vandrer opp i vassdrag gyter og at deres gytesuksess er lik eller noe dårligere enn det tilsvarende villfisk har. Hvis havbeitefisker har gått i oppdrett gjennom flere generasjoner eller er av fremmed opprinnelse kan man vente at forskjellen i gytesuksess blir større (Jonsson & Fleming 1993, Fleming et al. 1994, 1996).

Hva skjer med avkommet? Disse forsøkene sier lite om levedyktighet og konkurranseevne hos avkommet sammenliknet med avkom av vill stedegen fisk. Det foregår imidlertid nå forsøk i Imsa med målsetting om å belyse dette, men fortsatt er dette forholdet ukjent. Det er imidlertid klarlagt at avkom av feilvandrerer som overlever vil vandre til havs og returnere til det nye vassdraget. Unger av feilvandrerer har således fått en ny hjemmeelv.

4.5.4 Hvilken effekt har havbeitelaksen på villaksen?

Havbeitefisker vandrer opp i vassdrag for å gyte i konkurranse med stedegen fisk. Delvis vil havbeitefisker gyte innbyrdes, og delvis vil havbeitefisker krysse seg med vill, stedegen laks og gi «hybridavkom». Det er spesielt ville hanner som vil befrukte havbeitehunner. Genstrømmen den andre veien, fra havbeitehanner til ville hunner, vil være mindre.

Genetiske effekter

Den genetiske effekten av disse innkryssingene avhenger både av omfanget og den genetiske forskjellen det er mellom villfisker og havbeitefisker. Dess større genstrøm og dess større genetisk forskjell det er mellom villfisk og oppdrettsfisk, dess større blir effekten. Ofte har havbeitefisker tapt genetisk variasjon sammenliknet med villfisk, eller de kan være skjevt sammensatt genetisk sett, sammenliknet med villfisker. Hvis havbeitefisker opptrer i store antall vil dette kunne ha betydelig genetisk påvirkning på den lokale bestanden. Hvilke følger dette får på lengre sikt er imidlertid fortsatt usikkert. Dette kan bare vurderes på bakgrunn av langtidsstudier og ved å se på de effektene man kjenner fra de lakseutsettingene som allerede har foregått gjennom mer enn hundre år.

Disse erfaringer kan sammenfattes i følgende to punkter (Hindar & Jonsson 1996, Jonsson 1995):

- 1 De genetiske effektene er ofte uforutsigbare. I noen tilfeller har den utsatte fisken ført til gjennomgripende genetiske forandringer hos villfisken, gjennom fullstendig samavl eller også fortrenging av den lokale populasjonen. I andre tilfeller er det ikke påvist noen genetiske forandringer.
- 2 I de tilfellene der det er funnet effekter på økologiske egenskaper, ser disse alltid ut til å være negative sammenliknet med forholdene hos den lokale bestand før påvirkningen.

Det er eksempelvis observert redusert bestandsstørrelse i generasjonen etter utsetting hos to arter av stillehavslaks. Det er også dokumentert bestandsvekst hos regnbueørret etter at man sluttet å sette ut fisk. Det er videre vist negative forandringer i en rekke egenskaper som kan forklare disse observasjonene, slik som redusert yngeloverlevelse, dårligere territorialitet og skjulatferd hos yngel, lavere overlevelse i sjø og elver før gyting, økt feilvandring og dårligere motstandsdyktighet mot sjukdommer.

Disse observasjonene tyder på at villfisken er lokalt tilpasset, og at spredning av havbeitefisk kan være med på å bryte ned disse tilpasningene.

Andre effekter

I de tilfellene vi setter ut sjuk fisk eller fisk som har parasitter vil havbeite føre til økt spredning av sjukdommene. Er sjukdomspresset stort, vil utsetting av vaksinert fisk indirekte kunne påvirke den genetiske sammensetningen i bestander. Årsaken til dette er at vaksinert havbeitefisk da vil kunne øke sin overlevelse sammenliknet med uvaksinert villfisk, og dermed sin relative representasjon i neste generasjon. Vaksinasjon virker også negativt inn på fiskens egen utvikling av sjukdomsresistens.

Havbeitefisk vil konkurrere med villfisk om næring. Dette gjelder spesielt avkommenes konkurranse i elvene. Havbeite kan også gi økt antall hybrider mellom ørret og laks. Disse hybridene konkurrerer med villfisken om mat, men de reproducerer ikke. Hva som skjer om slike hybrider skulle være fertile og tilbakekrysses undersøkes nå i et EU-prosjekt der NINA deltar.

Havbeitefisk konkurrerer med villfisken om partner og gyteplass, og ved høye tettheter kan de virke negativt ved at de kan grave opp allerede gytte rogn, selv når de er konkurransemessig underlegne og må vente med å gyte til gyteområdene blir ledige seint i sesongen.

4.5.5 Hvorfor har havbeitelaksen redusert forplantningsdyktighet?

Viktige årsaker til at havbeitefisk har dårligere gytesuksess enn vill laks kan være at havbeitefisk mangler kunnskaper om gyteelva som villaksen skaffet seg i ungestadiet, at havbeitefisk er mindre forsiktige når de konkurrerer slik at de blir såret mer, har morfologiske svakheter utviklet under oppdrettet som f.eks. finnedeformasjoner og at de har en annen genetisk sammensetning på grunn av stamfiskvalg og endret seleksjonstrykk under oppdrettet (Fleming et al. 1994, 1996).

4.5.6 Hvordan kan miljøeffekten av feilvandret havbeitelaks begrenses?

Feilvandringen blir minst hvis man setter ut frisk smolt i store vassdrag på den tiden villsmolten naturlig vandrer til havet. Dette vil gi minst mulig feilvandring. Vassdragene bør enten mangle egen bestand eller ha en sterk, naturlig bestand som er godt rustet til å motstå genetiske endringer på grunn av gyting av havbeitefisk. Havbeitefisk bør videre ha en genetisk sammensetning som er mest mulig lik den den ville bestanden har, og man bør så effektivt som mulig fange havbeitefisk før den vandrer opp i elver for å gyte. Ved siden av å redusere miljøeffekten gir dette god økonomi.

Vi vil fraråde et kommersielt havbeite der smolten settes direkte i sjøen, der utsettingene skjer i små kystvassdrag med svake lokale bestander eller smoltutsettinger utenom den perioden villsmolten naturlig vandrer til havs. Dette gir stor feilvandring og således en sterk negativ miljøeffekt ved havbeite.

5 Videre oppgaver

Viktige områder som bør behandles i den videre lakseforskningen i Imsa og Drammenselva er:

- (1) stock-recruitment-sammenhenger for flere vassdrag for å kunne komme fram til anbefalinger om hva som er optimal eggtetthet for norske lakselver,
- (2) lakseproduksjon (vekt og energi) i forhold til egg-tettheten i vassdrag,
- (3) produksjon (vekt og energi) av utsatt laks sammenlignet med villaks fra samme stamme, i samme tidsrom og i samme vassdrag og
- (4) betydningen av kjønnsmodning i forhold til arv og miljøvariabler.

Dette er oppgaver som det vil ta flere år å løse, men allerede eksisterende materiale vil gi et godt grunnlag for å besvare disse feltene. Vårt forslag er derfor at materialet blir bearbeidet med hensyn på disse oppgavene i de nærmeste årene. Dette vil gi forvaltningen et bedre grunnlag for å bedømme optimal laksetetthet i vassdrag og sette mål for hvor store gytebestandene bør være. Dette vil videre gi grunnlag til å bedømme endringer i bestandsforhold som følge av endringer i miljøforholdene i ferskvann og havet.

6 Litteratur

- Anon. 1992. Report of the Working Group on North Atlantic salmon. - ICES CM 1992/Assess: 15.
- Beverton, R.J.H. & Holt, S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. - Fishery Investigations, London Series 2, 19: 1-533.
- Beyer, F. 1976. Influence of freshwater outflow on the hydrography of the Drammensfjord in southern Norway. - S. 75-87 i Skreslet, S., Leinebø, R., Mattews, R. & Sakshaug, E., red. Freshwater on the sea. Norske Havforskeres Forening, Oslo.
- Buck, R.J.G. & Hay, D.W. 1984. The relation between stock size and progeny of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a Scottish stream. - Journal of Fish Biology 23: 1-11.
- Carlin, B. 1955. Tagging of salmon smolts in the river Lagan. - Institute of Freshwater Research Drottningholm Report 36: 57-74.
- Chadwick, E.M.P. 1982. Stock-recruitment relationships for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Newfoundland rivers. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 39: 1496-1501.
- Chadwick, E.M.P. 1985. Fundamental research problems in the management of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Atlantic Canada. - Journal of Fish Biology 27 (Supplement A): 9-25.
- Cushing, D.H. 1973. The dependence of recruitment on parent stock. - Journal of the Fisheries Research Board of Canada 30: 1965-1976.
- Eken, M. & Garnås, E. 1989. Utbredelse og effekt av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* på Østlandet 1988. - Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvern-avdelingen, Rapport 1: 1-35.
- Elliott, J.M. 1989. The natural regulation of numbers and growth in contrasting populations of brown trout, *Salmo trutta*, in two Lake District streams. - Freshwater Biology 21: 7-19.
- Eelson, P.F. 1957. Number of salmon needed to maintain stocks. - Canadian Fish Culturist 21: 18-23.
- Eelson, P.F. 1962. Predator-prey relationships between fish eating birds and Atlantic salmon. - Bulletin Fisheries Research Board of Canada 133: 1-87.
- Eelson, P.F. 1975. Atlantic salmon rivers smolt production and optimal spawning: an overview of natural production. - International Atlantic salmon Foundation special Publication series 6: 96-119.
- Fleming, I.A., Jonsson, B. & Gross, M.R. 1994. Phenotypic divergence of sea-ranched, farmed and wild salmon. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 51: 2808-2824.
- Fleming, I.A., Jonsson, B., Gross, M.R. & Lamberg, A. 1996. Experimental tests of the reproductive impact of farmed on wild Atlantic salmon. - Journal of Applied Ecology, in press.

- Gunnerød, T.G., Hvidsten, N.A. & Heggberget, T.G. 1988. Open sea releases of Atlantic salmon smolts, *Salmo salar*, in central Norway, 1973-83. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 48: 426-428.
- Haldane, J.B.S. 1956. The relation between density regulation and natural selection. - Proceedings of The Royal Society B 145: 306-308.
- Hansen, L.P. 1986. The salmon catch data available for analysis in Norway. - S. 79-83 i Jenkins, D. & Shearer, W.M., red. The status of Atlantic salmon in Scotland. Institute of Terrestrial Ecology Symposium 15.
- Hansen, L.P. 1988a. Status of exploitation of Atlantic salmon in Norway. - S. 143-161 i Mills, D.H. & Piggins, D.J., red. Atlantic salmon: Planning for the future. Croom Helm, London & Sydney, Timber Press, Portland, Oregon.
- Hansen, L.P. 1988b. Effects of Carlin tagging and fin clipping on survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) released as smolts. - Aquaculture 70: 391-394.
- Hansen, L.P. 1990. Exploitation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from the River Drammenselv, SE Norway. - Fisheries Research 10: 125-135.
- Hansen, L.P. 1991. Rehabilitation of the Atlantic salmon stock in the River Drammenselv, SE Norway. - S. 140-146 i Mills, D., red. Proc. Symp. Strategies for the rehabilitation of salmon rivers. Linnean Society of London, The Atlantic Salmon Trust, Institute of Fisheries Management.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1989. Salmon ranching experiments in the River Imsa: returns of different stocks to the fishery and to River Imsa. - S. 445-452 i De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H. & Wilkins, N. red. Aquaculture - a biotechnology in progress. European Aquaculture Society, Bredene, Belgium..
- Hansen, L.P. & B. Jonsson. 1991. The effect of timing of Atlantic salmon smolt and post-smolt release on the distribution of adult return. - Aquaculture 98: 61-71.
- Hansen, L.P. & B. Jonsson 1994. Development of sea ranching of Atlantic salmon towards a sustainable aquaculture strategy. - Aquaculture and Fisheries Management 25, Suppl. 1: 199-214.
- Hansen, L.P., Jonsson, N. & Jonsson, B. 1993. Oceanic migration in homing Atlantic salmon. - Animal Behaviour 45: 927-941.
- Hansen, L.P., Næsje, T.F. & Garnås, E. 1986. Stock assessment and exploitation of Atlantic salmon *Salmo salar* in the River Drammenselv. - Fauna norvegica Series A7: 23-26.
- Hindar, K. 1992. Ecological and genetic studies on salmonid populations with emphasis on identifying causes of their variation. - Dr. philos. thesis, Universitetet i Oslo.
- Hindar, K. & Jonsson, B. 1996. Impacts of aquaculture and hatcheries on wild fish. - S. 70-87 i Philipp, D.P., Epifanio, J.M., Marsden, J.E., Claussen, J.E. & Wolotira, Jr., R.J., red. Protection of aquatic biodiversity. Proceedings of the World Fisheries Congress, Theme 3. Oxford & IBH Publishing Co. PVT. LTD, New Delhi, India.
- Hvisten, N.A., Heggberget, T.G. & Hansen, L.P. 1994. Homing and straying of hatchery-reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L., released in three rivers in Norway. - Aquaculture and Fisheries Management 1994, 25, Suppl. 2: 9-16.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Ruud-Hansen, J. 1989. Downstream displacement and life history variables of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in a Norwegian river. - Japanese Journal of Physiology and Ecology, special volume 1: 93-105.
- Jonsson, B. (red.) 1995. Rømt oppdrettslaks - effekter på ville bestander. - S. 5-13 i Grave, K., red. Miljøvirkninger av havbruk. Sluttrapport. Norges forskningsråd, Oslo.
- Jonsson, B. & Fleming, I.A. 1993. Enhancement of wild salmon populations. - S. 209-242 i Sundnes, G., red. Human impact on self-recruiting populations. An international symposium, Kongsvoll, Norway, 7-11 June 1993, Tapir Trondheim, Norway.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P. 1990. Does juvenile experience affect migration and spawning in Atlantic salmon? - Behavioural Ecology and Sociobiology 26: 225-230.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P. 1991a. Differences in life history and migratory behaviour between wild and hatchery-reared Atlantic salmon in nature. - Aquaculture 98: 69-78.
- Jonsson, N., Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1991b. Variation in age, size and repeat spawning of adult Atlantic salmon in relation to river discharge. - Journal of Animal Ecology 60: 937-947.
- Jonsson, N., Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1994. Juvenile experience influences timing of adult river ascent in Atlantic salmon. - Animal Behaviour 48: 740-742.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Fleming, I.A. 1996. Does early growth cause a phenotypically plastic response in egg production of Atlantic salmon? - Functional Ecology, in press.
- Pethon, P. 1987. Salinitetsmålinger i Drammensfjorden og Oslofjorden høsten 1987. - Direktoratet for naturforvaltning, Forskningsavdelingen, Teknisk Notat 1: 1-16.
- Pethon, P. & Hansen, L.P. 1990. Migration of Atlantic salmon smolts *Salmo salar* L. released at different sites in the River Drammenselv, SE Norway. - Fauna norvegica Series A 11: 17-22.
- Quinn, T.P. & Fresh, K. 1984. Homing and straying in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) from Cowlitz river Hatchery, Washington. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41: 1078-1082.
- Ricker, W.E. 1954. Stock and recruitment. - Journal of the Fisheries Research Board of Canada 11: 559-623.

- Shepherd, J.G. 1982. A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries, and the construction of sustainable yield curves. - *Journal de Conseil international Exploration de la Mer* 40: 67-75.
- Wolf, P.A. 1951. A trap for the capture of fish and other organisms moving downstream. - *Transactions of the American Fisheries Society* 80: 41-45.

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0667-6

401

**NINA
OPPDRAGS-
MELDING**

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

NINA
Norsk institutt
for naturforskning