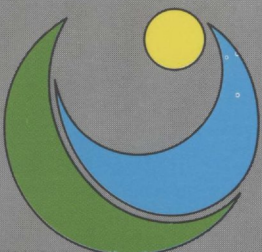


0 45

utredning

Havbeite med laks

Nina Jonsson
Tor G. Heggberget



NINA

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

Havbeite med laks

Nina Jonsson
Tor G. Heggberget

NINA's publikasjoner

NINA utgir seks ulike faglige publikasjoner

NINA er et offentlig forskningsinstitutt som er etablert i 1989 som et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter.

NINA-utbredning

Sjansen omfatter problemorienterte forskningsprosjekter som har et bredt utbredningsområde. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det mest utbredte av alle publikasjonene. Oppdragsmeldinger er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter.

NINA Notat

Serier inneholder oppdragsmeldinger, korte faglige rapporter, tekniske rapporter, prosjektrapporter og arbeidsnotater. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter.

NINA Tidsskrift

Oppdragsmeldinger, korte faglige rapporter, tekniske rapporter, prosjektrapporter og arbeidsnotater. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter.

NINA Fakta-ark

Oppdragsmeldinger, korte faglige rapporter, tekniske rapporter, prosjektrapporter og arbeidsnotater. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter.

Oppdragsmeldinger, korte faglige rapporter, tekniske rapporter, prosjektrapporter og arbeidsnotater. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter. NINA er et resultat av en sammenslåing av tre tidligere institutter.

NINAs publikasjoner

NINA utgir seks ulike faste publikasjoner:

NINA Forskningsrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, i den hensikt å spre forskningsresultater fra institusjonen til et større publikum. Forskningsrapporter utgis som et alternativ til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Utredning

Serien omfatter problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, litteraturstudier, sammenstilling av andres materiale og annet som ikke primært er et resultat av NINAs egen forskningsaktivitet.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. Opplaget er begrenset.

NINA Notat

Serien inneholder symposie-referater, korte faglige redegjørelser, statusrapporter, prosjektskisser o.l. i hovedsak rettet mot NINAs egne ansatte eller kolleger og institusjoner som arbeider med tilsvarende emner. Opplaget er begrenset.

NINA Temahefter

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

NINA Fakta-ark

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

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

Jonsson, N. & Heggberget, T.G. 1993. Havbeite med laks. - NINA Utredning 45: 1-43.

Trondheim, mars 1993

ISSN 0802-3107

ISBN 82-426-0332-4

Forvaltningsområde:

Norsk: Fiskeøkologi

Engelsk: Fish ecology

Rettighetshaver ©:

NINA Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Tor G. Heggberget

NINA, Trondheim

Design og layout:

Eva M. Schjetne

Kari Sivertsen

Tegnekontoret NINA

Sats: NINA

Trykk: Strindheim Trykkeri AL

Opplag: 300

Trykt på klorfritt papir

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

7005 Trondheim

Tel: (07) 58 05 00

Referat

Jonsson, N. & Heggberget, T.G. 1993. Havbeite med laks. - NINA Utredning 45: 1-43.

Hensikten med denne utredningen er å gi en oversikt over NINAs havbeiteforskning på laks. Resultatene er hovedsakelig basert på utsetting og gjenfangst av laksunger, som har vært merket med utvendige, godt synlige Carlin- eller Leamerker. Disse merkene er lette å oppdage for fiskerne når fisken fanges. Dette gjør det mulig å få et bilde av vandringsmønsteret og spredningen av fisken også utenfor utsettingsstedet.

En god havbeitefisk må vandre til havs raskt etter utsetting, vokse og overleve godt fram til kjønnsmodning og vandre tilbake til utsettingsstedet der den kan fanges. En rekke faktorer er bestemmende for at dette skal skje, og avgjør "kvaliteten" på havbeitefisken. Dette er variabler som utvandringstrang, størrelse ved utsetting, overlevelse i havet, alder og størrelse ved kjønnsmodning, tidspunkt for tilbakevandring og heimfinningsevne.

Overlevelsen til utsatt smolt er lavere enn for vill smolt når de vandrer ut fra samme vassdrag. Ved utsettinger har man funnet dobbelt så høy overlevelse hos villsmolten som hos havbeite-smolten. En rekke faktorer påvirker overlevelsen av laksesmolt. Dette er blant annet utsettingstidspunkt, utsettingssted, utsettingsmetoder, størrelsen på den utsatt fisken og fysisk trening av fisken før utsetting.

Årlig settes det ut store mengder laksyngel i norske vassdrag for å styrke laksebestandene. Resultatet av disse utsettingene har gitt varierende smoltproduksjon i elver. Lønnsomheten ved slike utsettinger kan derfor være bra. Utbyttet av smoltutsettinger gir også varierende resultater, men gjennomgående synes utsettinger med stor toårig smolt å gi bedre resultat enn utsettinger av ettårig smolt. Høstingsformer av havbeitefisken blir diskutert.

Havbeite kan være potensiell trussel mot våre ville laksestammer. Skadevirkninger som følge av havbeitevirksomhet kan blant annet være økt fare for overfiske av villaks i havet, feilvandring og spredning av havbeitefisk til mange lakselver, spredning av smittsomme sykdommer, konkurranse med villaks om mat og gyte-suksess og genetiske effekter ved gyting med villaks.

Hovedstrategien i utvikling av kommersielt havbeite med laks bør både av økologiske og økonomiske årsaker være å satse på salg av havbeitelaksen til sportsfiskere i stedet for salg av fiskekjøtt gjennom storskalautsettinger. Det vil være bedre å satse på flere

lokaliteter langs Norskekysten med relativt små utsettinger (50 000-100 000 smolt/år) enn noen få storskalautsettinger (omkring 500 000 smolt/år).

Emneord: Havbeite med laks - Overlevelse - Produksjon -Avkastning - Feilvandring - Miljøvirkninger

Nina Jonsson & Tor G. Heggberget, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7005 Trondheim.

Abstract

Jonsson, N. & Heggberget, T.G. 1993. Sea ranching of Atlantic salmon. - NINA Utredning 45:1-43.

This report provides an overview of results from sea ranching experiments carried out at NINA. In most release and recapture experiments, juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, were tagged with individually numbered Carlin-tags or Lea-tags. These are external tags, easily recognized by fishermen when recaptured. Therefore, these tagging experiments reveal migration patterns and dispersal of the salmon after release.

To be well suited for sea ranching, smolts should migrate to sea immediately after release. Moreover, they should survive and grow well in the ocean, and when sexually mature return to the site of release, where they can be captured. However, several factors influence the results and subsequently our judgement of the quality of the smolts. Such factors are the motivation for migration, size and age at release, state of maturity, homing ability and stock characteristics like survival at sea, age and size at maturity and the timing of the return migration.

Survival at sea is lower for hatchery than wild smolts. Under similar conditions, the survival rate is less than 50% of that of wild fish. Factors influencing the survival of hatchery smolts are time of release, site of release, release method, size and age at release and physical exercise of the juveniles before release.

Each year, a large number of salmon parr are released into Norwegian rivers. These releases have resulted in variable salmon production, but in some cases they have produced excellent returns. The results from smolt releases are also variable, but two-years-olds generally give higher yields than one-year-olds.

Salmon ranching may affect wild stocks negatively. Such effects are over-exploitation of wild salmon at sea, a high straying rate of hatchery fish to many salmon rivers where they may compete and interbreed with local fish, as well as spreading contagious diseases.

The best way to make sea ranching profitable is to sell the fish for sportfishing purposes rather than sell the fish meat itself. When doing this the releases should be divided among many rivers rather than making large scale releases in a few localities.

Keywords: Salmon ranching - Survival - Production - Yield - Straying - Environmental effects

Nina Jonsson & Tor G. Heggberget, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim.

Forord

Bakgrunnen for denne utredning var et ønske om å gi en oversikt over NINAs havbeiteforskning på laks fra forskningen startet på 1960-tallet og fram til i dag. Utredningen er en sammenstilling av materiale publisert fram til 1993.

Havbeiteprogrammet PUSH takkes for økonomisk støtte til utarbeidelsen av rapporten. Det rettes også en takk til Bjørn Ove Johnsen og Bror Jonsson for gjennomlesning av og kommentarer til manuskriptet.

Trondheim, mars 1993

Tor G. Heggberget
forskningsjef

Innhold

Referat	3
Abstract	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Laksens liv i ferskvann og hav	9
2.1 Klekking og utvandring	9
2.2 Postsmoltens vandring	10
2.3 Postsmoltens ernæring	11
2.4 Den voksne laksen	11
2.5 Navigering i sjøen	12
3 Egenskaper hos en god havbeitefisk	19
3.1 Utvandringstrang	19
3.2 Alder og størrelse ved utsetting	20
3.3 Kjønnsmodning og tilbakevandring	21
4 Faktorer som påvirker smoltoverlevelsen	23
4.1 Utsettingstidspunkt	23
4.2 Utsettingssted	24
4.3 Vannføring	26
4.4 Stress	26
4.5 Smoltens alder og størrelse	26
4.6 Saltvannstilvenning	26
4.7 Fysisk trening	27
4.8 Predasjon og parasittisme	27
5 Produksjon av laks fra yngel- og smoltutsettinger	28
5.1 Yngel	28
5.2 Settefisk	28
5.3 Smolt	29
6 Miljøvirkninger av havbeite	33
6.1 Spredning og feilvandring	33
6.2 Overføring av sykdom	34
6.3 Interferenskonkurranse	36
6.4 Populasjonsgenetisk register	36
7 Problemer og muligheter knyttet til næringsutvikling for havbeite med laks	37
8 Konklusjon	38
8.1 Optimalisering av gjenfangst av havbeitelaks	38
8.2 Verdien av havbeitelaksen	38
8.3 Miljøvirkninger av havbeite	39
9 Litteratur	40

1 Innledning

Ved havbeite med laks utsettes oppdrettet ungfisk, vanligvis smolt. Ungfisken slippes fri når den har nådd egnet størrelse og alder, slik at den kan vandre ut i sjøen for å ernære seg på naturlig føde. Når fisken er kjønnsmoden vandrer den tilbake til utsettingsstedet, hvor den kan fanges.

Interessen for havbeiting har økt i løpet av siste tiår (e.g. Isaksson 1988). I Japan, Sovjet, Canada og USA foregår det i dag et kommersielt havbeite med store utsettinger av forskjellige arter stillehavslaks. Svenskene har også utviklet et havbeite med atlantehavslaks i Østersjøen, som har vist seg å være økonomisk lønnsomt. På Island foregår det storskalautsettinger av atlantehavslaks, men lønnsomheten er for tiden dårlig (J. Jonasson pers. medd.).

Ved vår institusjon startet forsøk med havbeite på 1950-tallet. Bakgrunnen var et ønske om å erstatte tapte oppvekstområder for laks som følge av ødelagte oppvekstområder i regulerte vassdrag. Forskningsmessig ble disse første utsettingene fulgt opp gjennom småskalautsettinger på 1960- og 70-tallet, men først ved byggingen av NINAs Forskningsstasjon på Ims ved Sandnes på slutten av 1970-tallet ble forsøksutsettingene mer systematiske. På Ims ble de første utsettingene med oppdrettet smolt foretatt i 1981, slik at vi derfra har 12 års erfaring å bygge på. En ytterligere utvidelse av havbeiteforskningen skjedde i 1986 ved at DN/NINAs havbeiteprogram ble opprettet. Da ble prosjekter i vassdrag på Sørlandet, Drammenselva, Eira, Ingdalselven, Surna, Orkla, Vefsna, Nykvågvasdraget og Talvik inkludert i forskningsvirksomheten. I 1989 ble det startet havbeiteforskning i Oppløyvassdraget. På slutten av 1980-tallet ble det også etablert en forskningsstasjon for laksefisk i Talvik i Finnmark.

DN/NINAs havbeiteprogram ble startet med bakgrunn i Langelandutvalgets innstilling fra 1983. Et av de viktigste temaene var å avklare det biologiske grunnlaget for et kommersielt havbeite og avgjøre om et slikt havbeite kunne igangsettes uten å skade de ville laksebestandene. Programmet prioriterte blant annet prosjekter som skulle klarlegge egenskapene til en god havbeitesmolt. Man studerte mulighetene for å øke smoltens overlevelse etter utsetting, for eksempel gjennom studier av predasjon på laksungene utenfor elvemunningene, effekter av kondisjonering og predator trening av laksungene før utsetting. Utvikling av utsettingsmetodikk og forskning for å finne det beste tidspunkt og sted for utsetting var også viktige elementer i denne forskningen. Videre skulle vandringen fra utsettingsstedet til beiteområdene i havet og navigeringen under tilbakevan-

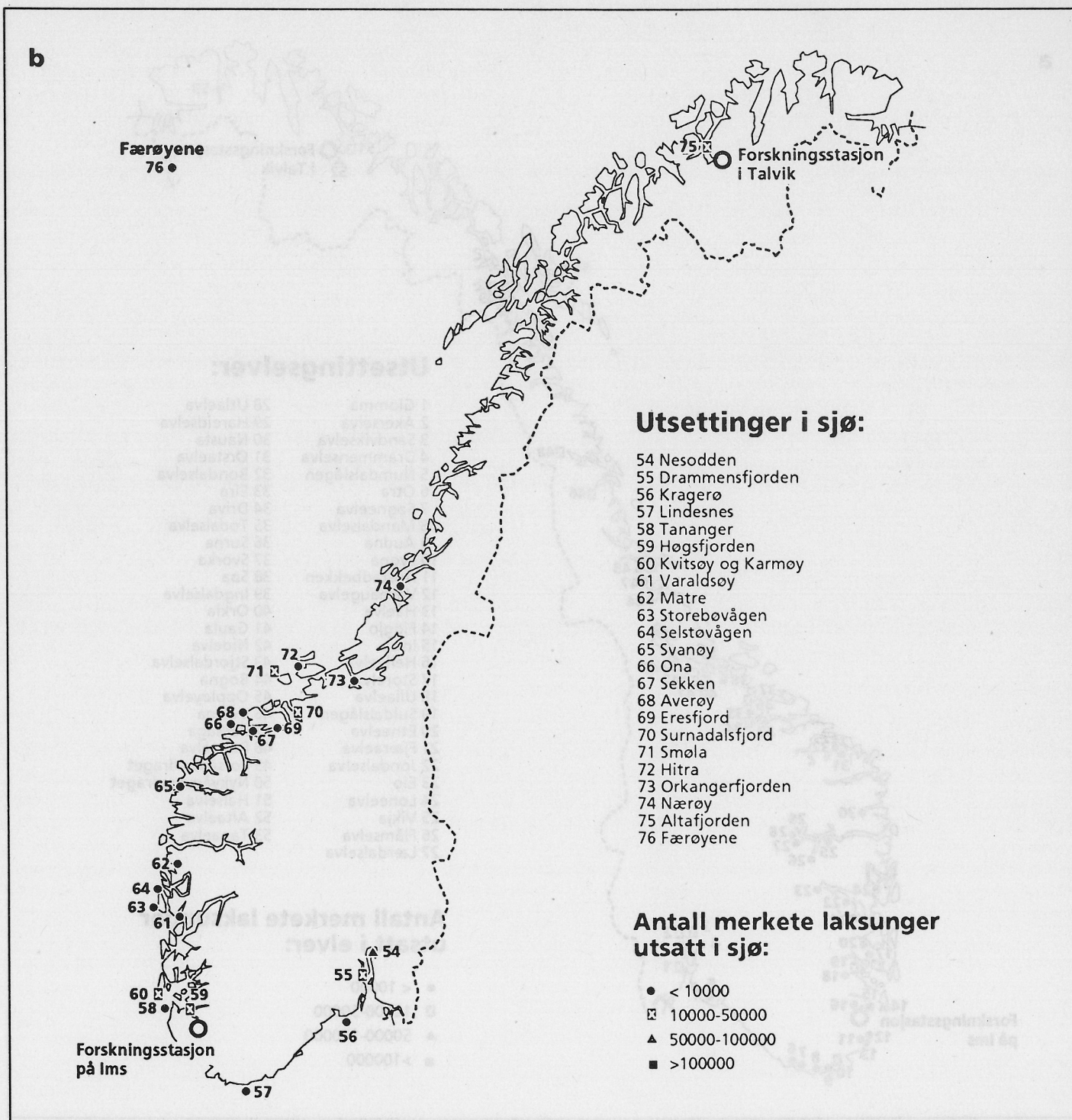
dringen studeres. Eventuelle negative effekter havbeitefisken kan ha på de ville laksebestandene skulle også kartlegges. Med unntak av virksomheten i Oppløyelva, Vefsna og Talvik ble det meste av denne virksomheten terminert ved opprettelsen av PUSH i 1990.

Resultatene i foreliggende utredning er basert på utsetting (**figur 1**) og gjenfangst av laksunger (unntatt der hydroakustisk merking er brukt). All utsatt fisk har vært merket med utvendige Carlinmerker (Carlin 1955) eller Leamerker (Dahl & Sømme 1938). Disse merkene er lette å oppdage for fiskerne når de fanger en merket laks. Dette gjør det mulig å få et bilde av vandringsmønsteret og spredningen av fisken under tilbakevandringen (noe som er mulig bare ved bruk av ytre, godt synlige merker). Bruken av disse merkene er også utprøvd gjennom lang tid slik at vi har godt begrep om merketap, merkedødelighet og mengden urapporterte merker. Økt kunnskap om overlevelse, fangstfordeling og ulike gjenfangstformer er sentrale elementer i den videre utviklingen av et kommersielt havbeite.

I denne utredningen gir vi en sammenstilling av publiserte resultater fra NINAs havbeiteforskning på laks, fra forskningen startet og fram til i dag.



Figur 1
Laksunger utsatt i a) elver og b) sjøen i forbindelse med NINAs havbeiteprosjekt fra 1965-92. - Juveniles salmon released in a) rivers and b) sea water in NINA's sea-ranching experiments, 1965-92.



Figur 1

Forts.

2 Laksens liv i ferskvann og hav

2.1 Klekking og utvandring

Laksen gyter i elver om høsten, og eggene klekker neste vår. Klekketidspunktet er avhengig av temperatursummen rognkornene blir utsatt for (Heggberget & Wallace 1984, Wallace & Heggberget 1988). Forholdet mellom temperatursum og klekketidspunkt er ikke lineært. Generelt klekker rogn raskere jo høyere temperaturen er, men de trenger færre døgngrader i ei elv der temperaturen er lav enn i ei elv der temperaturen er høyere. Forsøkene som ble gjort med lakserogn fra Altaelva, viste at gjennomsnittlig tid fra befruktning til 50% klekking var 258 døgn ved 0,15 °C og 214 døgn ved 1,31 °C. Ved en middeltemperatur på 0,65 °C var gjennomsnittlig klekketid 232 døgn.

Laksungene (parren) lever 2 til 6 år i elva før de smoltifiserer og vandrer ut til havet om våren (e.g. Hesthagen & Garnås 1984, Johnsen 1976, Jonsson et al. 1990b, Saksgård et al. 1992). Den fysiologiske prosessen som gjør laksungene vandringsklare og forbereder dem på å overleve i saltvann kalles smoltifisering. Smolten (vandringsklare laksunger) skiller seg fra de elvelevende laksungene ved å være blankere og ha mer strømlinjeformet kropp. De er kamuflert og tilpasset et liv i de frie vannmassene (Hoar 1976).

Smoltifiseringsprosessen er styrt av en indre rytme som synkroniseres av ytre miljøforhold, slik at utvandringen skjer på det tidspunkt som gir størst overlevelse for smolten. Tidspunktet for smoltutvandringen varierer med temperatur og fotoperiode. Utvandringen skjer tidligere på året i den sørlige enn nordlige delen av laksens utbredelsesområde. Videre skjer utvandringen hovedsakelig om kvelden og natten, slik undersøkelser i Imsa, Orkla og Altaelva har vist (Hansen & Jonsson 1985, Hesthagen & Garnås 1986, Saksgård et al. 1992). I Finnmark og sørover til Trøndelag er det midtsommers liten forskjell på lyset om dagen og natten. Man kunne derfor ha ventet at smolten der vandret ut til alle tider av døgnet.

Tidspunkt for smoltutvandringen om våren varierer med breddegrad. I Imsa i Rogaland (59°N) vandrer smolten ut i begynnelsen av mai (Jonsson & Ruud-Hansen 1985), i Orkla i Sør-Trøndelag (63°N) i begynnelsen/midten av mai til omkring 10. juni (Hesthagen & Garnås 1986), i Salangvassdraget i Troms (69°N) fra siste del av mai til slutten av juli (Nordeng 1977) og i Altaelva i Finnmark (70°N) fra slutten av juni til begynnelsen av juli (Heggberget et al. 1992, Saksgård et al. 1992).

Vannføring og vanntemperatur synes å være viktige faktorer som utløser smoltutvandringen. Hesthagen & Garnås (1986) fant ved undersøkelse i Orkla at laksesmolten startet utvandringen ved svært lave vanntemperaturer (2-3 °C) og ved høy og stigende vannføring. I Imsa fant Jonsson & Ruud-Hansen (1985) at smolten vandret ut når elvetemperaturen var mellom 6-11 °C. Det var ikke noe som tydet på at utvandringen ble utløst av en bestemt vanntemperatur eller et spesielt antall døgngrader, men den var kontrollert av en kombinasjon av økende temperatur og av temperaturnivået i elva utover våren. I Imsa syntes økende vannføring ikke å ha noen betydning for utvandringstidspunktet.

I Litjvassella, en sideelv til Vefsnavassdraget, vandrer hovedmengden av smolten ut i juni og juli. Undersøkelser i årene 1986-89 viser at smoltutvandringen begynte ved synkende vannføring etter at toppen av vårflommen var passert (Johnsen et al. 1991). Resultatene viser at vanntemperaturen må opp i 3-5 °C før den første smolten starter å vandre. Videre ser det ut til at temperaturen må opp i mer enn 7 °C før det blir fart på utvandringen og først ved 9-10 °C kommer hovedmengden av smolten. Når vanntemperaturen har nådd 10 °C og holder seg der, vil så vannføringen være avgjørende for smoltutvandringen. Liten vannføring stanser utvandringen, mens økende vannføring stimulerer utvandringen.

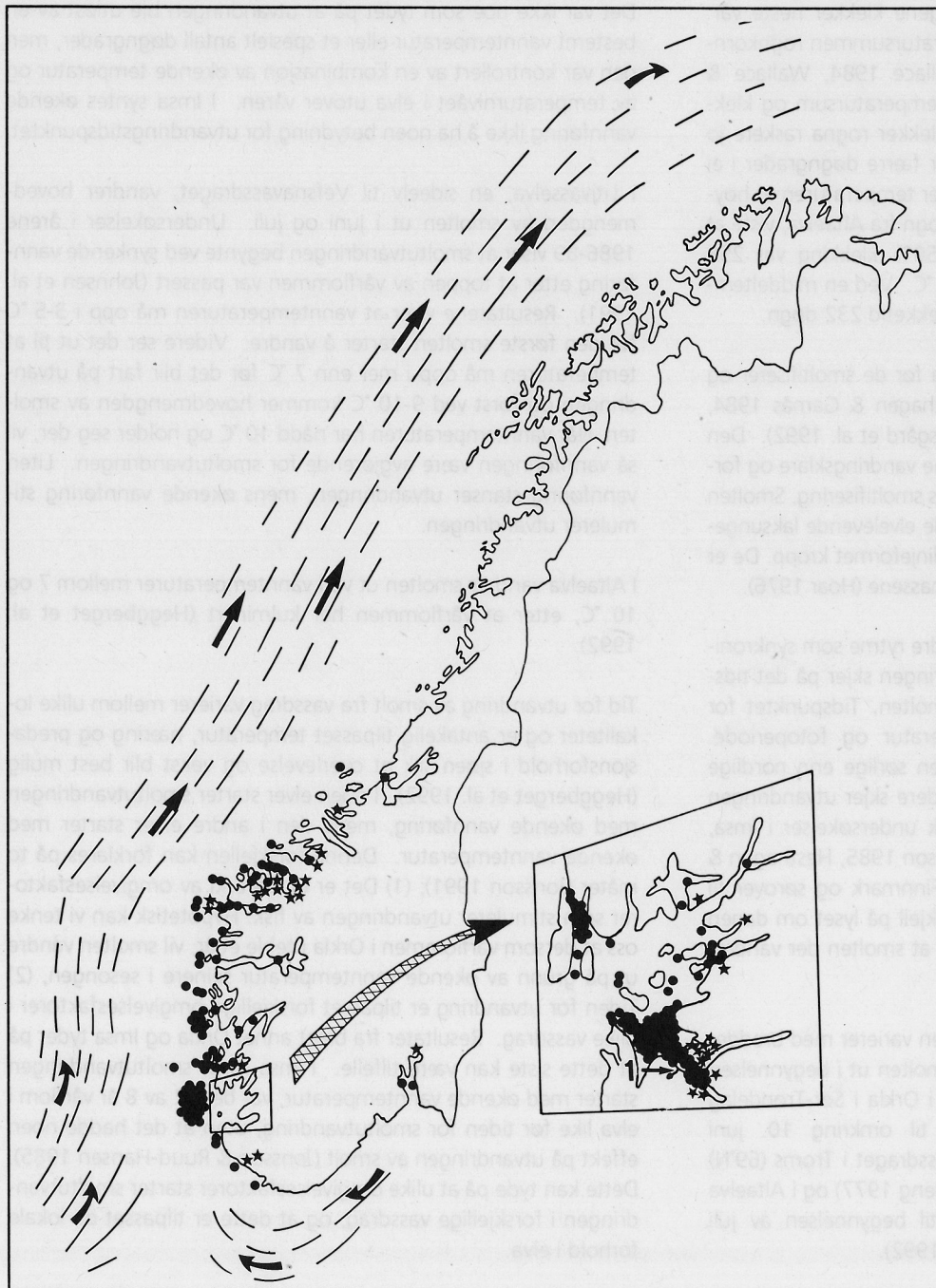
I Altaelva vandrer smolten ut ved vanntemperaturer mellom 7 og 10 °C, etter at vårflommen har kulminert (Heggberget et al. 1992).

Tid for utvandring av smolt fra vassdrag varierer mellom ulike lokaliteter og er antakelig tilpasset temperatur, næring og predasjonsforhold i sjøen slik at overlevelse og vekst blir best mulig (Heggberget et al. 1992). I noen elver starter smoltutvandringen med økende vannføring, mens den i andre elver starter med økende vanntemperatur. Denne forskjellen kan forklares på to måter (Jonsson 1991); (1) Det er et hierarki av omgivelsesfaktorer som stimulerer utvandringen av fisk. Hypotetisk kan vi tenke oss at dersom vårflommen i Orkla uteble et år, vil smolten vandre ut på grunn av økende vanntemperatur seinere i sesongen, (2) Tiden for utvandring er tilpasset forskjellige omgivelsesfaktorer i ulike vassdrag. Resultater fra blant annet Orkla og Imsa tyder på at dette siste kan være tilfelle. I Imsa, hvor smoltutvandringen starter med økende vanntemperatur, var det i 2 av 8 år vårflom i elva like før tiden for smoltutvandring, uten at det hadde noen effekt på utvandringen av smolt (Jonsson & Ruud-Hansen 1985). Dette kan tyde på at ulike omgivelsesfaktorer starter smoltutvandringen i forskjellige vassdrag, og at dette er tilpasset de lokale forhold i elva.

2.2 Postsmoltens vandring

Lite er kjent om postsmoltens vandring. Postsmolt er den umodne perioden fra smolten forlater elva til begynnelsen av neste vekstsesong i sjøen påfølgende vår (Allen & Ritter 1977).

En undersøkelse med oppdrettet smolt utsatt ved munningen av Imsa viste at fisken hovedsakelig vandret nordover med kyststrømmen (**figur 2**) (Jonsson et al. 1993). Blant den utsatte smolten vandret et stort antall opp i elver samme år som de ble utsatt; 37,3% av totalt antall gjenfangster ble fanget i Imsa og



Figur 2

Gjenfangster av postsmolt i sjøen (●) og elver (★). Gjenfangstene i Imsa (1) er utelatt. Pilene viser retningen på kyststrømmen. Kilde: Jonsson et al. (1993). - Sites of capture of post smolt Atlantic salmon in salt water (●) and in rivers (★). Recaptures in River Imsa (1) are omitted. The arrows indicate the direction of the coastal current. Source: Jonsson et al. (1993).

5,8% i andre elver i Sør- og Midt-Norge. Disse fiskene som vandret opp i ferskvann samme året som de ble utsatt var antakelig kjønnsmodne, og skulle opp for å gyte.

Hvidsten et al. (1992) fulgte akustisk merket postsmolt i Trondheimsfjorden. Resultatene viste at postsmolten vandret i overflatelaget og langt fra land gjerne langs strømkanten. Vandringshastigheten til fisken var lik eller svært nær hastigheten til overflatestrømmen.

Vandringshastigheten til postsmolten i kyststrømmen og fjorder synes imidlertid å variere. Undersøkelser viser at postsmolt gjenfanget i kyststrømmen vandret raskere enn de som ble gjenfanget i fjordene. Utsettinger av Carlinmerket smolt i Drammenselva viste at gjennomsnittlige vandringshastigheter til fisken som ble fanget i kyststrømmen og i fjorder var henholdsvis 16,7 og 3,7 km/dag (Pethon & Hansen 1990). Tilsvarende vandringshastigheter for utsettinger på 1ms var 7,45 og 1,63 km/dag (Jonsson et al. 1993). Disse hastighetene, som er gjennomsnittlig forflytning fra utsettingsstedet etter en viss periode i sjøen, er lavere enn vannhastigheten i overflatelaget. Dette skyldes antakelig at fisken svømmer i forskjellige retninger, avhengig av hvor strømmen fører den, og at den kan bevege seg inn og ut av strømmen, muligens for å kunne orientere seg (Døving et al. 1985).

Vandringshastigheten til postsmolt er også blitt målt med hydroakustiske sendere i fjorden utenfor Oppløyelva i 1991 (Strand et al. 1992). Tilsammen ble det merket 10 smolt. Vandringshastighetene varierte mellom 0,67 km/t til 1 km/t. En del av de merkede fiskene sto lenge i elva før de begynte å vandre. Dette kan være forårsaket av merkingen og er ikke nødvendigvis representativt for smoltifisert laks som skal forlate ferskvann.

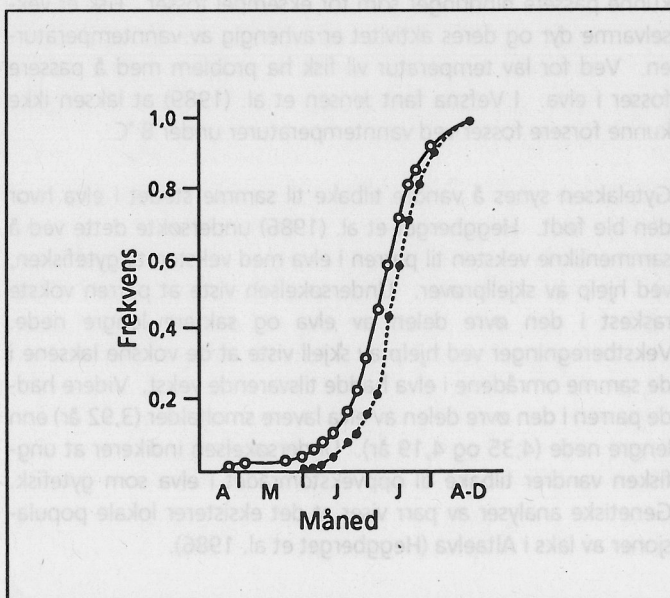
2.3 Postsmoltens ernæring

Undersøkelser av postsmoltens ernæring i Trondheimsfjorden viser at fisk som ble fanget nær elveutløp hadde mest amfipoder (*Gammarus zaddachi*) i magen. Postsmolt lenger utover i fjorden hadde spist overflateinsekter (diptere), pelagiske amfipoder, hoppekreps og sildeyngel (Hvidsten et al. 1992). Undersøkelser av næringsvalget til havbeitesmolt utsatt i Hraunsfjordur på Island og Foldfjorden ved Oppløy viste at viktige næringssemner i Hraunsfjordur var planktoniske næringsdyr, som krabbelarver og hoppekreps, og bentisk føde som marflo, mysider, snegl og børstemark, samt sil og overflateinsekter, og i Foldfjorden var sildeyngel, marflo og fjærmygglarver de viktigste (Hvidsten et al. 1993).

2.4 Den voksne laksen

Laks fra Norge har oppvekstområdene sine i nordlige deler av Norskehavet. Der ernærer laksen seg hovedsakelig av krepsdyr, blekksprut og fisk (Hansen & Pethon 1985). Etter 1 til 4 år i havet vender de tilbake til fødeelva for å gyte (Jonsson et al. 1990b, Saksgård et al. 1992). Avhengig av hvor mange år de har tilbrakt i havet før kjønnsmodning varierer de fra 1 til 30 kg i vekt. Laks som har vært to år eller mer i sjøen vender tilbake til kysten av Norge tidligere på sesongen enn fisk som bare har vært én vinter i havet (grilse) (figur 3) (Jonsson et al. 1990a,b).

For å undersøke vandringsatferden til den voksne fisken i fjorden inn mot et vassdrag, ble merket havbeitelaks fanget i første halvdel av juli 1991 i den ytre delen av Oppløyfjorden, og påført hydroakustiske sendere (Strand et al. 1992). Fisken oppholdt seg lenge i de ytre delene av fjordsystemet. Når fisken fulgte land, gikk den nært opptil land og foretrakk grunnområder. Enkelte av laksene som ble fulgt krysset fjordsystemet flere ganger. Vandringshastighetene varierte mellom 1,5 og 2,5 km/t. Enkelte steder



Figur 3

Kumulativ frekvens av en-sjøvinter (●, n=406) og to-sjøvinterlaks (○, n=135), gjenfanget i sjøen langs kysten av sørvest Norge, 1977-88. Kilde: Jonsson et al. (1990b). - Cumulative frequency of Atlantic salmon that had spent one (●, n=406) or two (○, n=135) winters at sea, caught in the sea along the coast of south-western Norway, 1977-88. Source: Jonsson et al. (1990b).

kunne laksen stå helt i ro over en lengre periode, eller bevege seg omkring på grunnene. Havbeitelaksen passerte ofte kilenot og krokarnplasser, noe som kan tyde på at vandringsatferden til vill- og havbeitelaks ikke er forskjellig.

Oppvandringen til ferskvann er påvirket av både vannføring og vanntemperatur i elva (Jensen et al. 1989, Jonsson et al. 1990b). Vannføringen synes å påvirke oppvandringen i små elver med fluktuerende vannføring i større grad enn i store elver med liten fluktusjon. I Imsa, en liten elv med stor vannføring om høsten, øker antallet oppvandrede laks med økende vannføring (Jonsson et al. 1990b). Grilsen (én vinter i sjøen før kjønnsmodning for første gang) vandrer opp ved alle vannføringer, mens de større fler-sjøvinterfiskene (≥ 2 år i sjøen før kjønnsmodning) er mer avhengig av mye vann i elva. Før oppvandring står laksen i fjorden nær elvemunningen, men fler-sjøvinterlaksen vandrer ikke opp før vannføringen i elva er stor. Tilsvarende erfaringer har en fra Halsvassdraget i Talvik, der få fler-sjøvinterlaks ble fanget i fangstfella i vassdraget. Resultatene så langt viser at havbeitefisk som regel fanges utilstrekkelig i fangstfelle.

Vanntemperaturen i elva synes å være viktig for at laksen skal kunne passere hindringer som for eksempel fosser. Fisk er vekselvarme dyr og deres aktivitet er avhengig av vanntemperaturen. Ved for lav temperatur vil fisk ha problem med å passere fosser i elva. I Vefsna fant Jensen et al. (1989) at laksen ikke kunne forsere fosser ved vanntemperaturer under 8 °C.

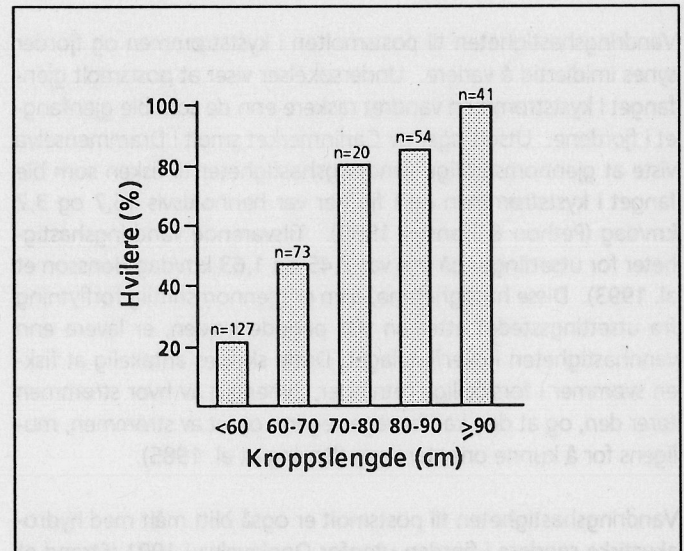
Gytelaksen synes å vandre tilbake til samme stedet i elva hvor den ble født. Heggberget et al. (1986) undersøkte dette ved å sammenlikne veksten til parren i elva med veksten til gytefisk, ved hjelp av skjellprøver. Undersøkelsen viste at parren vokste raskest i den øvre delen av elva og saktere lengre nede. Vekstberegninger ved hjelp av skjell viste at de voksne laksene i de samme områdene i elva hadde tilsvarende vekst. Videre hadde parren i den øvre delen av elva lavere smoltalder (3,92 år) enn lengre nede (4,35 og 4,19 år). Undersøkelsen indikerer at ung-fisken vandrer tilbake til oppvekstområdet i elva som gytefisk. Genetiske analyser av parr viser at det eksisterer lokale populasjoner av laks i Altaelva (Heggberget et al. 1986).

Etter gytingen vandrer laksen tilbake til havet. I Imsa foregår utvandringen i løpet av to perioder: desember-januar og mars-mai. Flest hanner vandrer ut i den første perioden og flest hunner i den siste (Jonsson et al. 1990b).

Noen fisk overlever gytingen og forlater elva som utgytt fisk (kelt). Undersøkelser i Imsa viser at flere hunner enn hanner overlever gytingen (Jonsson et al. 1990b). Videre viser en under-

søkelse i 18 norske lakselver at flere grilse enn fler-sjøvinterfisk overlever gytingen (Jonsson et al. 1991b).

Kelten gyter hvert år eller annen hvert år. Andelen kelt som gyter annet hvert år øker med gjennomsnittlig kroppsstørrelse og sjøalder ved kjønnsmodning (figur 4) (Jonsson et al. 1991b). Hovedmengden av de store fiskene (>90 cm) gyter annet hvert år, mens de små (<60 cm) gyter hvert år.



Figur 4

Andelen laks som gyter annen hvert år (hvilere) i forhold til kroppsstørrelsen ved første gangs gyting. n er materialstørrelsen. Kilde: Jonsson et al. (1991b). - Proportion of biennial spawners in relation to body length at first sexual maturity of Atlantic salmon. n is sample size. Source: Jonsson et al. (1991b).

2.5 Navigering i sjøen

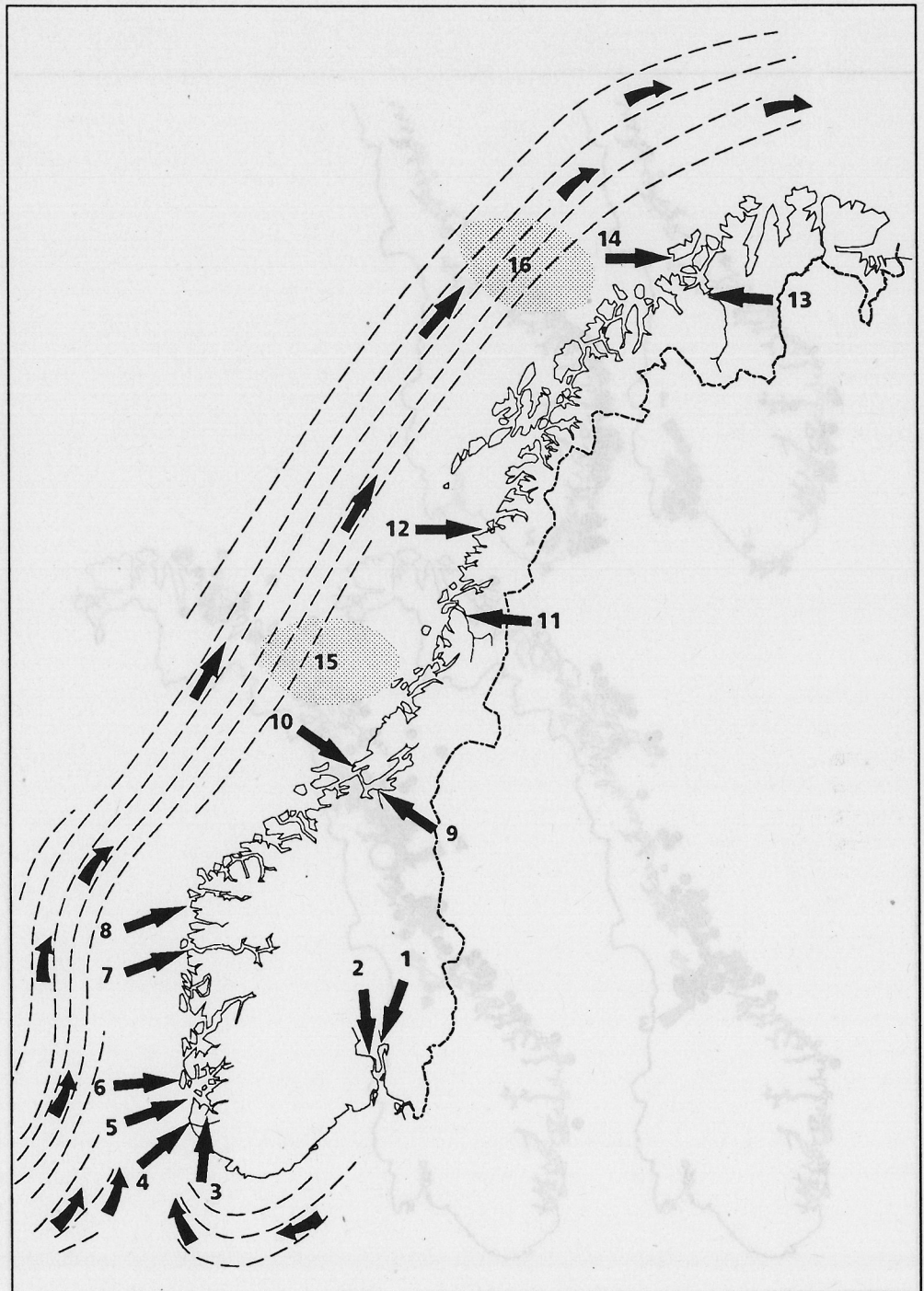
Hvordan finner laksen fra ernæringsområdene langt til havs tilbake til riktig fjord og vassdrag for å gyte? I dag er det to hovedhypoteser som forklarer mekanismen for tilbakevandring til ferskvann: (1) at smolten lærer veien fra elva til havet, og at den voksne laksen bruker denne kunnskapen for å finne tilbake til elva (Harden Jones 1968), (2) at heimfinningen til gyteelva er nedarvet; den voksne laksen navigerer etter populasjonsspesifikke luktestoffer som den utvandrende smolten skiller ut. Den første hypotesen får den bredeste støtten blant lakseforskerne i dag. For å undersøke om de tilbakevandrede fiskene har en direkte eller tilfeldig vandring, og om de voksne har lært tilbakevandringsruten til ferskvann mens de vandret ut som smolt, ble

følgende grupper utsatt (1) smolt i elver og i åpent hav, (2) post-smolt ved Færøyene og (3) voksne laks i Norskehavet og langs Norskekysten (**figur 5**) (Hansen et al. 1993).

For å undersøke vandringsruten til laks mot heimelva ble det utsatt merket, stedegen smolt i Sandvikselva, Imsa, Nidelva og Vefsna. Den voksne laksen ble gjenfanget: (1) i Norskehavet,

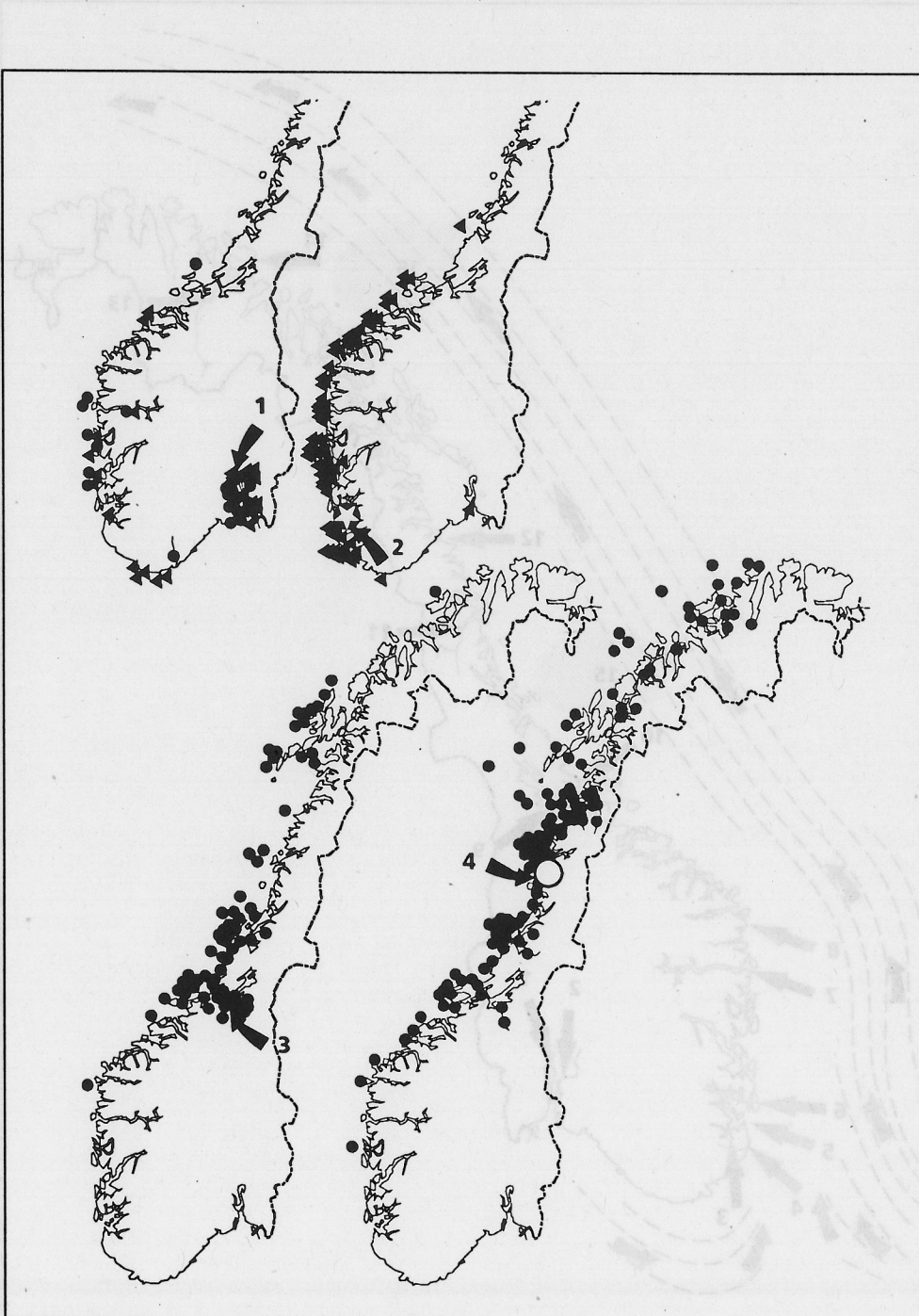
Figur 5

Lokaliteter der egg, smolt, postsmolt og voksen laks er innsamlet. Pilene viser retningen på kyststrømmen. 1) Sandvikselva, 2) Drammenselva, 3) Imsa, 4) Figgjo, 5) Kvitsøy, 6) Karmøy, 7) Nesje, 8) Kinn, 9) Nidelva, 10) Tarva, 11) Vefsna, 12) Støtt, 13) Altaelva, 14) Breivik. De prikkete feltene er 15) Trøndelag- og 16) Andenesområdene. Kilde: Hansen et al. (1993). - Localities where brood stocks, smolts, post-smolts and adults of Atlantic salmon were collected, and the direction of the coastal current along the Norwegian coast. 1) River Sandvik, 2) River Drammen, 3) River Imsa, 4) River Figgjo, 5) Kvitsøy, 6) Karmøy, 7) Nesje, 8) Kinn, 9) River Nidelv 10) Tarva, 11) River Vefsna, 12) Støtt, 13) River Alta, 14) Breivik. The dotted areas are the 15) Trøndelag and 16) Andenes areas. Source: Hansen et al. (1993).



hovedsakelig nord for Færøyene, (2) som modnende fisk under tilbakevandring langs kysten vår, både nord og sør for utsettingselva, deretter (3) i fjordområdene nær utsettingselva og (4) tilbake i utsettingselva (**figur 6**). Dette tilbakevandringmønster-

et tyder på at det ikke er noen fast, direkte tilbakevandningsrute fra havet til elva, men at laksen treffer kyststrømmen over et vidt område på begge sider av fjorden og vassdraget dit den skal. De nærmer seg fjorden og utsettingselva både fra nord og sør.



Figur 6

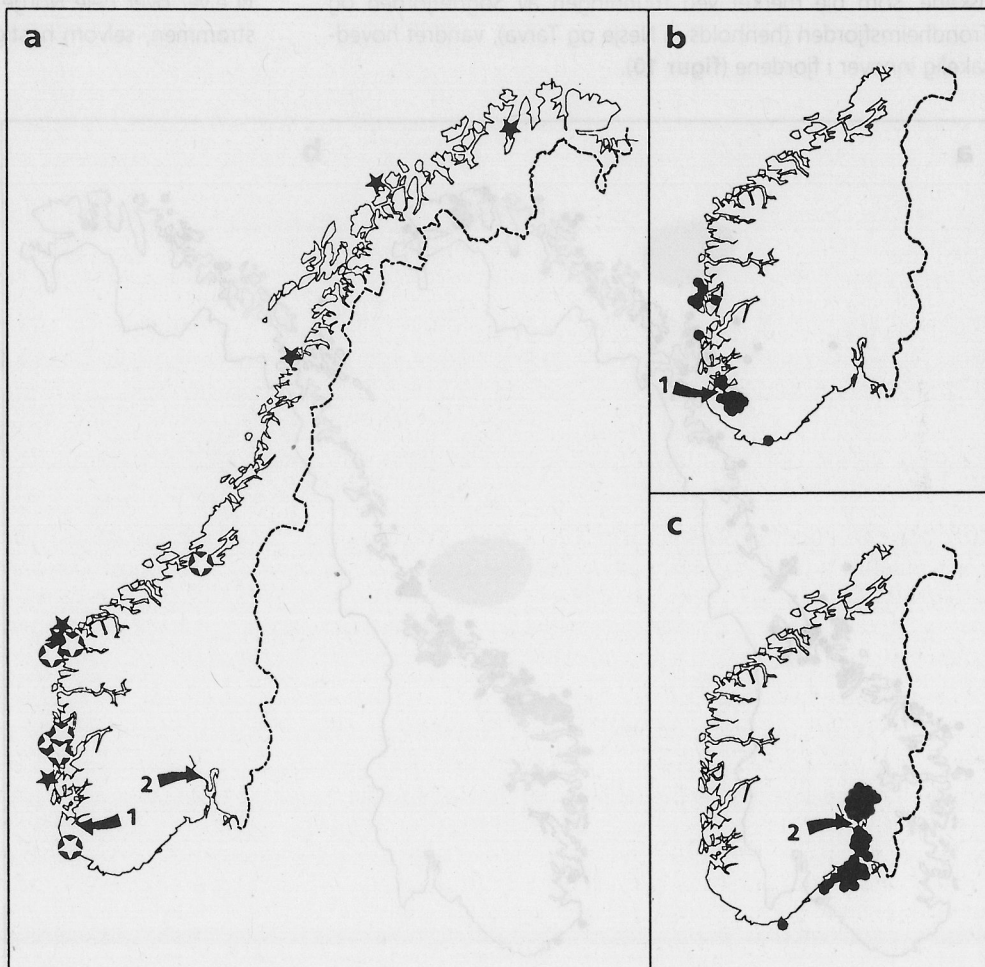
Gjenfangster av utsatt smolt (● oppdrettet og ▼ vill) i 1) Sandvikselva 2) Imsa, 3) Nidelva og 4) Vefsna. Pilene viser utsettingselvene. I tillegg ble 21 voksne laks gjenfanget i Imsa og 29 i fjorden utenfor (⊗), og 46 voksne laks i Vefsna og 64 i fjorden utenfor (⊙). Kilde: Hansen et al. (1993). - Sites of recapture of homing Atlantic salmon released as smolts (● hatchery-reared and ▼ wild) in 1) River Sandvik, 2) River Imsa, 3) River Nidelv, 4) River Vefsna. The arrows indicate the geographical location of the rivers. In addition, 21 adults were recaptured in the River Imsa and 29 in the fjord outside the river (⊗), and 46 adults in the River Vefsna and 64 in the fjord outside (⊙). Source: Hansen et al. (1993).

For å undersøke betydningen av stedegenhet på nøyaktigheten ved tilbakevandringen til den voksne laksen ble smolt fra Imsa, Figgjo og Altaelva utsatt ved utløpet av Imsa. Smolt fra fremmede stammer, som ble utsatt i Imsa, vandret som voksne tilbake til Imsa (utsettingselva) og ikke til elva der de opprinnelig kom fra. Uansett stamme, er det imidlertid alltid en viss feilvandring. For utsettingene i Imsa er gjennomsnittlig feilvandring av laks fanget i ferskvann ca. 10%. De fleste feilvandrerne blir gjenfanget i elver nær utsettingselva.

For å undersøke om den voksne laksen vender tilbake til utsettingsstedet når den blir utsatt i åpen sjø, satte vi ut smolt fra to laksestammer i sjøen utenfor Kvitsøy nær Stavanger. Den voksne laksen ble gjenfanget i sjøen utenfor Kvitsøy og i elver, hovedsakelig på Jæren. Bare 9,4% av samtlige ferskvannsgjenfangster ble gjort i fødeelva (Imsa eller Figgjo i Rogaland). Resultatene viser at smolt utsatt i åpent hav vandrer tilbake til utsettingsområ-

det, men når kjønnsmodningen nærmer seg, vandrer de opp i vassdrag i nærheten om dette er fødeelva eller ikke.

For å teste om den voksne laksen har en medfødt retningssans eller om den lærer retningen fra heimelva til ernæringsområdet i havet under utvandringen ble oppdrettet postsmolt satt direkte ut i sjøen nord for Færøyene om vinteren. I dette området befinner postsmolt på samme alder seg. Totalt ble 34 individer gjenfanget som postsmolt og umodne laks ved Færøyene, én ved Grønland og 13 som modnende laks på vei tilbake ved kysten av Norge. Ingen modnende laks ble gjenfanget i andre retninger. Av kontrollgruppene, utsatt i Imsa og i Drammenselva ble 10 voksne laks av Imsastammen og 30 av Drammenselvastammen fanget under tilbakevandringen fra havet langs kysten av Norge og henholdsvis 13 og 21 tilbake som kjønnsmodne lakser i Imsa og Drammenselva (**figur 7**). Ut fra dette synes den voksne laksen å ha en medfødt retningssans fra havet tilbake mot Norske-



Figur 7

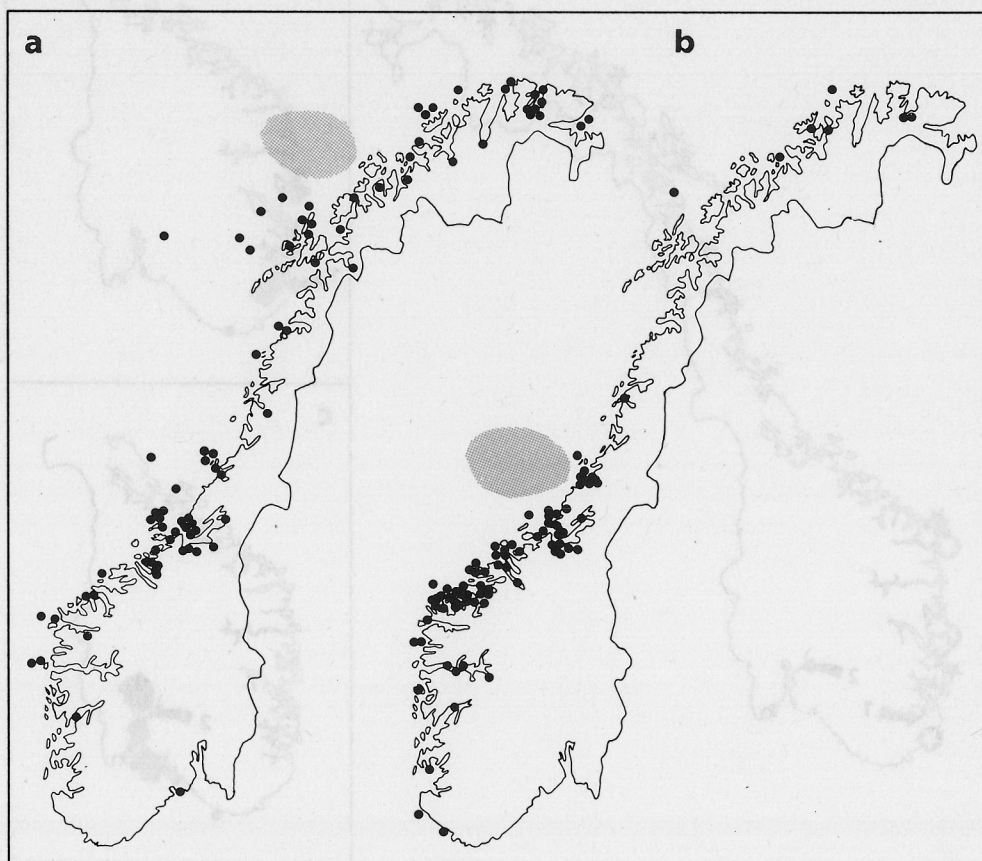
Gjenfangster av voksen laks fra Imsa (1, ⊕) og Drammenselva (2, ★) stammer, utsatt som a) postsmolt på ernæringsområdene ved Færøyene, b) smolt i Imsa og c) smolt i Drammenselva. Kilde: Hansen et al. (1993). - Sites of recapture of homing adult Atlantic salmon from the River Imsa (1, ⊕) and River Drammen (2, ★) stocks, released as a) post-smolts at the feeding grounds, b) smolts in the River Imsa and c) smolts in the River Drammen. Source: Hansen et al. (1993).

kysten. Ingen av fiskene utsatt ved Færøyene fant imidlertid tilbake til heimelva eller lmsa der de ble drettet opp og transportert fra med brønnbåt til utsettingsstedet.

For å se vandringsretningen til den tilbakevandrende laksen langs kysten, ble voksen laks merket i Norskehavet om våren og sommeren. Gjenfangstene viser at fisk som ble merket utenfor Andenes og Trøndelag, vandret til elver over hele Norge. De vandret både nordover med kyststrømmen og sørover mot strømmen. Totalt vandret mer enn 70% sørover (**figur 8**).

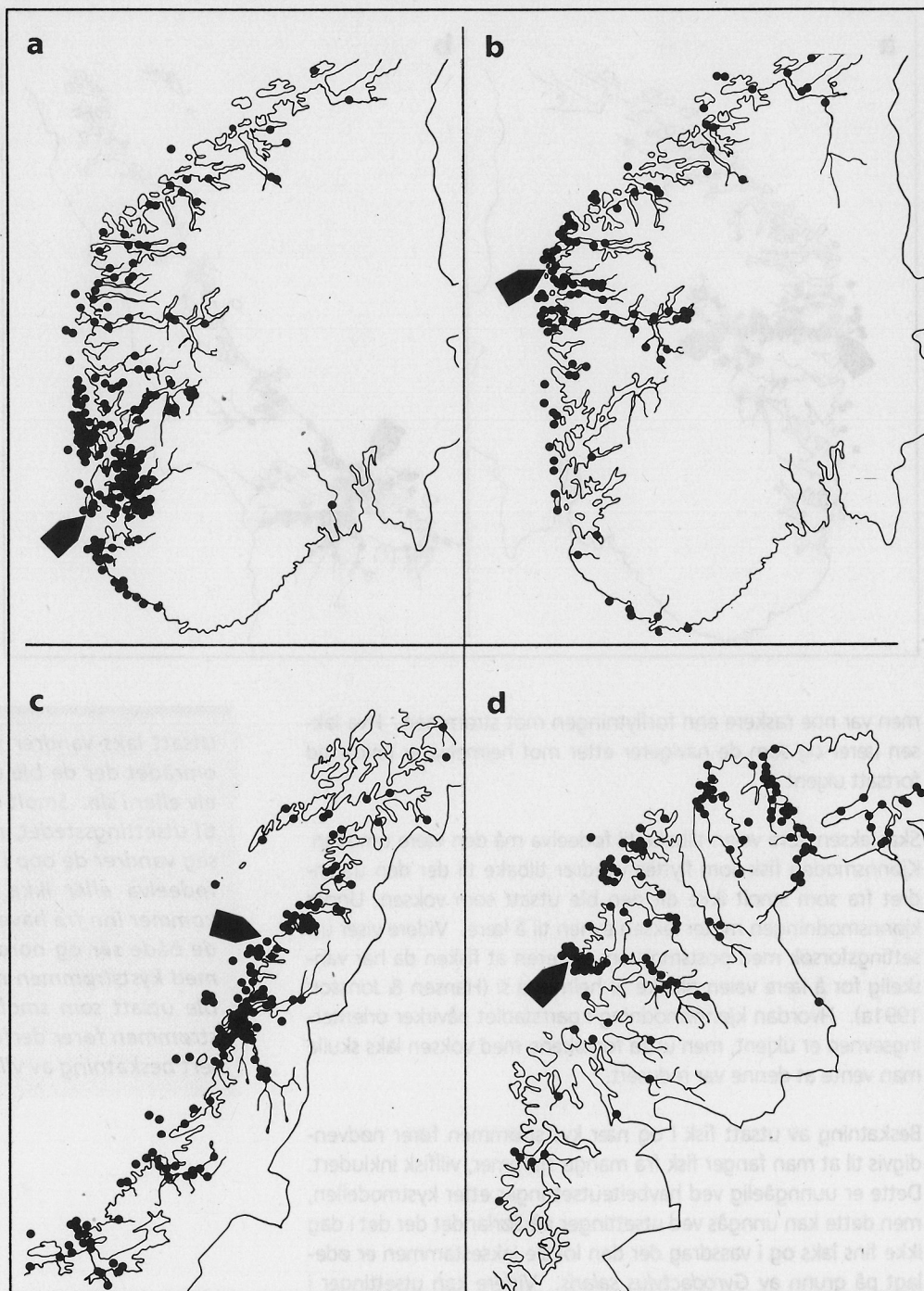
Laks som ble merket helt inne ved kysten (Breivik, Støtt, Kinn og Karmøy) vandret mer retningsbestemt i forhold til heimelva si (**figur 9**). Laks som ble merket ved Karmøy utenfor Stavanger og ved Breivik i nærheten av Hammerfest vandret hovedsakelig nordover, mens de som ble merket ved Støtt i nærheten av Glomfjord vandret hovedsakelig sørover. Laks som ble merket ved Kinn ved Florø vandret både nord- og sørover. De voksne fiskene, som ble merket ved munningen av Sognefjorden og Trondheimsfjorden (henholdsvis Nesje og Tarva), vandret hovedsakelig innover i fjordene (**figur 10**).

Hva viser dette forsøket oss om laksens navigering i havet? Laksens vandring fra ernæringsområdet i havet mot vassdraget er delt i to faser: en nedarvet grov navigering østover fra Norskehavet mot Norskekysten til de treffer kyststrømmen. Derfra starter en finere navigering med eller mot strømmen til den fjorden de skal til. Fisk som svømmer inn i fjorder skal hovedsakelig til elver som renner ut der. I fjordene synker vandringshastigheten når de nærmer seg det vassdraget de skal til. Selve tidspunktet for oppvandring i elva er for en stor del avhengig av omgivelsesmessige forhold. Denne siste finnavigeringen er lært under utvandringen, og mangler hos fisk som ikke selv har gjennomført utvandringen (blitt transportert). Hypotesen om at lokaliseringen av heimelva er nedarvet støttes ikke av undersøkelsene der den voksne fisken vender tilbake til utsettingsstedet og ikke til føde-elva for å gyte. Videre tyder resultatene av merket voksen fisk i Norskehavet at tilbakevandringen til kysten er en aktiv og ikke en passiv eller tilfeldig forflytning med havstrømmer. Gjenfangstene viser at når laksen kommer inn til kysten sprer den seg til elver over hele Norge. Den vandrer både mot og med kyststrømmen, selvom hastigheten under forflytningen med strøm-



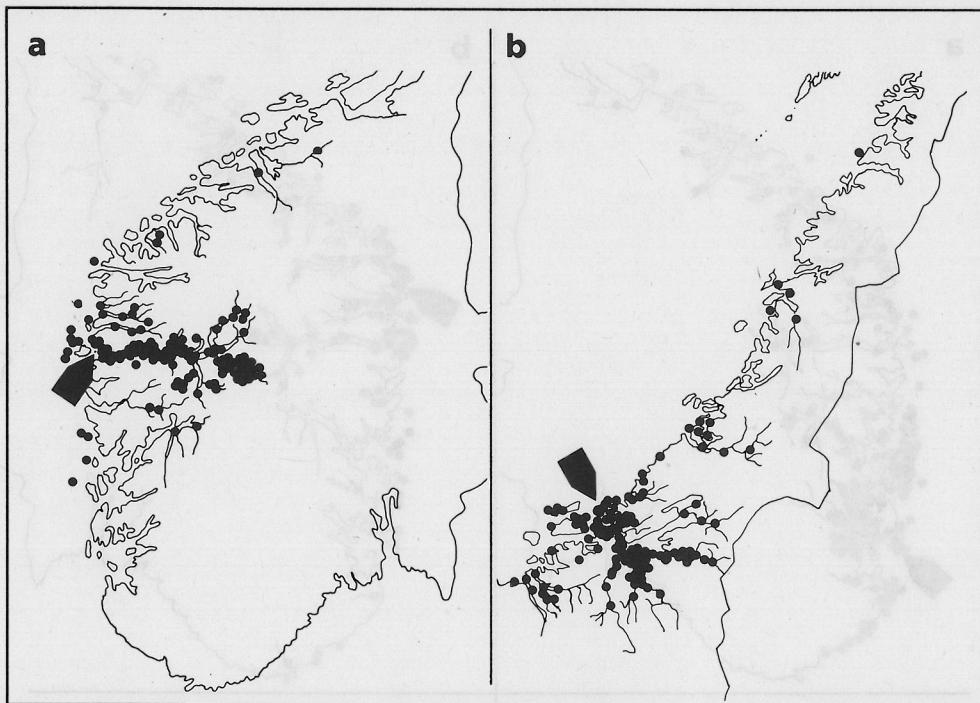
Figur 8

Gjenfangster av voksen laks merket samme år utenfor a) Andenes og b) Trøndelag. Kilde: Hansen et al. (1993). - Sites of recapture of homing Atlantic salmon tagged during the same year in the a) Andenes and b) Trøndelag areas. Source: Hansen et al. (1993).



Figur 9

Gjenfangster av voksen laks merket samme år ved a) Karmøy, b) Kinn, c) Støtt og d) Breivik. Pilene viser merkestedene. Kilde: Hansen et al. (1993). - Sites of recapture of homing adult Atlantic salmon tagged during the same year at a) Karmøy, b) Kinn, c) Støtt and d) Breivik. The arrows show the geographic location of the tagging sites. Source: Hansen et al. (1993).



Figur 10

Gjenfangster av voksen laks merket samme år ved munningen av a) Sognefjorden (Nesje) og b) Trondheimsfjorden (Tarva). Pilene viser merkestedene. Kilde: Hansen et al. (1993). - Sites of recapture of homing adult Atlantic salmon tagged during the same year at the mouth of a) the Sognefjord (Nesje) and b) the Trondheimsfjord (Tarva). The arrows show the geographic location of the tagging sites. Source: Hansen et al. (1993).

men var noe raskere enn forflytningen mot strømmen. Hva laksen lærer og som de navigerer etter mot heimelva er imidlertid fortsatt ukjent.

Skal laksen lære veien tilbake til fødeelva må den være umoden. Kjønnsmoden fisk som flyttes vandrer tilbake til der den utvandret fra som smolt ikke dit den ble utsatt som voksen. Under kjønnsmodningen mister laksen evnen til å lære. Videre viser utsettingsforsøk med postsmolt om vinteren at fisken da har vanskelig for å lære veien tilbake til heimelva si (Hansen & Jonsson 1991a). Hvordan kjønnsmodning i parrstadiet påvirker orienteringsevnen er ukjent, men utfra forsøkene med voksen laks skulle man vente at denne var redusert.

Beskatning av utsatt fisk i og nær kyststrømmen fører nødvendigvis til at man fanger fisk fra mange stammer, villfisk inkludert. Dette er unngåelig ved havbeiteutsetninger etter kystmodellen, men dette kan unngås ved utsetninger på Sørlandet der det i dag ikke fins laks og i vassdrag der den lokale laksestammen er ødelagt på grunn av *Gyrodactylus salaris*. Videre kan utsetninger i forbindelse med vassdrag uten egne laksestammer inne i fjorder, begrense fangsten av villaks fra andre stammer. Dersom uheldig fangst av villaks skal unngås, er den ideelle lokaliseringen av en utsettinglokalitet en avgrenset fjord der det ikke finnes andre laksevassdrag.

Utsatt laks vandrer som kjønnsmodne tilbake til det området der de ble utsatt som smolt enten dette er i elv eller i sjø. Smolt utsatt i åpent hav vandrer tilbake til utsetningsstedet, men når kjønnsmodning nærmer seg vandrer de opp i vassdrag i nærheten om dette er fødeelva eller ikke. Den tilbakevandrende laksen kommer inn fra havet mot kysten over et bredt område både sør og nord for utsetningsstedet og vandrer med kyststrømmen mot den fjorden og elva der den ble utsatt som smolt. Beskatning nær, eller i kyststrømmen fører derfor lett til en uheldig og ukontrollert beskatning av villaks.

3 Egenskaper hos en god havbeitefisk

En god havbeitefisk må vandre til havs raskt etter utsetting, overleve fram til kjønnsmodning og vandre tilbake til utsettingsstedet der den kan fanges. En rekke faktorer er bestemmende for om dette skal skje, og avgjør "kvaliteten" på havbeitefisk. Dette er variabler som utvandringstrang, størrelse ved utsetting, overlevelse i havet, alder og størrelse ved kjønnsmodning, tidspunkt for tilbakevandring og heimfinningsevne. Vi vet ennå ikke hvordan vi i oppdrett kan produsere en smolt som har like god vekst og overlevelse i havet, og tilbakevandring til vassdrag som villsmolt.

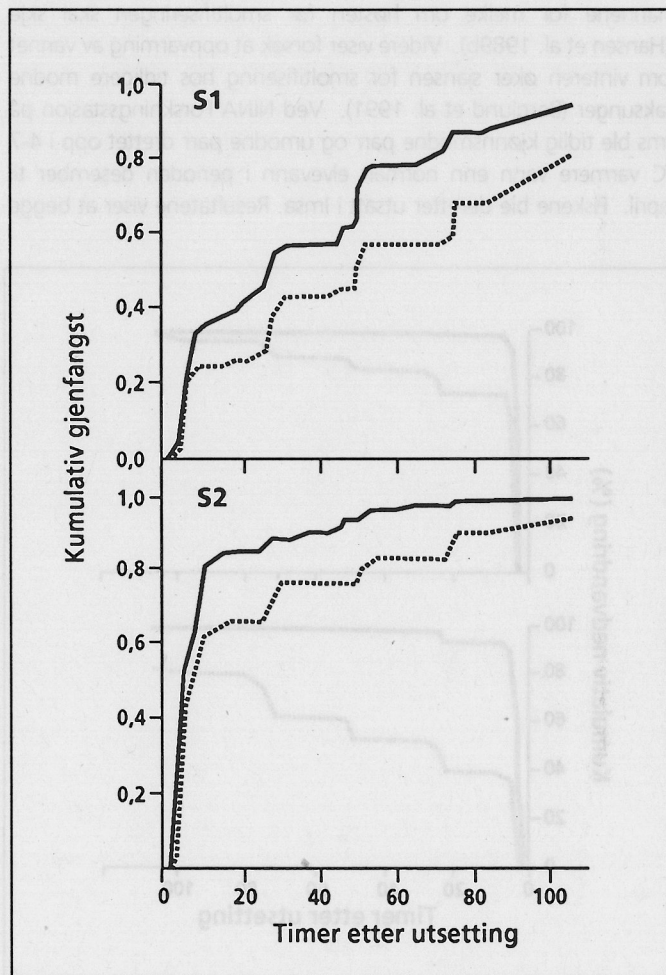
Smoltifiseringen er påvirket av forholdene i oppdrettet fram til forvandlingen fra parr. Dette gjelder for eksempel forhold som vanntemperatur, fotoperiode, vannets salinitet og fødingsintensitet under oppdrettet. Disse faktorene virker inn på en eventuell kjønnsmodning i parrstadiet, som igjen virker inn på vandringsstrang og overlevelse etter utsetting.

3.1 Utvandringstrang

Noen fisker i en laksebestand kjønnsmodnes som parr, men andelen som kjønnsmodnes før smoltifiseringen varierer sterkt mellom ulike populasjoner. I en storlakselv som Atlaelva blir gjennomsnittlig bare ca. 2% av hannene over 8 cm kjønnsmodne før utvandring (Heggberget 1989), mens man i noen små laksevassdrag har funnet at så og si alle hannene er kjønnsmodne før utvandring (Schiefer 1972, Ritter et al. 1986). I Imsa har man funnet at over 80% av de ettårige hannene er kjønnsmodne høsten før smoltifiseringen (Bohlin et al. 1986). Kjønnsmodne parr er hovedsakelig hanner (Jones 1959), selv om det også kan finnes hunner blant dem (Baglinière & Maisse 1985, Hindar & Nordland 1989, Moore & Riley 1992).

I oppdrettsanlegg er også kjønnsmodne parr vanlig, og her kan kjønnsmodne hunner være vanligere enn i naturen (cf. Hansen et al. 1989b). Undersøkelser viser at kjønnsmodning i parrstadiet reduserer vandringstrangen. Kjønnsmodne parr har redusert utvandring sammenliknet med umodne individer på samme størrelse og alder fra samme bestand. Utsettingsforsøk med umodne og fortidlig kjønnsmodne hanner i elven Imsa viste at flere umodne vandret ut av vassdraget, sammenliknet med de tidlig kjønnsmodne hannene. De umodne fiskene vandret også raskere ut av vassdraget enn de fortidlig kjønnsmodne hannene (**figur 11**) (Hansen et al. 1989b). Ved de fleste utsettinger blir en del av fisken igjen i elva isteden for å vandre til havs. Ved to utsetting-

er av oppdrettet smolt i elven Lussa i Skottland ble 5,6 og 5,9% av fisken igjen i elva. Av disse ble 91,8 og 93,4% kjønnsmodne samme år som de ble utsatt. Kjønnsmodningen synes således å være en hovedårsak til at laksunger kan unnlate å vandre. Overlevelse og gjenfangst av tidligere kjønnsmodne parr, som smoltifiserer og vandrer til havs, synes også å være redusert i forhold til de som var umodne før utvandring. En del av den kjønnsmodne fisken vandrer også opp i vassdrag for å gyte samme år som de blir utsatt (Jonsson et al. 1993).



Figur 11

Kumulativ gjenfangst av umodne (—) og modne hanner (- - -) av ett- S1) og toårig S2) laksesmolt i fella i Imsa i 1986. Smoltene ble utsatt 1 km ovenfor fella. Kilde: Hansen et al. (1989b). - Cumulative recapture of immature (—) and mature male (- - -) Atlantic salmon smolts, 1 S1) and 2 S2) years of age in the trap in River Imsa, 1986. The smolts were released 1 km above the trap. Source: Hansen et al. (1989b).

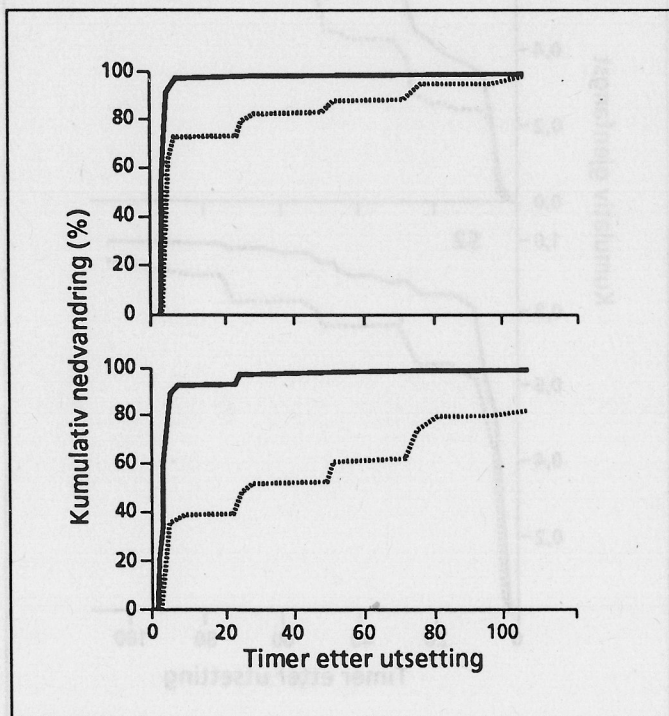
I oppdrettsanlegg hvor utviklingsforholdene er gode med kraftig føring, er det vanlig at en stor del av ungfisken kjønnsmodnes i parrstadiet (Leyzerovich 1973, Saunders et al. 1982). I havbeitesammenheng bør man derfor unngå produksjonsforhold som gir høye andeler kjønnsmodne ungfisk.

Hva kan så gjøres for å hindre kjønnsmodning som parr, eller få tidligere kjønnsmodne laksunger til å smoltifisere i stedet for å gyte igjen året etter? Sjansen for at kjønnsmodne laksunger skal smoltifisere øker dersom man stryker og tømmer de kjønnsmodne parrhannene for melke om høsten før smoltifiseringen skal skje (Hansen et al. 1989b). Videre viser forsøk at oppvarming av vannet om vinteren øker sjansen for smoltifisering hos tidligere modne laksunger (Berglund et al. 1991). Ved NINA Forskningsstasjon på lmsa ble tidlig kjønnsmodne parr og umodne parr drettet opp i 4-7 °C varmere vann enn normalt ellevann i perioden desember til april. Fiskene ble deretter utsatt i lmsa. Resultatene viser at begge

gruppene som ble drettet opp ved oppvarmet vann, vandret raske- re ut enn de som ble drettet opp ved normal elvetemperatur (**figur 12**). Oppvarmingen av vannet økte andelen av kjønnsmodne parr som vandret ut sammenliknet med kontrollgruppen. En tredje metode for å redusere kjønnsmodning hos parr i klekkeriet er å la fiskene gå i brakkvann under oppdrettet (Lundqvist & Fridberg 1982).

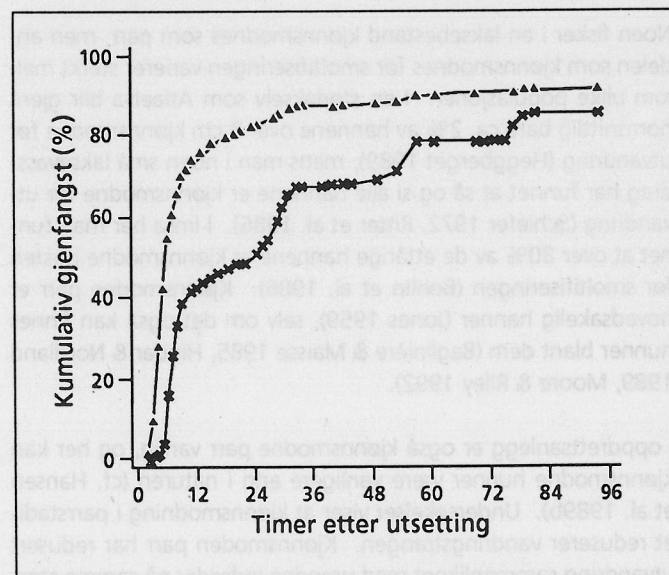
3.2 Alder og størrelse ved utsetting

I klekkeriene blir havbeitesmolten produsert under gunstige vekstforhold. Resultatet kan bli yngre smolt, større smolt og økende grad av kjønnsmodning i parrstadiet. For å teste betydningen av fiskens alder og størrelse ved smoltifiseringen ble 1750 merket 1+ og 1280 merket 2+ smolt av lmsa stamme utsatt i lmsa 16. mai 1983 (Hansen & Jonsson 1985). Fiskene ble utsatt 1000 m ovenfor fella i lmsa og registrert i fella etter som de utvandret. I lmsa er ei felle plassert 100 m fra utløpet av elva. Fella fanger all opp- og nedvandrende fisk i vassdraget. Forsøket viste at den eldste fisken startet utvandringen tidligere og utvandret i større antall enn den yngre (**figur 13**). Dette skjedde til tross for at andelen av kjønnsmodne og ferskvannsresidente individer øker med økende alder. Utsettelsesforsøk beskrevet i Hansen et al. (1984) viser liknende resultater.



Figur 12

Kumulativ prosent av nedvandrende smolt av umodne parr (over) og tidlig kjønnsmodne parrhanner (under) drettet opp ved normalt elvetemperatur (.....) om vinteren og ved oppvarmet ellevann (—). Kilde: Berglund et al. (1991). - Cumulative percent of descending smolts from immature parr (upper) and previously mature male parr (lower) reared at ambient (.....) or elevated (—) winter water temperature. Source: Berglund et al. (1991).



Figur 13

Kumulativ gjenfangst av 1+ (x) og 2+ (▲) laksesmolt i fella i lmsa i løpet av 96 timer, som prosent av totalt antall fisk utsatt. Kilde: Hansen & Jonsson (1985). - Cumulative recapture of 1+ (x) and 2+ (▲) Atlantic salmon smolts in the trap in River lmsa during 96 hours, given in percent of total number of fish released. Source: Hansen & Jonsson (1985).

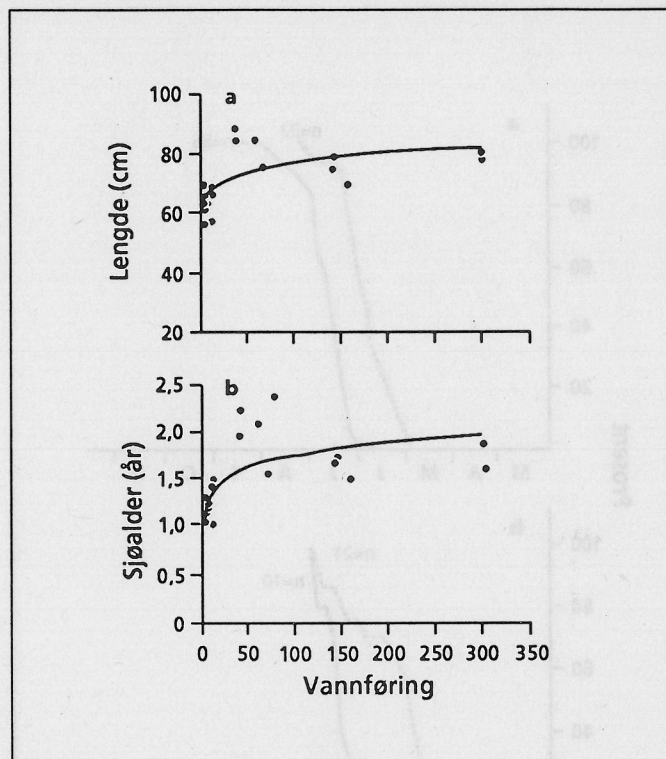
3.3 Kjønnsmodning og tilbakevandring

Fiskens verdi som havbeitefisk er påvirket av alder og størrelse ved kjønnsmodning, og tidspunkt for tilbakevandring. Storlaks, som har vært i sjøen 3 år eller mer før kjønnsmodning, har stor økonomisk verdi og gir høyest utbytte til sjøfiskeriene, mens smålaks, som bare har vært ett år i sjøen før kjønnsmodning, gir høyest utbytte til små elver som for eksempel Imsa (Hansen & Jonsson 1989b). Laks som vandrer opp i vassdrag tidlig på sesongen har bedre kjøttkvalitet og er mer egnet som menneskeføde enn laks som vandrer tilbake seint i sesongen. Havbeitefisk, som skal brukes til menneskeføde, bør derfor høstes tidlig i sesongen. Det totale utbyttet vil variere mye mellom stammer og år (Hansen & Jonsson 1989b).

Tidlig og sein tilbakevandring, og størrelse og alder ved kjønnsmodning er påvirket av både arv og miljø. Dette må man ta hensyn til både ved smoltproduksjon og utvelgelsen av stamfisk.

Miljøkomponenten i alder ved kjønnsmodning er vist ved at økt alder ved smoltifisering har en tendens til å redusere laksens sjøalder ved kjønnsmodning (Isaksson 1983). Videre er det slik at når veksten i sjøen stagnerer inntre kjønnsmodning (Schaffer & Elson 1975). Betydningen av arv sees ved at laks fra store vassdrag har tendens til å kjønnsmodnes ved høyere sjøalder enn laks fra små elver (Jonsson et al. 1991b). I 18 vassdrag med forskjellig størrelse, målt som årlig middelvannføring, ble andelen av smålaks og storlaks undersøkt. Undersøkelsen viser at kroppslengde og alder ved kjønnsmodning økte signifikant med økende vannføring i gyteelva (**figur 14**). Økningen i kroppslengde var størst i små elver (vannføring mellom 1-40 m³/s). Videre viser undersøkelsen at i elver med vannføring under 12 m³/s kjønnsmodnes mer enn 70% av fisken som smålaks, mens den i større elver, ofte ble kjønnsmodne etter to og tre år i havet.

Tidspunktet for oppvandring til gyteelva varierer sterkt mellom norske vassdrag. Noen vassdrag har tidlig oppvandring av laks (april-mai) mens andre har betydelig seinere oppvandring (oktober-desember). Det fins eksempler på at nærliggende vassdrag (for eksempel Figga og Steinkjerelva innerst i Trondheimsfjorden) har to måneders forskjell i oppvandringstidspunkt. Denne forskjellen synes for en stor del å være påvirket av arv. For å undersøke om tidlig og sein tilbakevandring er genetisk styrt eller påvirket av miljøet ble oppdrettet laksesmolt fra elvene Figga i Trøndelag og Imsa satt rett ut i sjøen ved Ims, Lindesnes og Kjølbrønn ved Kragerø (Hansen & Jonsson 1991b). Den kjønnsmodne fisken i Figga er kjent for å vandre tilbake til elva tidlig på

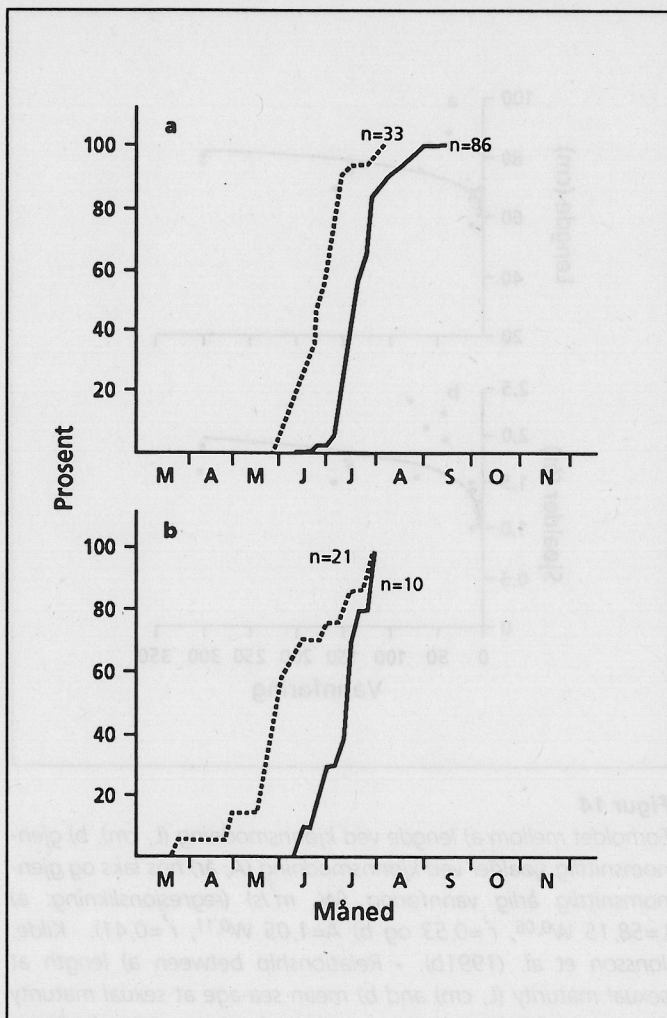


Figur 14

Forholdet mellom a) lengde ved kjønnsmodning (L , cm), b) gjennomsnittlig sjøalder ved kjønnsmodning (A , år) hos laks og gjennomsnittlig årlig vannføring (W , m³/s) (regresjonslikning: a) $L=58,15 W^{0,06}$, $r^2=0,53$ og b) $A=1,05 W^{0,11}$, $r^2=0,41$). Kilde: Jonsson et al. (1991b). - Relationship between a) length at sexual maturity (L , cm) and b) mean sea-age at sexual maturity (A , years) of Atlantic salmon and yearly mean water discharge (W , m³/s) (regression lines: a) $L=58.15 W^{0.06}$, $r^2=0.53$ and b) $A=1.05 W^{0.11}$, $r^2=0.41$). Source: Jonsson et al. (1991b).

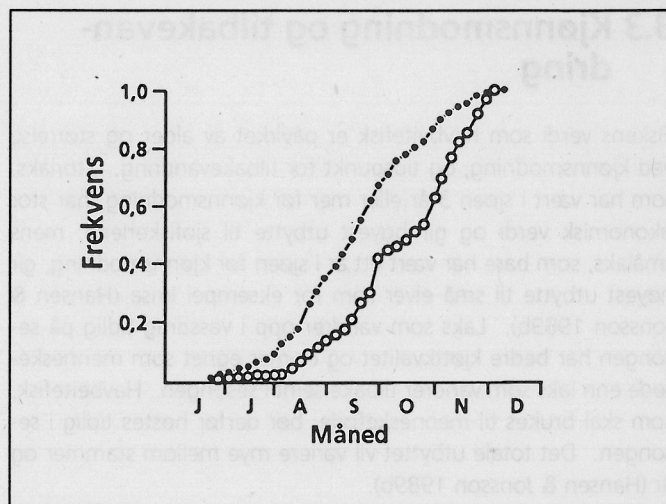
sommeren, mens Imsafisken vender tilbake seint på sommeren eller tidlig på høsten. Yngelen ble drettet opp under like forhold i anlegget på Ims og utsatt samtidig. Resultatene viser at både en- og to-sjøvinterfisk fra Figga vendte tidligere tilbake til Norskekysten enn fisk på tilsvarende alder fra Imsa (**figur 15**).

Tidspunktet for oppvandring i elva er påvirket av vannføring, størrelsen på vassdraget og størrelsen på fisken (Jonsson et al. 1990b, 1991b). For eksempel i små kystvassdrag med høstflom skjer oppvandringen seint om høsten, selv om fisken kommer mye tidligere tilbake fra havet. Er det liten vannføring i vassdraget forsinkes oppvandringen av de større fiskene (**figur 16**). I vassdrag med vårfloem vil oppvandringen kunne starte tidlig.



Figur 15

Kumulativ gjenfangst av a) en-sjøvinter og b) to-sjøvinterlaks langs Norskekysten, utsatt som smolt i Imsa i 1981. Figga stammen (- -) og Imsa stammen (—). Kilde: Hansen & Jonsson (1991b). - Cumulative recapture of a) one-sea-winter and b) two-sea-winter Atlantic salmon along the Norwegian coast, released as smolts in River Imsa in 1981. River Figga stock (- -) and River Imsa stock (—). Source: Hansen & Jonsson (1991b).



Figur 16

Kumulativ frekvens av en-sjøvinter (●, n=779) og fler-sjøvinterlaks (○, n=204) fanget under oppvandring i Imsa, 1976-1988. Kilde: Jonsson et al. (1990b). - Cumulative frequency of Atlantic salmon that had spent one (●, n=779) and more (○, n=204) winters at sea ascending into the fish trap at the outlet of the River Imsa, 1976-88. Source: Jonsson et al. (1990b).

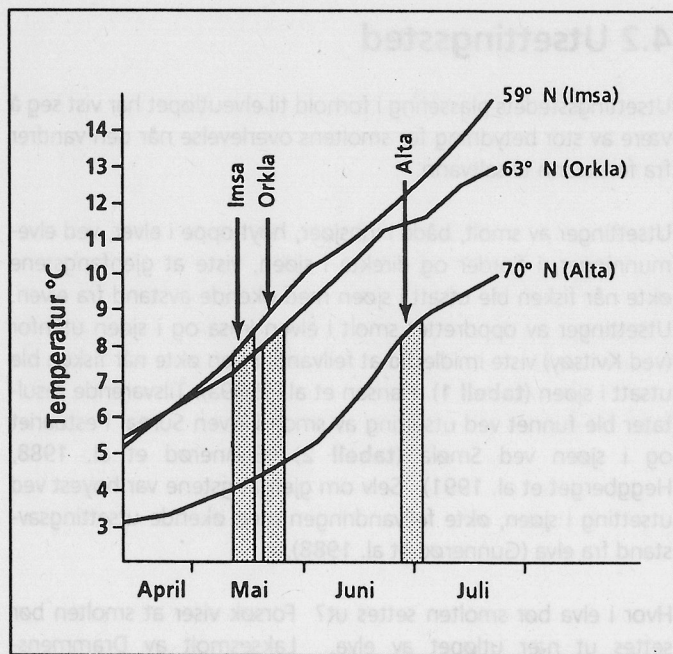
En god havbeitefisk må vandre til havs raskt etter utsetting. Utvandringstrangen hos kjønnsmodne parrhanner kan økes ved å stryke og tømme dem for melke om høsten. Parroppdrett i brakkevann reduserer kjønnsmodningen. Oppdrett av kjønnsmodne parr i oppvarmet vann om vinteren stimulerer smoltifiseringen og reduserer sjansene for gjentatt kjønnsmodning den etterfølgende høsten. Eldre og større smolt vandrer raskere ut enn yngre. Laksens verdi som havbeitefisk er påvirket av alder ved kjønnsmodning og tidspunkt for tilbakevandring. Storlaks har stor økonomisk verdi og gir høyest utbytte til sjøfiskeriene, mens smålaks gir høyest utbytte til små elver. Laks som vandrer opp i vassdrag tidlig på sesongen har bedre kjøttkvalitet enn laks som vandrer opp seint i sesongen. Storlaks kommer tilbake til utsettingsstedet tidligere på sesongen enn smålaks.

4 Faktorer som påvirker smolt-overlevelsen

Overlevelsen av utsatt smolt er lavere enn for villsmolt når de vandrer ut fra samme vassdrag (Jonsson et al. 1991a). Ved utsettinger har man funnet mer enn dobbelt så høy overlevelse hos villsmolten som hos havbeitesmolten. En rekke faktorer påvirker overlevelsen hos smolten. Dette er blant annet utsettingstidspunkt, utsettingssted, utsettingsmetoder, størrelsen på den utsatte fisken, fysisk trening av fisken før utsetting og predasjon.

4.1 Utsettingstidspunkt

Smoltutvandringen foregår normalt i løpet av én måned om våren (Österdahl 1969). I denne perioden er smolten både fysiologisk og atferdsmessig tilpasset overgangen fra ferskvann til saltvann (Eriksson & Lundqvist 1982). Denne perioden varierer mellom

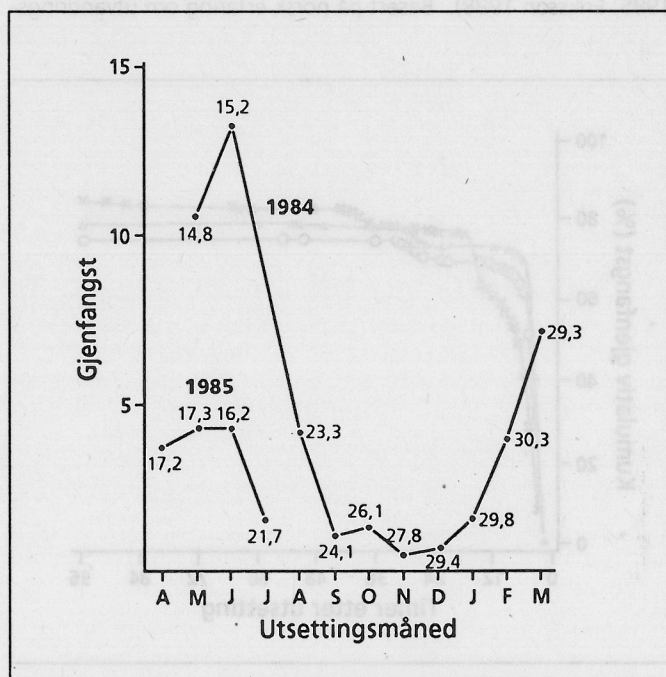


Figur 17

Temperaturer i havet utenfor Imsa, Orkla og Altaelva i forhold til utvandringstidspunktet for villsmolt. De skraverte feltene angir tidspunkt for utvandring i de respektive vassdragene. Kilde: Heggberget et al. (1992). - Sea-water temperatures outside River Imsa, River Orkla and River Alta in relation to the time of descent of wild smolts. The hatched areas gives the time of descent in the respective rivers. Source: Heggberget et al. (1992).

populasjoner og innen samme populasjon fra år til år (figur 17) (Jonsson & Ruud-Hansen 1985, Hesthagen & Garnås 1986, Heggberget et al. 1992). Dersom smolten forblir i ferskvann, desmoltifiserer den, og hannene vil kjønnsmodne om høsten (Lundqvist & Fridberg 1982).

Tidspunktet for smoltutsettingene om våren er avgjørende for overlevelsen til laksen. For å teste dette ble oppdrettet, sjøvannstilvendt og merket smolt og postsmolt utsatt hver måned fra januar til desember både ved elven Imsa og 4 km utenfor elvemunningen. På bakgrunn av gjenfangstene viste det seg at overlevelsen var høyest for smolt som ble utsatt om våren (mai-juni), på samme tidspunkt som da villsmolten forlater Imsa (figur 18) (Hansen & Jonsson 1989a). Fisk utsatt om høsten og vinteren hadde meget liten overlevelse.



Figur 18

Gjenfangster (prosent av antall utsatt) av smolt fra Loneelv stammen med sjøalder ≥ 3 måneder. Smolten ble holdt i sjøvann (32%) fra 21. mai til de ble utsatt i sjøen 4 km utenfor Imsa. Gjennomsnittlig lengde ved merking er gitt i cm. Kilde: Hansen & Jonsson (1989a). - Recaptures (percent of number released) of Atlantic salmon smolts of the River Lone stock with sea-age ≥ 3 months. The smolts were kept in sea-water (32%) from 21 May to the day of release in the sea 4 km outside River Imsa. Mean body lengths when tagged is given in cm. Source: Hansen & Jonsson (1989a).

Seks utsetninger med oppdrettssmolt i løpet av april-juni 1986 i Ingdalselva i Sør-Trøndelag viste at smolt utsatt 29. april og 12. mai gav høyest overlevelse. Utsetninger både tidligere og senere gav dårligere overlevelse. Resultater fra analysene av smoltens fysiologiske status tyder på at overlevelsen er størst når NaK-ATPase-nivået hos fisken ved utsetting er økende (Staurnes et al. 1993).

Utsettelsesforsøk med "smolt" i oktober i den svenske elven Lagan hadde liten overlevelse sammenliknet med utsettingene om våren (Carlin 1955). Videre viste Larsson (1977) at smolt utsatt i Ingdalsälven i Sverige i løpet av en kort periode i mai hadde best overlevelse. Til tross for dette viser utsetninger i Østersjøen at overlevelsen der er god for høstutsatt laks. Dette er imidlertid fisk som har stått i mærer i sjøen over sommeren og økt betydelig i størrelse sammenliknet med smolten (Eriksson & Eriksson 1985, Eriksson 1988). Basert på norsk erfaring om utvandringss-

tidspunkt for vill laks, kan en god tommelfingerregel være å sette ut smolten om våren/sommeren når sjøtemperaturen utenfor vassdraget har kommet opp i 7-8 °C (Heggberget et al. 1992).

Utsettingstidspunktets betydning for predasjon av smolten ble undersøkt i Oppløyelva i 1991 (Strand et al. 1992). Smolten ble satt ut 8 ganger i løpet av 6 uker om våren. Resultatene viser at predasjonen var meget varierende mellom de ulike smoltutsettingene. Den varierte mellom 0,7% ved utsetting 2. mai til 4,3% ved utsetting 30. mai.

Dag- eller nattutsettingers betydning for utvandringen og overlevelsen til smolten ble undersøkt i Imsa (Hansen & Jonsson 1985). Forsøket viste at havbeitesmolt utsatt om kvelden vandret raske ut av vassdraget enn smolt utsatt om dagen (**figur 19**). Kunstig belysning av elveløpet om natta forsinket utvandringen. Til tross for dette er forskjellen i overlevelse av smolt utsatt dag og natt liten. Ved forsøkene på Ims ble det ikke registrert signifikante forskjeller i overlevelse på dag- og nattutsatt fisk.

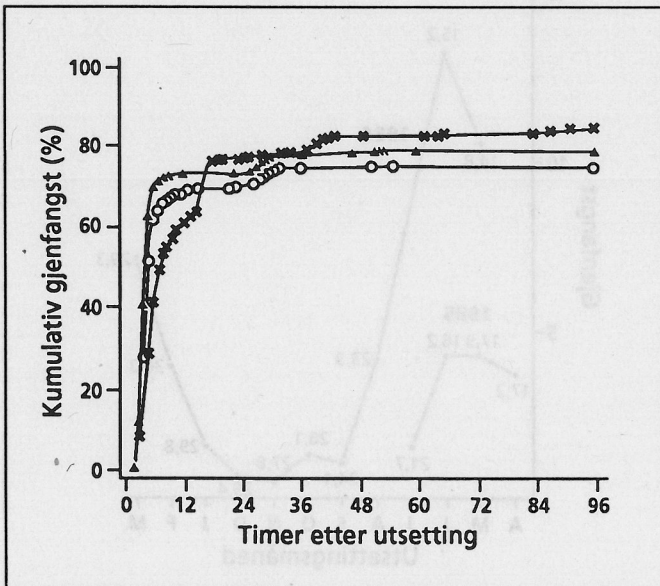
4.2 Utsettingssted

Utsettingsstedets plassering i forhold til elveutløpet har vist seg å være av stor betydning for smoltens overlevelse når den vandrer fra ferskvann til saltvann.

Utsetninger av smolt, både i innsjøer, høyt oppe i elver, ved elvemunninger, i fjorder og direkte i sjøen, viste at gjenfangstene økte når fisken ble utsatt i sjøen med økende avstand fra elven. Utsetninger av oppdrettet smolt i elven Imsa og i sjøen utenfor (ved Kvitsøy) viste imidlertid at feilvandringen økte når fisken ble utsatt i sjøen (**tabell 1**) (Hansen et al. 1989a). Tilsvarende resultater ble funnet ved utsetting av smolt i elven Surna, i estuariet og i sjøen ved Smøla (**tabell 2**) (Gunnerød et al. 1988, Heggberget et al. 1991). Selv om gjenfangstene var høyest ved utsetting i sjøen, økte feilvandringen med økende utsettingsavstand fra elva (Gunnerød et al. 1988).

Hvor i elva bør smolten settes ut? Forsøk viser at smolten bør settes ut nær utløpet av elva. Laksesmolt av Drammenselvestammen ble utsatt to steder i vassdraget: ved Gol i Hallingdal og ved Hellefoss i Drammenselva (Pethon & Hansen 1990). Resultatene viser at smolt utsatt høyt oppe i vassdraget (Gol) overlevde dårligere enn smolt utsatt nærmere utløpet (Hellefoss).

Utsetninger av 16860 oppdrettssmolt i årene 1963-71 på ulike steder i Glomma viser at gjenfangstene er best når fisken ble ut-



Figur 19

Kumulativ gjenfangst (prosent av antall utsatt) av 2+ smolt i fella i Imsa i løpet av 96 timer etter utsetting. Grupper av smolt ble sluppet om morgenen (x), om kvelden (▲) og om kvelden når en del av elva var opplyst (○). Kilde: Hansen & Jonsson (1985). - Cumulative recapture (percent of number of fish released) of 2+ Atlantic salmon smolts in the trap in River Imsa during 96 hours after release. Groups of smolts were released in the morning (x), in the evening (▲) and in the evening when a part of the river was illuminated (○). Source: Hansen & Jonsson (1985).

Tabell 1. Gjenfangst av voksne laks av Imsa, Figgjo og Altaelva stammer, utsatt som smolt i Imsa og i sjøen ved Kvitsøy. Kilde: Hansen et al. (1989a). - Number of recaptured adult Atlantic salmon of the River Imsa, River Figgjo and River Alta stocks, released as smolts in the River Imsa and in the sea at Kvitsøy. Source: Hansen et al. (1989a).

Stamme	Utsettingssted	Antall utsatt	Imsa	Figgjo	Alta	Andre	Sjø
Stocks	Site of release	Number released				Others	Sea
Imsa	Imsa	1934	63	2	0	5	145
Alta	Imsa	1943	4	0	0	1	111
Figgjo	Imsa	1930	46	1	0	3	157
Imsa	Kvitsøy	2906	3	7	0	18	173
Alta	Kvitsøy	1901	0	1	0	3	126

satt forholdsvis langt nede i vassdraget. Utsetninger i øvre del av Glomma gav gjenfangster på 0,8%, mens utsetninger i nedre deler av Glomma og Ågårdselva (elv som renner ut i nedre del av Glomma) gav gjenfangster på henholdsvis 3,8 og 2,5% (Hansen 1980).

I Ranaelva fant Hansen & Lea (1982) bedre gjenfangst av lakse-smolt utsatt langt nede i elva i forhold til smolt utsatt lengre oppe.

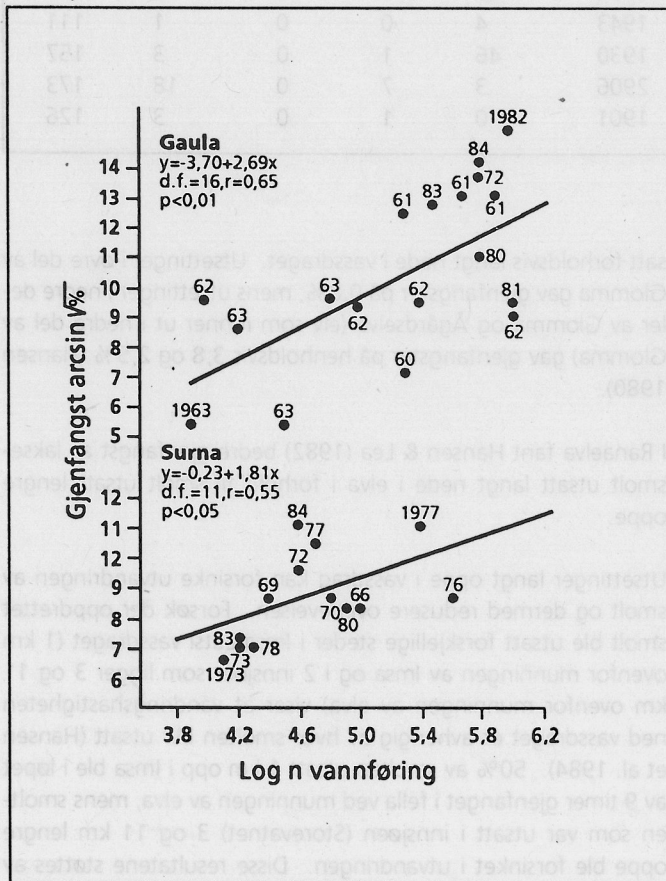
Utsetninger langt oppe i vassdrag kan forsinke utvandringen av smolt og dermed redusere overlevelsen. Forsøk der oppdrettet smolt ble utsatt forskjellige steder i Imsa-Lutsi vassdraget (1 km ovenfor munningen av Imsa og i 2 innsjøer som ligger 3 og 11 km ovenfor munningen av elva) viser at vandringshastigheten ned vassdraget er avhengig av hvor smolten blir utsatt (Hansen et al. 1984). 50% av smolten utsatt 1 km opp i Imsa ble i løpet av 9 timer gjenfanget i fella ved munningen av elva, mens smolten som var utsatt i innsjøen (Storevatnet) 3 og 11 km lengre oppe ble forsinket i utvandringen. Disse resultatene støttes av utsetninger av én-somrige laksunger i Storevatnet 2,5 km ovenfor munningen av Imsa (Hansen 1987). De innsjøoppdrettede laksungene vandret ut fra vassdraget over en mye lengre periode enn villsmolten. Den utvidete utvandningsperioden førte til redusert overlevelsen i sjøen (Hansen 1987). Totalt ble 0,7% av den utvandrende smolten som ble utsatt i Storevatnet, gjenfanget som voksne, sammenliknet med 15,4% i samme periode av vill-smolten i Imsa.

Tabell 2. Antall voksne laks gjenfanget i ferskvann og sjøen. Fisken ble utsatt som smolt i Surna, i fjorden utenfor og i sjøen i årene 1973 til 1983. Kilde: Gunnerød et al. (1988). - Number of adult Atlantic salmon recaptured in freshwater and at sea, released as smolts in River Surna, in the fjord outside the river and in the sea from 1973 to 1983. Source: Gunnerød et al. (1988).

Utsettingssted	Antall utsatt	Surna	Gjenfanget i andre elver	Sjø
Site of release	Number released		Recaptured in other rivers	Sea
Surna	11869	19	0	208
fjord	11813	22	6	184
sjø	12706	18	13	482

4.3 Vannføring

Vannføringen i elver innvirker på smoltens overlevelse. I elvene Gaula og Surna er det funnet en positiv sammenheng mellom gjenfangsten av voksne laks utsatt som smolt og vannføringen under utsettingene (**figur 20**) (Hvidsten & Hansen 1988). Smolten ble utsatt på samme tidspunkt som villsmolten vandret ut i de respektive elvene. En årsak til denne sammenhengen kan være redusert predasjon rett etter utsetting når vannføringen er stor og sikten i vannet er redusert.



Figur 20

Sammenhengen mellom vannføringen (m^3/s) i Gaula og Surna ved smoltutsettingene og gjenfangst av den voksne laksen. Kilde: Hvidsten & Hansen (1988). - Relationship between water flow (m^3/s) in River Gaula and River Surna during the Atlantic salmon smolt releases and the recapture-rate of the adults. Source: Hvidsten & Hansen (1988).

4.4 Stress

Merking og bedøvelse av smolten like før utsetting stresser fisken og reduserer overlevelsen. Carlinmerking og finneklipping er vanligvis brukt ved merking av fisk som skal utsettes, for å kunne analysere effekten av utsettingene. Det er vist at Carlinmerker reduserer smoltoverlevelsen, både for vill og anleggsprodusert fisk. Hansen (1988) fant at merking og bedøvelse drepte omtrent halvparten av smolten. Gjenfangstene av bedøvet Carlinmerket og finneklippet fisk var henholdsvis 3,1 og 4,1%. Gjenfangsten av umerket fisk var 7,7%.

Håndtering og transport av smolten reduserer også overlevelsen. Hansen & Jonsson (1988) undersøkte betydningen av håving, transport og bedøvelse på overlevelsen av ett- og toårig smolt. Håving og transport hadde liten innvirkning på overlevelsen av toårig smolt, mens ettårig hadde dårligere overlevelse. Forskjellen mellom aldersgruppene kan skyldes størrelsesforskjeller og dermed forskjellig predasjonstrykk i sjøen. Ettåringer er mindre og utsatt for større predasjon enn toåringene. Bedøvelsen reduserte overlevelsen til begge årsklassene sammenliknet med kontrollgrupper som ikke var bedøvet før utsetting.

4.5 Smoltens alder og størrelse

Både smoltens alder og størrelse ved utsetting synes å ha betydning for overlevelsen. Utsettinger av ett- og toårig smolt med samme kroppslengder i Ranaelven viste større gjenfangster av toårig enn ettårig fisk (Hansen & Lea 1982). Av den toårige smolten ble 56% av totalt antall gjenfanget fisk fanget som modne grilse, mens 25% ble fanget som grilse av den ettårige smolten.

I Oppløyelva synes ikke smoltens alder og størrelse ved utsetting å ha betydning for overlevelsen (Strand et al. 1993). Dette kan skyldes at den utsatte smolten i Oppløyelva er innen en størrelsesgruppe hvor individuelle variasjoner ikke gjør utslag på sjansen for å bli spist ved utvandring, eller på overlevelsen fram til gyting.

4.6 Saltvannstilvenning

Jensen (1979) mente at laksens overlevelse etter utsetting ville øke dersom smolten ble holdt i brakk- eller saltvann en tid før utsetting. Årsaken til dette skulle være at smolten ved denne akklimatiseringen ville få bedre osmoreguleringsevne før utsetting. Atferdsforsøk i tanker viser at den sjøvannstilvendte smolten klarte seg bedre enn smolt som kom direkte fra ferskvann (Järv 1989). Den sjøvannstilvendte smolten gikk oftere i stim enn kontrollgruppen.

Utsettingsforsøk med sjøvannstilvendt smolt ble foretatt på Ims (Hansen & Jonsson 1986, 1989a). Effektene av dette synes imidlertid å være liten. Resultatene viste at det ikke var flere gjenfangster av fisken som ble holdt i brakk- eller saltvann to uker før utsetting enn kontrollgruppene. Derimot var gjenfangstene lavere hos smolt som ble holdt fire uker eller mer i brakk- eller saltvann før utsetting. Denne reduserte gjenfangsten skyldes antakelig at smolten ble utsatt seinere på sesongen da dødeligheten generelt er høyere.

4.7 Fysisk trening

Fysisk trening av smolten de siste to månedene før utsetting synes å ha positiv effekt på overlevelsen etter utsetting. Eksperimenter med fysisk trening av smolt har startet både ved Forskningsstasjonen på Ims og i Talvik, og de foreløpige resultatene indikerer bedre overlevelse på trent enn utrent smolt. Vi kan fortsatt vente gjenfangster fra disse utsettingene, materialet er derfor ennå ikke ferdig bearbeidet.

4.8 Predasjon og parasittisme

Havbeitefisken er utsatt for stor dødelighet i estuarier og fjorder like etter utsetting. Viktige årsaker til dette er predasjon fra fisk som torsk og sei (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987, Hvidsten & Lund 1988) og fugler som måker og fiskeeender (Reitan et al. 1987, Kålås et al. 1993). Hvilke predatorer som er viktige synes å variere mellom vassdrag. Våre undersøkelser illustrerer dette. Når smolten vandrer ut fra ferskvann samler store mengder torsk og sei seg ved munningen av elva. I Orkla og Surna har man funnet at torsken kan ta 20-25% av den utvandrende havbeitesmolten den første uka etter utsetting. Predasjon fra sei er estimert til 12,5% (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987, Hvidsten & Lund 1988).

I Oppløy var predasjon fra torsk og sei mindre enn utenfor Orkla, men den var større fra måker enn fra fisk. I 1989 og 1990 ble det prøv fisket ved munningen av Oppløyelva for å undersøke hvilke arter som predatorer postsmolten (Strand et al. 1992). Fisket foregikk med to 45 mm garn i 10 netter (20 garnnetter). Fangstene var 13 torsk, 27 sei, 17 flyndrer, 1 umoden sjøørret og 2 laks. Mageinnholdet til alle fiskene ble undersøkt. Tilsammen ble det funnet 24 postsmolt, derav 2 Carlinmerket. Postsmolten ble funnet i torskemagene. Videre ble det i 1991 og 1992 samlet inn Carlinmerker på sitteplassene/gulpeplassene til måkene (de gulper opp ufordøyelig materiale) langs land og på holmer og skjær utover i fjordsystemet. I tillegg ble det fisket med garn etter torsk i elvas munningsområde. I torskemagene ble andelen

fordøyd (Carlinmerker) og ufordøyd smolt analysert. Resultatene viser at 2,5-5,6% av postsmolten blir tatt av måker (2,5%) og 0,1-0,7% blir tatt av torsk (Strand et al. 1992, 1993).

Eksperimenter for å redusere predasjonen etter utsetting er utført i Oppløyelva. Utsettinger ved økt vannføring i elva, utsettinger i elva og i fjorden, utsettinger ved forskjellige tidspunkter på dagen og tidlig og seint i sesongen er blitt foretatt for å undersøke om predasjonen på postsmolten blir redusert ved enkelte behandlinger. Videre er betydningen av smoltens størrelse og alder ved utsetting og effekten av sjøvannstilvendt smolt også testet (Strand et al. 1993). Resultatene så langt tyder på at ingen av disse parametrene reduserer predasjonen på havbeitefisken.

Mengden lakselus i havet synes å ha økt som følge av de milde vintrene de siste årene og/eller det intense mæreeoppdrettet langs kysten, og det er nå sterk mistanke om at lakselusarten *Lepeophtheirus salmonis* kan føre til stor dødelighet hos postsmolt. Ifølge Wootten et al. (1982) er fem voksne lakselus nok til å drepe en smolt. Finstad et al. (1992) har registrert antall lakselus på vill postsmolt i ulike soner i Trondheimsfjorden. Gjennomsnittlig antall lus som parasitterte postsmolten i de ulike sonene varierte mellom 0-3,9, mens det høyeste antall lus som parasitterte en fisk var 25 individer. 55% av all postsmolten i de sonene hvor lusangrep ble registrert var parasittert av lus. Antall lus på postsmolten økte desto lengre utover i Trondheimfjorden fisken kom. Det er derfor mulig at dødeligheten fra lakselus kan være høy, spesielt dersom smolten på forhånd har blitt svekket på grunn av stress før utsetting.

Overlevelsen til havbeitesmolten er mye dårligere enn for villsmolten når de vandrer ut fra samme vassdrag. Utsetting av stor smolt ved høy vannføring på samme tidspunkt som villsmolten forlater elva øker overlevelsen. Utsetting i sjøen gir høyere overlevelse enn utsetting i elv, men feilvandringen til andre vassdrag øker ved utsetting i sjø. Beste utsettingssted er derfor i store elver, nær utløpet. Fysisk trening av smolten før utsetting synes å øke overlevelsen. Saltvannstilvenning før utsetting har liten eller ingen effekt på overlevelsen. Håndtering, transport, merking og bedøvelse før utsetting reduserer overlevelsen. Smolten er utsatt for stor dødelighet etter utsetting blant annet fra predasjon fra torsk, sei og sjøfugl, og parasittisme fra lakselus. Hvilke predatorer som er viktige varierer mellom vassdrag.

5 Produksjon av laks fra yngel- og smoltutsettinger

Årlig settes det ut store mengder laksyngel i norske vassdrag. Ifølge den offisielle statistikken ble det i 1988 og 1989 klekket henholdsvis 14,7 og 13,3 mill. laksyngel for utsetting i vassdrag (Anon. 1991). Dette arbeidet utføres av lokale fiskeforeninger og grunneierlag. Hensikten med utsettingene er å styrke laksebestandene.

5.1 Yngel

De første systematiske forsøkene på å estimere smoltproduksjonen på grunnlag av yngelutsettinger i Norge ble rapportert av Rosseland (1965). Utsettingene foregikk i Kjaglielva, en sideelv til Sandvikselva. Fra begynnelsen av 1960-tallet ble det satt ut 1,7 laksyngel/m² der. Hver høst i årene 1968-73 elektrofisket Rosseland (1975) et areal på vel 4000 m². Han beregnet den gjennomsnittlige overlevelsen fra yngel til ensomrige laksunger til 45,5%, fra yngel til tosomrige laksunger til 25,3%, og fra yngel til tresomrige unger til 14,4%. Rosseland (1975) konkluderte at med en utsettingstetthet på 2 yngel/m² ville Kjaglielva kunne produsere en laksesmolt pr. 3-4 m², eller 25-30 laksesmolt/100 m².

I to små elver ved Tromsø ble det satt ut laksyngel av Heggberget & Hesthagen (1981). Fra før fantes det aure i begge elvene. Ett og to år etter utsettingene ble tettheten av ettårige laksunger beregnet til 38 og 62 fisk/100 m², og tettheten av toårige laksunger i den ene elva til 10 fisk/100 m². Forfatterne konkluderer med at små elver av denne type representerer et stort utnyttet potensiale for laksesmoltproduksjon.

Johnsen et al. (1991) rapporterte målinger av smoltproduksjon med utgangspunkt i yngelutsettinger i Litjvasselva, et sidevassdrag ovenfor lakseførende strekning i Vefsnavassdraget i Nordland. På en 13 km lang strekning ble det satt ut laksyngel hvert år siden 1984. Fra og med 1985 har det blitt foretatt ung-fiskundersøkelser i vassdraget, og smoltutgangen ble registrert i ei smoltfelle. Hvert år ble det satt ut 50 000 yngel på et areal som er beregnet til ca. 70 000 m². Med unntak av ett år (1988) var alle utsettingene vellykkete. Rognkvaliteten i 1987 var markert dårligere enn i de øvrige årene, og dette kan ha virket negativt inn på yngelkvaliteten.

I perioden 1985-88 var den gjennomsnittlige tettheten av laksunger i Litjvasselva mellom 42 og 54 fisk/100 m². Dette er om-

trent på samme nivå som det som ble registrert i Vefsna i 1975-78, før *Gyrodactylus*-angrepene, og omtrent dobbelt så høy tetthet som er registrert i større laksevassdrag i Nordland. I 1989 var imidlertid tettheten sunket til 17 fisk/100 m², hovedsakelig på grunn av sterk reduksjon i antallet ettårige fisker. I alle år ble det registrert en betydelig variasjon i tettheten av fisk mellom stasjonene.

De registrerte smoltmengdene i fella i 1986-89 gav en beregnet smoltproduksjon på gjennomsnittlig 1,8 smolt/100 m²/år. Hvert år har det meste av smolten i Litjvasselva vært mellom 13 og 16 cm lang. Det har kun vært små forskjeller i gjennomsnittslengden mellom de ulike år (14,4-15,7 cm). Gjennomsnittlig smoltalder økte fra 2,2 år i 1986 til 4,3 år i 1989, noe som klart indikerer avtakende vekst under oppvekstperioden i elva. Dette skyldes sannsynligvis at næringstilgangen i elva var svært god like etter 1982 da elva ble rotenonbehandlet, og at den gradvis har blitt dårligere etterhvert som bestanden av laksunger i elva har økt.

I 1988 ble det satt igang gjødsling av vassdraget for å øke mengdene av næringsdyr. Allerede i oktober 1988, 2 måneder etter igangsetting av gjødslingen, ble det registrert en kraftig økning i total tetthet av bunndyr på de tre øverste stasjonene. Tettheten var 10-20 ganger så stor som i referanseårene. I særlig grad var det fjærmygglarver som økte i tetthet, men også døgnfluellarver og steinfluellarver fikk større tetthet (Johnsen et al. 1991). Ennå er det ikke stadfestet om denne økte bunndyrproduksjonen har hatt positiv innvirkning på smoltproduksjonen.

5.2 Settefisk

I norske kystområder er det tusenvis av innsjøer og tjern som omtrent ikke blir høstet, og man kan stille seg spørsmålet om slike lokaliteter kan bli effektive smoltprodusenter. Som en del av et havbeiteprogram ble 16741 ensomrige settefisk satt ut i Storevatn i Imsavassdraget i september 1980. Gjennomsnittslengde og -vekt på fisken var henholdsvis 6 cm and 2,5 g. I tillegg til laks er det tette populasjoner av aure, røye, sik og ål i vassdraget. Det er et viktig stang- og garnfiske i Storevatnet, og det er høyst sannsynlig at mange av de større eksemplarene av smolten har blitt fanget av disse redskapene. Totalt ble 1580 (9,4%) finneklippede smolt fanget i fella i Imsa i løpet av årene 1981-83. Hovedmengden av den naturlig produserte villsmolten i vassdraget utvandret i mai i alle tre årene. Det var imidlertid ikke tilfelle med den utsatte fisken som vandret ut i betydelige antall i løpet av hele sommeren både i 1981 og 1982. Totalt 0,7% Carlinmerket utsatt "innsjøoppdrettet" smolt ble gjenfanget som voksen laks, sammenliknet med 15,4% for den na-

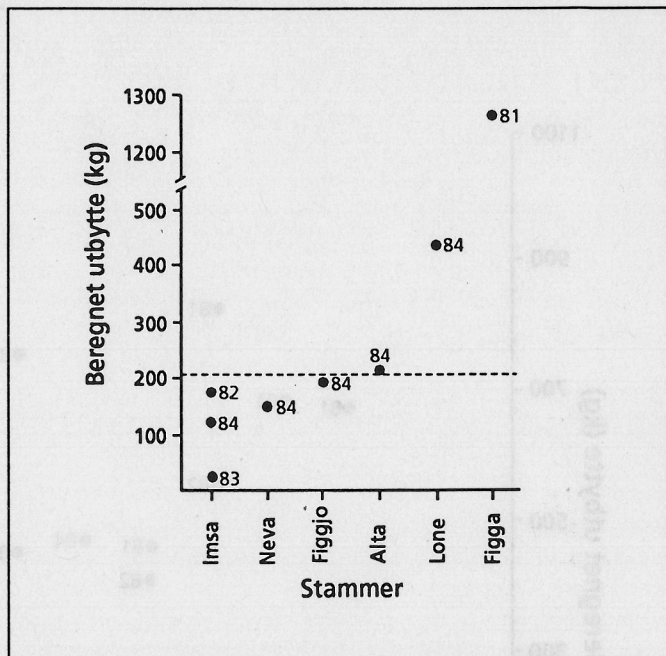
turlig produserte villsmolten. Det blir antatt at den lave overlevelsen hos den utsatte "innsjøoppdrettede" smolten hovedsakelig skyldes at den vandret ut av vassdraget på feil tidspunkt (Hansen 1987).

I september 1983 ble 14 000 ensomrige settefisk med en gjennomsnittsvekt på 2,5 g satt ut i Drammenselva, ca. 40 km ovenfor elvas utløp i sjøen. Her er det utmerkede oppvekstforhold for slik fisk. Dette området er ovenfor den lakseførende delen av vassdraget, men flere andre arter er tilstede: aure, sik, ørekyte, mort, gjedde og abbor. All utsatt fisk hadde blitt bedøvd med klorbutanol og merket ved fettfinneklipping ca. 3 uker før utsettingen. Fisken ble satt ut med en tetthet på 1 fisk/m². Tilbakevandrende laks ble registrert i sportsfisket nedenfor Hellefoss og i laksetrappa i Hellefoss hvor all oppvandrende laks blir kontrollert. Antallet av finneklippet fisk i gytebestanden nedenfor Hellefoss ble beregnet ved hjelp av en merking-gjefangst prosedyre (Hansen et al. 1986).

De første tilbakevandrende laksene ble registrert i 1986, og disse hadde tilbrakt én vinter i sjøen. I 1987 var hovedmengden av tilbakevandrende laks to-sjøvinterfisk, noe som klart indikerer at den utsatte fisken hovedsakelig vandret ut som smolt i en alder av 2 år. Totalt er den beregnede tilbakevandringen til elva på 320 laks, og dette er 2,3% av antallet settefisk som ble satt ut. Totalvekten av gjefangstene var 2200 kg, eller 0,157 kg/utsatt fisk. Basert på dataene fra smoltutsettingene i det samme vassdraget utgjør sjøfiske ca. 65% av den totale beskatningen på laksen i Drammensvassdraget. Med utgangspunkt i dette tallet blir totalutbyttet av fisk i dette eksperimentet 914 fisk (6,5% gjefangst av antall utsatt) som veide ca. 6300 kg. Dette tilsvarer en avkastning på 0,45 kg/utsatt settefisk, noe som er svært lønnsomt (Hansen 1991).

5.3 Smolt

Utbyttet ved smoltutsettinger varierer med smoltalder ved utsetting, utsetningsvassdrag og mellom år. Utsettinger med ett- og toårig smolt av 12 laksestammer viste at toårig smolt gav størst utbytte. Smolten ble utsatt på lms fra 1981-84. Utbyttet av voksne laks utsatt som ettårig smolt var relativt lavt (**figur 21**) (Hansen & Jonsson 1989b). Det varierte mellom 25 og 1260 kg/1000 utsatt smolt, og bare i tre av åtte utsettinger var avkastning over 200 kg/1000 utsatt smolt. Av disse utsettingene gav smolt fra Figga- og Loneelvstammen best avkastning. Utsettinger med toårig smolt, gav gjennomgående bedre avkastning (**figur 22**). Variasjonene lå mellom 125-1050 kg/1000 utsatt smolt, og hele 14 av de 21 utsatte stammene gav et utbytte på mer enn

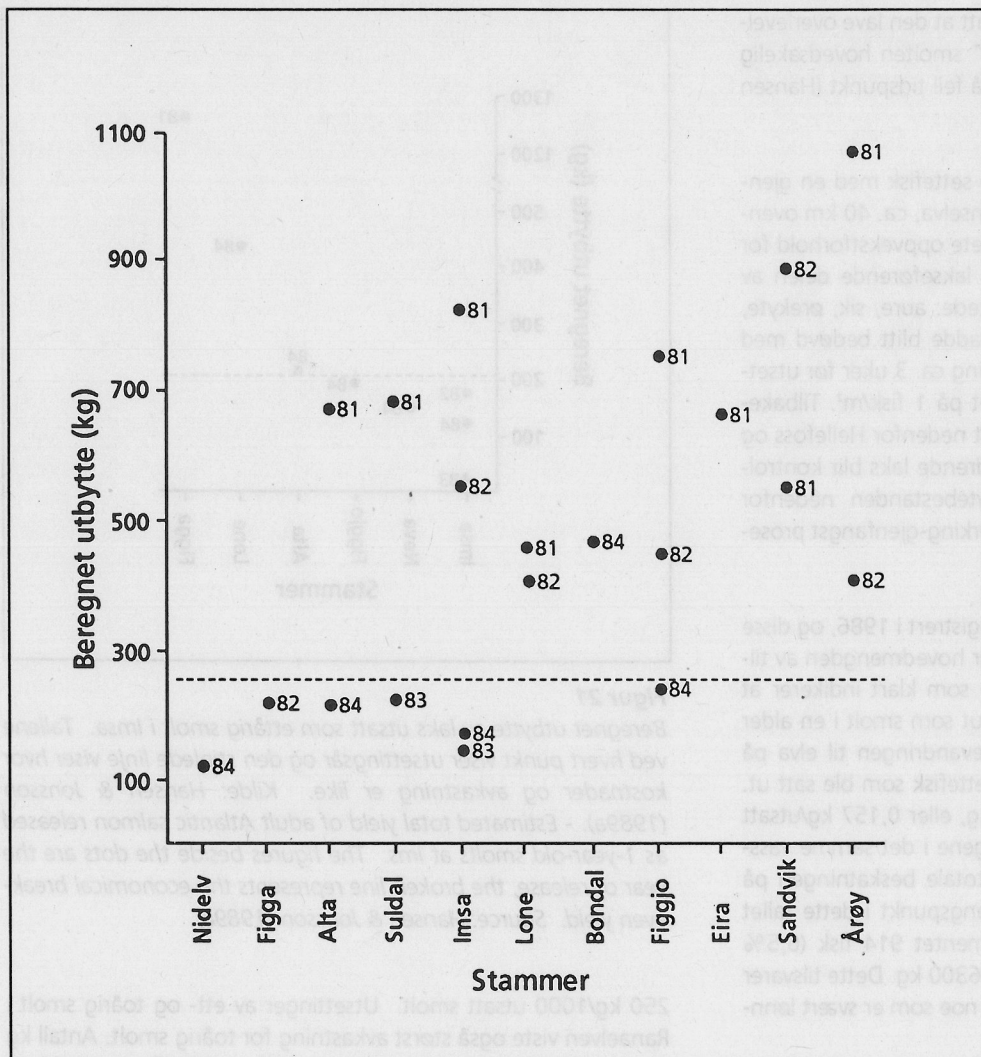


Figur 21

Beregnet utbytte av laks utsatt som ettårig smolt i lmsa. Tallene ved hvert punkt viser utsetningsår og den stiplede linje viser hvor kostnader og avkastning er like. Kilde: Hansen & Jonsson (1989a). - Estimated total yield of adult Atlantic salmon released as 1-year-old smolts at lms. The figures beside the dots are the year of release, the broken line represents the economical break-even yield. Source: Hansen & Jonsson (1989a).

250 kg/1000 utsatt smolt. Utsettinger av ett- og toårig smolt i Ranaelven viste også størst avkastning for toårig smolt. Antall kg gjefanget/1000 utsatte smolt var 197 og 302 for henholdsvis ett- og toårig smolt (Hansen & Lea 1982).

Utbyttet av smoltutsettinger synes å variere mellom stammer i ulike vassdrag. En årsak til dette er at andelen en- og flersjøvinterfisk varierer. Store vassdrag har ofte større andeler flersjøvinterfisk enn små (**figur 14**) (Jonsson et al. 1991b). Dødeligheten er større hos flersjøvinterfisk fordi de er lengre tid i havet før kjønnsmodning. Den større dødeligheten kan også skyldes fisk som blir skadet av redskap. Beregnet avkastning av smolt utsatt i 11 norske vassdrag (**tabell 3**) varierer mellom 57 og 497 kg/1000 smolt utsatt. Avkastningen var minst i Altaelva og høyest i Ranaelva. Stor variasjon i utbyttet mellom stammer ble også vist ved utsettinger av smolt fra 12 laksestammer i lmsa (**figurene 21 & 22**) (Hansen & Jonsson 1989b).



Figur 22

Beregnet utbytte av voksne laks utsatt som toårig smolt i Imsa. Tallene ved hvert punkt viser utsetningsår og den stiplede linjen viser hvor kostnader og avkastning er like. Kilde: Hansen & Jonsson (1989a). - Estimated total yield of adult Atlantic salmon released as 2-year-old smolts at Ims. The figures beside the dots are the year of release, the broken line represents the economical break-even yield. Source: Hansen & Jonsson (1989a).

Utbyttet ved utsetninger med laks varierer mellom år. Dette skyldes både at den totale gjenfangsten og andelene av en- og flersjøvinterfisk varierer mellom år (**tabell 4**).

Fiskerne rapporterer ikke alle merkene som blir fanget. Fra Færøyene regner man med at 25% av Carlinmerkene som blir fanget ikke blir rapportert (Anon. 1984). I norske kystfarvann er tallene nærmere 50% (Rosseland 1973, Hansen 1986, Hansen & Jonsson 1989b). I denne rapporten brukes 50% som korreksjon for ikke rapporterte merker fra norske farvann.

Hvor blir den voksne fisken fanget, og hva blir den fanget med? Resultatene viser at flest fisk blir fanget ved sjøfisket. Ved smoltutsettingene i Drammenselva ble 65% av gjenfangstene gjort i

sjøen og i Drammensfjorden (**tabell 5**) (Hansen 1990). På ernæringsområdene i sjøen og under innvandringen ble laksen fanget med drivgarn og line. Fram til 1989 ble det meste av laksen utenfor kysten fanget med drivgarn, men drivgarnsfiske er nå forbudt. I kyststrømmen og i fjordene blir laksen fanget med snurpenot, krokarn og annen faststående redskap (Hansen 1990). Gjenfangster av fisk utsatt i Surna og Oppløyelva viser liknende resultater (**figur 23, tabell 5**) (Heggberget et al. 1991, Strand et al. 1992). Grilsestammer blir gjenfanget i kystfiskerierne og i elver, og to- og tre-sjøvinterfisk blir hovedsakelig gjenfanget i Norskehavet og ved Færøyene (**tabell 6**) (Hansen 1986, 1990, Hansen & Jonsson 1989b). Grunnen til denne forskjellen er at grilse er for små til å bli fanget i sjøfisket i Norskehavet.

Tabell 3. Utbytte av laks utsatt som smolt i ulike vassdrag. - *Exploitation rates of adult Atlantic salmon released as smolts in rivers.*

Vassdrag	Antall utsatt	Antall kg gjenfanget/ 1000 utsatt smolt	Beregnet avkastning
Rivers	Number released	kg recaptured/ 1000 smolt released	Estimated yield
Altaelva	21413	28,7	57,4
Suldalslågen	11985	38,0	76,0
Lærdalselva	4193	65,7	131,4
Surna	46703	78,4	156,8
Orkla	9814	119,0	238,0
Glomma	13870	120,9	241,8
Nidelva	15746	146,4	292,8
Vefsna	5493	161,4	322,8
Gaula	10814	197,0	394,0
Drammenselva			400,0
Rana	18592	248,4	496,8

Hva blir laksen fanget med i ferskvann? En undersøkelse fra Oppløyelva i årene 1990 til 1992 viser at hovedmengden av den voksne fisken ble fanget ved stangfiske i elva (**tabell 6**) (Strand et al. 1992, 1993). Bare en liten del av fisken ble fanget i fangstfella 200 m fra elvemunningen. I 1990 ble det bare gjenfanget grilse i elva (2,5%), mens i 1991 ble både en- (2,5%) og tosjø-vinterfisk (1,2%) fanget.

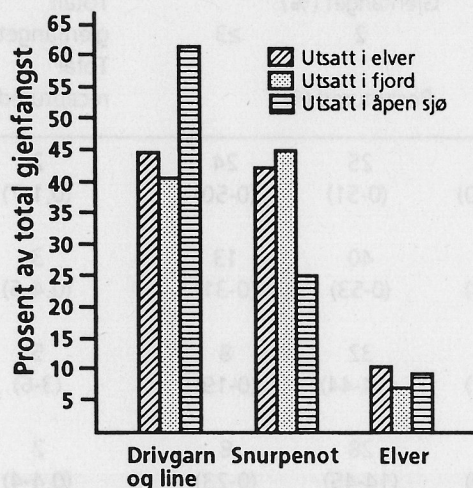
Utsetninger med yngel og settefisk har gitt varierende smoltproduksjon i elver, men lønnsomheten ved slike utsetninger kan være meget bra. Utsetninger med smolt gir også varierende resultat, men gjennomsnittet synes utsetninger av toårig smolt å gi bedre resultat enn utsetninger av ettårig. Utbyttet varierer mellom stammer, utsetningsvassdrag og år. Hovedmengden av den voksne havbeitelaksen fanges i havet, under innvandring langs kysten og i fjorder, mens bare et lite antall blir fanget i utsetningselva. I sjøen blir laksen hovedsakelig fanget med drivgarn (fram til 1989), line, kilenot og krokgarn. I elver fanges den hovedsakelig med stang.

Tabell 4. Gjenfangst av 1, 2 og ≥ 3 -sjøvinterlaks utsatt i forskjellige vassdrag. Tallene i parentes viser variasjonen. - *Recaptures of 1-, 2- and ≥ 3 -sea-winter Atlantic salmon. Figures in parenthesis give the total range of variability.*

Elv (år) River (years)	Antall utsatt Number released	Gjenfanget (%) Recaptured (%)			Totalt gjenfanget (%) Total recaptured (%)
		1	2	≥ 3	
Rana (1966-83)	37274	51 (33-100)	25 (0-51)	24 (0-50)	2 (0,1-7)
Vefsna (1966-89)	13066	47 (19-68)	40 (0-53)	13 (0-31)	3 (0,4-6)
Gaula (1972-88)	18724	60 (46-81)	32 (14-44)	8 (0-19)	5 (3-6)
Surna (1965-89)	40995	64 (40-79)	28 (14-45)	8 (0-23)	2 (0,4-4)

Tabell 5. Estimert gjenfangst av voksne laks utsatt som smolt i Drammenselva fra 1984 til 1986. Tallene er justert for ikke rapporterte merker; Færøyene 0,75, Norske kystfarvann 0,50 og 0,70, Grønland 0,80. Gjenfangstene er basert på 6865 utsatte smolt. Kilde: Hansen (1990). - Estimated number of recaptured adult Atlantic salmon released as smolts in the River Drammen 1984-1986, adjusted for non-reported tags. Tag reportings rates: The Faroes 0.75, Norwegian home waters 0.50-0.70, Greenland 0.80. 6865 smolts were released. Source: Hansen (1990).

Gjenfangst- sted Site of recapture	Sjølager Sea-age	
	1-sjøvinter 1-sea-winter	2-sjøvinter 2-sea-winter
Færøyene Faroes	10	32
Norske- kystfarvann Norwegian home waters	50% 70% 204 146	88 62
Drammenselva River Drammen	111	77
Grønland Greenland	10	



Tabell 6. Gjenfangst av laks, utsatt som smolt i Oppløyelva, i årene 1990-92. Kilde: Strand et al. (1993). - Number of recaptured adult Atlantic salmon, released as smolts in River Oppløy, 1990-92. Source: Strand et al. (1993).

Fangststed Place of recapture	Redskap Gears	Gjenfangst antall Recaptured number	%
Oppløyelva	Stang - Rod	98	15,5
	Felle - trap	26	4,1
	Garn - Net	28	4,4
Ved munningen av elva River mouth	Kilenot - Bag net	79	12,5
	Garn - Net	27	4,3
I sjøen At sea	Kilenot - Bag net	256	40,4
	Krokgarn - Bend net	40	6,3
	Garn - Net	12	1,9
	Line - Line	19	3,0
	Stang - Rod	16	2,5
	Ukjent - Unknown	23	3,6
Andre elver Other rivers	Stang/garn	10	1,5

Figur 23

Gjenfangst av voksne laks i ulike fiskeredskaper i forhold til hvor fisken ble utsatt som smolt. Kilde: Heggberget et al. (1991). - Recapture of adult Atlantic salmon in various types of gear in relation to location of smolt release. Source: Heggberget et al. (1991).

6 Miljøvirkninger av havbeite

Havbeite er en potensiell trussel mot våre ville laksestammer. Skadevirkninger fra havbeite kan blant annet være: (1) fare for overfiske i havet av villaksstammer, (2) økosystemforskyvninger i havet, (3) spredning av havbeitelaks til andre bestander, (4) overføring av sykdom, (5) konkurranse med stedegen fisk og (6) genetiske effekter ved samavl med ville laksestammer (Egidius et al. 1991, Hindar et al. 1991). På NINA har vi arbeidet med spredning og feilvandring, overføring av sykdom, beskatning, interferenskonkurranse på gyteplassen og mulige effekter av dette. Dessuten er NINAs populasjonsgenetiske laboratorium i gang med å etablere et populasjonsgenetisk register for Norges anadrome laksefisk. Dette registeret blir viktig i forbindelse med analyse av effekter av havbeite og i den langsiktige forvaltningen av laksefisk.

6.1 Spredning og feilvandring

Et av de alvorligste problemene i forbindelse med havbeite er spredning av havbeitelaksen til vassdrag der den kan vandre opp og gyte. Undersøkelser viser at en betydelig del av havbeitefisken kan feilvandre. Feilvandrerne vil blande seg med villfisken på gyteplassen, og muligens produsere avkom med dårligere overlevelse enn den lokalt tilpassede laksen (Hansen & Jonsson 1991c). På gyteplassen vil havbeitehannene konkurrere med villhannene om hunnene, og havbeitehunnene vil konkurrere med villhunnene om gyteterritoriene. Undersøkelser i Imsa tyder på at havbeitefisken har lavere reproduktiv suksess i konkurranse med villaksen (**tabell 7**) (Jonsson et al. 1990a, 1991a). Havbeitefisken oppholdt seg i gyteelva en kortere periode enn villfisken. Videre vandret den flere ganger opp og ned i elva enn villfisken. Ti ganger flere havbeitefisk enn villfisk forlot elva uten å ha gytt.

Hva kan så gjøres for å hindre spredning av havbeitelaks til forskjellige vassdrag? Utsetninger med havbeitefisk har vist at både utsetningsstedet, utsetningstidspunktet, størrelsen på utsetningsvassdraget og avstanden fra utsetningselva til andre elver har betydning for spredningen og feilvandringen.

Utsetninger i elver gir minst feilvandring. Gjenfangster av voksen laks utsatt som smolt i elven Surna, i fjorden utenfor og i sjøen viste at ingen fisk ble gjenfanget i andre elver av de som ble utsatt i Surna (**tabell 2**) (Heggberget et al. 1991). Smolt som ble utsatt i fjorden og i sjøen feilvandret til andre elver. Utsetningsforsøk i Imsa med vill og havbeitelaks av Imsastamme tyder på at smolt utsatt ved munningen av elva feilvandrer mer enn fisk satt 100 m

Tabell 7. Atferdsmessige forskjeller mellom vill- og havbeitesmolt av Imsa stammen. B=begge kjønn, M=hanner, F=hunner Kilde: Jonsson et al. (1990a, 1991a). - Behavioural differences between wild and hatchery-reared salmon of the River Imsa stock. B=both sexes, M=males, F=females. Source: Jonsson et al. (1990a, 1991a).

	Kjønn Sexes	Ville Wild	Havbeite Hatchery-reared
Tidspunkt for 50% kumulativ tilbakevandring til Norskekysten Time of 50% cumulative return to coastal Norway	B	6.juli	11.juli
Tidspunkt for 50% kumulativ oppvandring Time of 50% cumulative ascent	M F	5. okt. 11. sept.	17. okt. 11. okt.
Tidspunkt for 50% kumulativ nedvandring Time of 50% cumulative descent	M F	4. jan. 17. febr.	29. des. 23. jan.
% som forlater elva uten å ha gytt Descending without having spawned (%)	M F	3,8 0	36,7 13,5
Passert fella i Imsa mer enn en gang i hver retning i samme sesong (%) Passed the trap more than once in each direction during the same season (%)	B	1,0	21,2
% skadet i løpet av gytingen Injuring during spawning (%)	M F	30,2 3,9	55,7 9,0

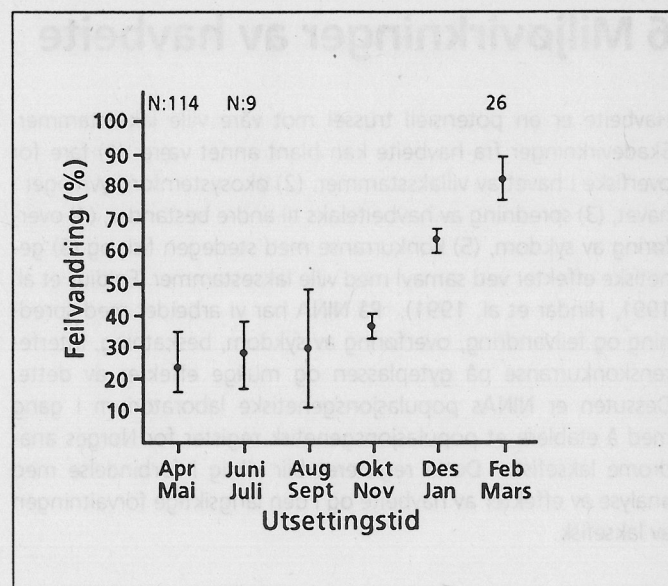
opp i elva (**tabell 8**) (Jonsson et al. 1991a). De fleste feilvandrerne ble gjenfanget i Figgjo og Håelva som er blant de største elvene på kysten i nærheten av Imsa.

Utsettingstidspunktet er viktig for spredning og feilvandring av laksen. Smolt og sjøvannstilvendt postsmolt ble utsatt ved elven Imsa og i sjøen 4 km utenfor fra januar til desember (Hansen & Jonsson 1991a). Gjenfangstene viser at smolt utsatt om vinteren spres mer enn smolt utsatt om våren (**figur 24**). Feilvandringen var spesielt høy når fisken ble utsatt i perioden desember-mars.

Størrelsen på utsettingsvassdraget, målt som vannføringen i elva, og avstanden fra utsettingselva til andre lakseførende vassdrag har også betydning for feilvandring av laks (Hindar 1992). En undersøkelse av feilvandring hos laks, basert på flere norske vassdrag, viser at store vassdrag gir mindre feilvandring enn små vassdrag (Hindar 1992). Videre viser undersøkelsen at feilvandringen økte med avtagende avstand til andre lakseførende vassdrag i nærheten av utvandringselva.

Tabell 8. Feilvandring (antall og %) av vill- og havbeitelaks. Villfisken vandret ut fra Imsa, mens havbeitesmolten ble utsatt nederst i Imsa. Kilde: Jonsson et al. (1991a). - Straying of wild and hatchery-reared Atlantic salmon to rivers other than the River Imsa. Source: Jonsson et al. (1991a).

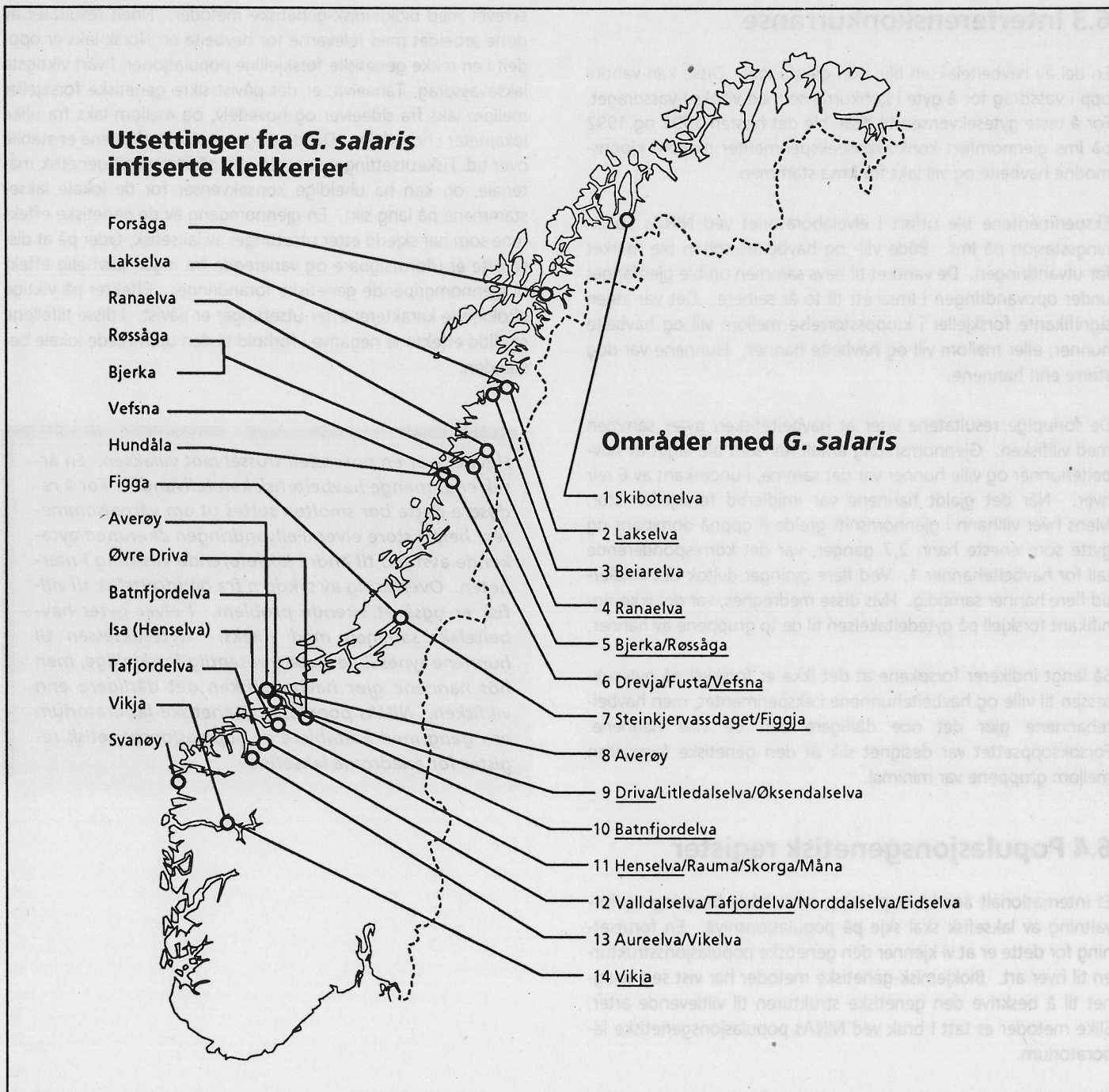
År	Vill		Havbeite	
	Antall	%	Antall	%
	Wild		Hatchery-reared	
	Numbers	%	Numbers	%
1981	96	8,3	90	10,0
1982	8	25,0	23	47,8
1983	43	4,7	13	46,2
1984	34	11,8	23	21,7
1985	19	10,5	140	22,9
1986	13	0,0	189	16,9
1987	46	6,5	418	11,0
Årlig gjennomsnitt	37	9,5	128	25,2



Figur 24 Feilvandring av voksne laks utsatt, som sjøvannstilvendt smolt, i sjøen 4 km utenfor Imsa i ulike måneder. De vertikale linjene angir variasjon i månedlige gjennomsnittsverdier. n=antall gjenfanget laks. Kilde: Hansen & Jonsson (1991a). - Straying rates of adults released as seawater acclimated Atlantic salmon 4 km outside the River Imsa at different months of the year. The vertical bars give the range of the monthly means. n=number of salmon caught. Source: Hansen & Jonsson (1991a).

6.2 Overføring av sykdom

Overføring av sykdom fra oppdrettsfisk til villfisk er et økende problem (Egidius et al. 1991, Heggberget et al. 1993). På NINA har arbeid med å kartlegge spredningen av sykdommen gyrodactylosis foregått. Gyrodactylosis, som er forårsaket av den monogene ikten *Gyrodactylus salaris*, har angrepet lakseparr i mange norske elver. Første observasjon av denne parasitten på norsk laks var i Lakselva i Misvær i 1975. I slutten av 1985 hadde *G. salaris* spredt seg til 26 lakselver og i 1991 til 35 elver. Ved slutten av 1989 var 35 oppdrettsanlegg spredt over hele landet infisert av ikten. 25 av disse anleggene var oppdrettsanlegg for regnbueørret. Johnsen & Jensen (1986) grupperte, i forhold til deres beliggenhet, de *G. salaris* infiserte vassdragene inn i 14 områder. De fant en klar sammenheng mellom de *G. salaris* infiserte vassdragene og de infiserte oppdrettsanleggene (**figur 25**).



Figur 25

Vassdrag og klekkerier infisert med *Gyrodactylus salaris* ved slutten av 1985. Kjente utsettinger av laks fra klekkerier som er infisert med *G. salaris* etter 1975. Elvene der disse er utsatt er understreket. Kilde: Johnsen & Jensen (1986). - Rivers and hatcheries infected with *Gyrodactylus salaris* at the end of 1985. Releases of Atlantic salmon from hatcheries infected with *G. salaris* after 1975. River where these fish are released are underlined. Source: Johnsen & Jensen (1986).

6.3 Interferenskonkurranse

En del av havbeitelaksen blir aldri gjenfanget. Disse kan vandre opp i vassdrag for å gyte i konkurranse med villaks i vassdraget. For å teste gytesekvensen til disse ble det høsten 1991 og 1992 på lms gjennomført konkurranseeksperimenter mellom kjønnsmodne havbeite og vill laks fra lmsa stammen.

Eksperimentene ble utført i elvelaboratoriet ved NINAs Forskningsstasjon på lms. Både vill- og havbeitesmolten ble merket før utvandringen. De vandret til havs sammen og ble gjenfanget under oppvandringen i lmsa ett til to år seinere. Det var ingen signifikante forskjeller i kroppsstørrelse mellom vill og havbeite hunner, eller mellom vill og havbeite hanner. Hunnene var dog større enn hannene.

De forløpige resultatene viser at havbeitefisken gyter sammen med villfisken. Gjennomsnittlig antall reir som ble laget av havbeitehunner og ville hunner var det samme, i underkant av 6 reir hver. Når det gjaldt hannene var imidlertid forskjellen stor. Mens hver villhann i gjennomsnitt greide å oppnå dominans og gytte som eneste hann 2,7 ganger, var det korresponderende tall for havbeitehanner 1. Ved flere gytinger deltok det imidlertid flere hanner samtidig. Hvis disse medregnes, var det ikke signifikant forskjell på gytedeltakelsen til de to gruppene av hanner.

Så langt indikerer forsøkene at det ikke er forskjell på gytesuksessen til ville og havbeitehunnene i eksperimentet, men havbeitehunnene gjør det noe dårligere enn de ville hannene. Forsøksoppsettet var designet slik at den genetiske forskjellen mellom gruppene var minimal.

skrevet med biokjemisk-genetiske metoder. Noen resultater av dette arbeidet med relevanse for havbeite er: Norsk laks er oppdelt i en rekke genetiske forskjellige populasjoner. I vårt viktigste laksevassdrag, Tanaelva, er det påvist sikre genetiske forskjeller mellom laks fra sideelver og hovedelv, og mellom laks fra ulike lokaliteter i hovedelva. De lokale genetiske forskjellene er stabile over tid. Fiskeutsettinger baseres ofte på et snevert genetisk materiale, og kan ha uheldige konsekvenser for de lokale laksestammene på lang sikt. En gjennomgang av de genetiske effektene som har skjedd etter utsettinger av laksefisk, tyder på at disse ofte er uforutsigbare og varierende fra ingen påviselig effekt til gjennomgripende genetiske forandringer. Effekter på viktige økologiske karakterer etter utsettinger er påvist. I disse tilfellene er alltid effektene negative i forhold til den upåvirkede lokale bestanden.

Havbeite er en potensiell trussel mot villaksen. En årsak er at mange havbeitefisk kan feilvandre. For å redusere dette bør smolten settes ut om våren/sommeren, helst i store elver. Feilvandringen øker med avtakende avstand til andre lakseførende vassdrag i nærheten. Overføring av sykdom fra oppdrettsfisk til villfisk er også et økende problem. I elver gyter havbeitefisk sammen med villaks. Gytesuksessen til hunnene synes ikke å være vesentlig forskjellige, men hos hannene gjør havbeitefisken det dårligere enn villfisken. NINAs populasjonsgenetiske laboratorium er i gang med å etablere et populasjonsgenetisk register for anadrome laksefisk.

6.4 Populasjonsgenetisk register

Et internasjonalt anerkjent prinsipp er at både bevaring og forvaltning av laksefisk skal skje på populasjonsnivå. En forutsetning for dette er at vi kjenner den genetiske populasjonsstrukturen til hver art. Biokjemisk-genetiske metoder har vist seg velegnet til å beskrive den genetiske strukturen til viltlevende arter. Slike metoder er tatt i bruk ved NINAs populasjonsgenetiske laboratorium.

Ved laboratoriet er det pr. januar 1992 samlet inn 8000 laksunger fra i alt 100 lokaliteter langs Norskekysten fra Enningdalselva i Østfold til Neidenelva i Finnmark. Disse er analysert for genetisk variasjon i 40 enzymkodede gener. Den genetiske variasjon hos norske laksestammer er på grunnlag av dette arbeidet godt be-

7 Problemer og muligheter knyttet til næringsutvikling for havbeite med laks

Økonomisk lønnsomhet i et framtidig kommersielt havbeite med laks er avhengig av hvor stor del av fisken man er i stand til å fange, verdien av fisken som fanges og økonomiske ringvirkninger av havbeitevirksomheten. I hvilken grad havbeite vil gi økonomiske ringvirkninger avhenger av hvordan virksomheten blir organisert. Havbeite vil bare kunne gi en bærekraftig næring hvis den kan gjennomføres uten store negative følger for villaksen.

To hovedmåter å selge havbeitefisk på er: 1) som slaktefisk eller 2) som sportsfiske og rekreasjonsobjekt. Resultatene fra de utsettingsprosjektene som hittil er gjennomført i Norge, viser at de færreste utsettingene gir økonomisk lønnsomhet gjennom salg av fisk som kommer tilbake til utsettingsstedet. Salg av havbeitelaks som slaktefisk må konkurrere i et anstrengt marked. Kvaliteten av havbeitefisk vil kunne være utilfredsstillende fordi fisken nærmer seg kjønnsmodning når den kommer tilbake til utsettingsstedet. For å selge den til god pris må man finne fram til forbrukere som foretrekker laks som har svømt fritt i havet fremfor for eksempel oppdrettslaks.

Mange av utsettingene som er gjennomført er samfunnsøkonomisk lønnsomme. For å oppnå privatøkonomisk lønnsomhet er det nødvendig med økte gjenfangster og/eller økt verdi av havbeitefisk.

Havbeiteprosjektet i Oppløyvassdraget har vist at verdien av laksen kan mangedobles dersom den selges til sportsfiske (Strand et al. 1993). Oppløyvassdraget er imidlertid dårlig egnet til sportsfiske på grunn av kort fiskestrekning. I større vassdrag vil tilstrømmingen av sportsfiskere kunne bli enda bedre, og det er gode muligheter til sekundær verdiskapning ved sportsfiske etter havbeitelaks. På denne måten kan kjøttverdien av fisken mangedobles.

Investeringene i form av antall utsatt fisk og fangstanordninger blir også forholdsvis små dersom man satser på sportsfiske i stedet for å selge fiskekjøtt. Erfaringer fra Oppløy indikerer at utsettinger på 50 000-100 000 smolt/år er tilstrekkelig for å skape et lokalt fiske som folk er villige til å betale for. Det må imidlertid være sikkerhet for at utsettingene fortsetter i et vist antall år framover for at det lokale næringslivet skal være villig til å satse på langsiktige investeringer knyttet til slik sekundær verdiskapning. Langsiktigheten i et havbeiteprosjekt kan derfor være av større betydning, for om et havbeiteprosjekt skal lykkes, enn

mengden smolt som settes ut pr. år. Derfor er det sannsynligvis mer lønnsomt å satse på flere utsettingslokaliteter med begrenset utsettingstall (maks 100 000 smolt/år) enn på få lokaliteter med store utsettingstall (100 000-1 000 000 smolt/år).

Ved et kommersielt havbeite bør alle aktørene på produksjons- og høstingssidene forpliktes i et organisert samarbeid. Hvilke personer samarbeidet skal omfatte kan man bestemme på grunnlag av gjenfangstfordelingen.

Erfaringer fra NINAs havbeiteprogram indikerer at sjøbeskatningen utenfor utsettingsstedet øker etter at utsettingene kom i gang. I sjøen utenfor Oppløyvassdraget har redskapsantallet økt kraftig etter at utsettingene startet. På grunn av denne økte fangstintensiteten har fangsten av villaks i Oppløyelva og næringsområdene i sjøen blitt firedoblet etter at havbeitevirksomheten startet. Det er derfor nødvendig å utvikle fangstmetodikk som i størst mulig grad skåner villfisk.

Havbeite bør først og fremst etableres i områder der fangsten av villaks blir liten. Gjenfangster må foregå så nært opp til utsettingsområdet som mulig. Dette kan gjennomføres i vassdrag der det i dag ikke er noe betydelig laksefiske, for eksempel i områder der vassdragene er ødelagt av sur nedbør eller lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*.

Økonomisk lønnsomhet i et framtidig kommersielt havbeite med laks er avhengig av hvor stor del av fisken som fanges, verdien av fisken og økonomiske ringvirkninger av havbeitevirksomheten. Havbeite vil bare kunne gi en bærekraftig næring hvis den kan gjennomføres uten store negative følger for villaksen. Havbeitefisk kan selges som slaktefisk eller som sportsfiske og rekreasjonsobjekt. Resultatene hittil viser at de færreste utsettingene gir økonomisk lønnsomhet gjennom salg av fisk som kommer tilbake til utsettingsstedet. Derimot kan verdien av laksen mangedobles i enkelte vassdrag dersom den selges til sportsfiske. Investeringene blir også forholdsvis små dersom man satser på sportsfiske i stedet for salg av fiskekjøtt. Havbeite bør først og fremst etableres i områder der fangsten av villaks blir liten, for eksempel i vassdrag som er ødelagt av sur nedbør eller sykdom. Hovedstrategien i utviklingen av kommersielt havbeite langs Norskekysten bør derfor være å satse på flere lokaliteter med relativt små utsettinger i stedet for storskalautsettinger på få lokaliteter der salg av fiskekjøtt skal skape basis for økonomien.

8 Konklusjon

8.1 Optimalisering av gjenfangst av havbeitelaks

Lønnsomhet og miljøeffekter ved havbeite evalueres på bakgrunn av gjenfangstprosent, gjenfangstfordeling, gjenfangstverdi, feilvandring og påvirkning på lokale stammer. Lønnsomheten kan forbedres gjennom bedre metoder for produksjon av havbeitesmolt, riktige metoder for utsetting av fisken, riktig utsettingstid og -sted og egnet høstingsstrategi. Fangstfordelingen kan bare evalueres gjennom merking av fisk med godt synlige, ytre merker, slik at fisken lett kan kjennes igjen av fiskerne når den blir fanget. Representative grupper av utsatt fisk, som inngår i NINAs havbeiteprogram, er merket med slike godt synlige Carlin- eller Leamerker. Bruken av disse merkene er utprøvd gjennom lang tid slik at vi har godt begrep om merketap, merkedødelighet og urapporterte merker.

Egenskaper hos en god havbeitesmolt er at den vandrer til havs raskt etter utsetting, og at den ikke kjønnsmodnes i parrstadiet og blir i utsettingselva for å gyte førstkommende høst. Utvandryngslysten til parren kan økes ved oppdrett i oppvarmet vann siste vinter før utsetting. Spesielt gjelder dette tidligere kjønnsmodne parr. Man kan også la fisken gå i brakkvann under oppdrettet og stryke og tømme kjønnsmodne parrhanner for melke om høsten før utsetting. Utvandringen øker også med økende smoltstørrelse.

Oppdrettssmolten overlever dårligere enn villsmolten. Faktorer som innvirker på overlevelsen til oppdrettssmolten er utsettings-tidspunkt, utsettingssted, utsettingsmetoder og størrelsen på den utsatte fisken. Fysisk trening av smolten før utsetting synes også å ha en positiv effekt. Utsettinger på samme tidspunkt som villsmolten forlater elva gir høyest overlevelse. Håndtering og transport av smolten før utsetting reduserer derimot overlevelsen. Seleksjonsforsøk vil ha liten effekt for å øke smoltoverlevelsen fordi villsmolten er kontinuerlig selektert for overlevelse.

Utsetting i sjøen gir høyere overlevelse enn utsetting i elv, men utsetting i sjøen øker feilvandringen til andre vassdrag. Beste utsettingssted er langt nede, nær utløpet av store elver. Dette gir god utvandring og lav feilvandring. Utsetting ved høy vannføring i elva øker også overlevelsen. Ved utsetting i elver som renner ut i fjorder, som ligger så langt som mulig fra vandryngsveier for villlaks, kan en unngå fangst på blandede bestander ved tilbakevandringen til utsettingsstedet. Ved utsetting oppe i vassdrag blir utvandringen dårligere og fisken kan bli forsinket før de når

saltvann. I små vassdrag er oppvandringen ofte forsinket og frekvensen av feilvandryng kan være høy. Ved havbeiteutsettinger i slike vassdrag må en ofte fange den tilbakevandryngende laksen i sjøen fordi spesielt stor laks nøler med å vandryng opp i små elver.

Utsettinger med yngel og settefisk har gitt varierende smoltproduksjon i elver, og lønnsomheten ved slike utsettinger kan være meget bra. Utsettinger av smolt gir også varierende resultater, men gjennomgående synes utsettinger av stor toårig smolt å gi bedre lønnsomhet enn utsettinger av mindre, ettårig smolt. Enkelte unntak kan imidlertid forekomme der utsetting av ettårig smolt har gitt meget gode resultater. Utbyttet ved smoltutsettinger varierer mellom stammer, utsettingsvassdrag og hvilke år utsettingene er gjort. I store vassdrag er fangstene i elva god, i mindre vassdrag er fangsten ofte best i sjøen utenfor elva. Best fangst i små vassdrag vil en få ved bruk av smålaksstammer.

8.2 Verdien av havbeitelaksen

Fiskens verdi som havbeitefisk er påvirket av alder og størrelse ved kjønnsmodning og tidspunkt for tilbakevandring til vassdrag og oppvandring i elva. Både arv og miljøforhold påvirker dette. Enkelte stammer har en nedarvet tendens til tidlig tilbakevandring, andre kommer seint. Videre har storlaks som kjønnsmodnes etter flere år i havet en tendens til å komme tilbake tidligere på sesongen enn smålaks som kjønnsmodnes ved en sjøalder på ett år. Den viktige miljøkomponenten som bestemmer tidspunktet for oppvandring i elv er størrelsen på vassføringen. Lite vann forsinker fisken, og storlaks i særdeleshet. Storlaks, som har høy sjøalder ved kjønnsmodning, har stor økonomisk verdi og vil gi stort utbytte til sjøfiskerierne, mens smålaks gir høyest utbytte til småelver. Laks som vandryng opp i vassdrag tidlig på sesongen har også bedre kjøttkvalitet og er mer egnet som menneskeføde enn laks som vandryng tilbake seint i sesongen. Det totale utbyttet vil variere mye mellom stammer, elver og år.

Hovedmengden av den voksne havbeitefisker fanges i havet, under innvandring langs kysten og i fjorder, og et lite antall kommer tilbake til utsettingselva. I havet har laksen blitt fanget med drivgarn (fram til 1989) og line, mens den i fjorder og kystfarvann blir fanget med kilenot, kroggarn og annen redskap. Før fisken når vassdraget kan mange delta i fisket, og fortjenesten vil tilfalle andre enn de som har satt ut fisken. Fangsten av laks i havet kan foregå vinter og vår, mens kystfisket vil foregå om sommeren. Den fisken som da fanges har god kjøttkvalitet.

Laksen kan også fanges nær munningen av, og i den elva der den ble utsatt som smolt. Ved elvemunningen kan fangsten fo-

regå med kilenot og i elva med stang og spesialkonstruert fiskefelle. Denne fisken kan høstes av de som har foretatt utsettingene. Ofte vandrer ikke laksen opp i elvene før gytingen nærmer seg. Dette gjelder spesielt i elver med lav vannføring vår og sommer. Er kjønnsmodningen for langt fremskredet, som da ofte kan være tilfelle, blir kjøttkvaliteten dårlig. Det beste resultat av utsettingene får en ved utsetting i store elver med god vannføring, der fisken ikke forsinkes under oppvandring.

Økonomisk lønnsomhet i et framtidig kommersielt havbeite med laks er avhengig av hvor stor del av fisken som fanges, verdien av fisken og økonomiske ringvirkninger av havbeitevirksomheten. Havbeitefisken kan selges enten som slaktestisk eller som sportsfiske og rekreasjonsobjekt. Resultatene hittil viser at de færreste utsettingene gir økonomisk lønnsomhet gjennom salg av fisk som kommer tilbake til utsettingsstedet. Verdien av laksen kan mangedobles dersom den selges til sportsfiske. I vassdrag med stor tilstrømning av sportsfiskere er det gode muligheter til ekstraintekter gjennom salg av fiskekort med økt turisme som en mulig ringvirkning. På denne måten kan kjøttverdien av fisken mangedobles. Investeringer i form av antall utsatt fisk og fangstanordninger blir forholdsvis små dersom man satser på sportsfiske i stedet for salg av fiskekjøtt. Havbeite bør først og fremst etableres i områder der fangsten av villaks blir liten, for eksempel i vassdrag som er ødelagt av sur nedbør eller lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*.

8.3 Miljøvirkninger av havbeite

Den tilbakevandrende, voksne laksen kommer inn fra havet mot kysten over et bredt område både sør og nord for utsettingsstedet og vandrer i kyststrømmen mot den fjorden og elva der den ble utsatt som smolt. Langs kysten, i fjorder og vassdrag er fisken utsatt for fangst. Langs kysten vil fangsten foregå på mange stammer samtidig. Innover i fjordene og nær vassdragene vil fangsten foregå på færre stammer. Utsetting av og fangst på havbeitesmolt inne i fjorder vil derfor påvirke færre laksestammer enn fangst nær kyststrømmen. Ved fiske av havbeitelaks, som er utsatt i kystvassdrag, er det vanskelig å hindre fangst på blandete bestander.

Havbeite er en potensiell trussel mot våre ville laksestammer. Utsettingsforsøk med havbeitesmolt viser at den spres mer enn villsmolten. Utsetting i elv reduserer spredningen av havbeitefisken til andre vassdrag. Smolt utsatt om våren feilvandrer mindre enn fisk utsatt om vinteren. Utsettinger i store vassdrag gir mindre feilvandring enn i små vassdrag.

Gyteeeksperimenter i feltlaboratorium viser at havbeitelaksen gyter sammen med villaksen. Gytesuksessen til vill- og havbeitehunnene er omtrent den samme, mens havbeitehannene har dårligere suksess enn villhannene.

NINAs populasjonsgenetiske laboratorium er i gang med å etablere et populasjonsgenetisk register for Norges anadrome laksefisk. I alt 8000 laksunger fra i alt 100 lokaliteter langs Norskekysten fra Enningdalselva i Østfold til Neiden i Finnmark er innsamlet. Disse er analysert for genetisk variasjon i 40 enzymkodede gener. Gjennom disse studiene er det mulig å evaluere om den stedeagne fisken endres genetisk i og nær havbeitevassdrag sammenliknet med vassdrag som ligger lenger vekk.

9 Litteratur

- Allen, I.R.H. & Ritter, J.A. 1977. Salmonid terminology. - J. Cons. int. Explor. Mer 37: 293-299.
- Anon. 1984. Report of the meeting of the study group of the North Atlantic salmon working group. Torshavn 1984. - I.C.E.S. C.M. 1984/M 9.
- Anon. 1991. Fiske og oppdrett av laks mv. 1989. - Noregs Offisielle Statistikk NOS B 985: 1-76.
- Baglinière, J.L. & Maisse, G. 1985. Precocious maturation and smoltification in wild Atlantic salmon in the American massif, France. - Aquaculture 45: 249-263.
- Berglund, I., Hansen, L.P., Lundqvist, H., Jonsson, B., Eriksson, T. Thorpe, J.E. and Eriksson L.-O. 1991. Effects of elevated winter temperature on seawater adaptability, sexual rematuration, and downstream migratory behaviour in mature male Atlantic salmon parr (*Salmo salar*). - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1041-1047.
- Bohlin, T., Dellefors, C. & Faremo, U. 1986. Early sexual maturation of male sea trout and salmon - an evolutionary model and some practical implications. - Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 63: 17-25.
- Carlin, B. 1955. Tagging of salmon smolts in the River Lagan. - Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 36: 57-74.
- Dahl, K. & Sømme, S. 1938. Salmon markings in Norway 1937. - Vid. -Akad. Skr. 1.M. -N. Kl. 2: 1-45.
- Døving, K.B., Westerberg, H. & Johnsen, P.B. 1985. Role of olfaction in the behavioral and neuronal responses of Atlantic salmon, *Salmo salar*, to hydrographic stratification. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1658-1667.
- Egidius, E., Hansen, L.P., Jonsson, B. & Nævdal, G. 1991. Mutual impact of wild and cultured Atlantic salmon in Norway. - J. Cons. int. Explor. Mer. 47: 404-410.
- Eriksson, T. 1988. Migratory behaviour of Baltic salmon (*Salmo salar* L.); adaptive significance of annual cycles. - Ph.D. thesis, University of Umeå, Sweden. s. 1-86.
- Eriksson, L.-O. & Eriksson, T. 1985. Non river based sea-ranching experiments and net-pen rearing of Baltic salmon (*Salmo salar* L.) in the Bothnian sea. - Preliminary report of the salmonid workshop on biological and economical optimization of smolt production. Ministry of agriculture, forestry and fisheries government of Japan, Tokyo, Japan. s. 1-8.
- Eriksson, L.O. & Lundqvist, H. 1982. Circannual rhythms and photoperiod regulation of growth and smolting in Baltic salmon (*Salmo salar* L.). - Aquaculture 28: 113-121.
- Finstad, B., Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1992. Registreringer av lakselus på laksesmolt fanget i Trondheimsfjorden. -NINA Oppdragsmelding 171: 1-11.
- Gunnerød, T.B., Hvidsten, N.A. & Heggberget, T.G. 1988. Open sea releases of Atlantic salmon, *Salmo salar*, in central Norway. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 1340-1345.
- Hansen, L.P. 1980. Merking og utsetting av laksesmolt *Salmo salar* L. i Glomma. Fauna 33: 89-97.
- Hansen, L.P. 1986. The data on salmon catches available for analysis in Norway. - I Jenkins, D. & Shearer, W.M., red. The status of Atlantic salmon in Scotland. ITE Symp. 15., Inst. Terr. Ecol., Abbots Ripton, Huntingdon. s. 79-83.
- Hansen, L.P. 1987. Growth, migration and survival of lake reared juvenile anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* L. - Fauna norv. Ser A 8: 29-34.
- Hansen, L.P. 1988. Effects of Carlin tagging and fin clipping on survival of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) released as smolts. - Aquaculture 70: 391-394.
- Hansen, L.P. 1990. Exploitation of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) from the River Drammenselv, SE Norway. - Fish. Res. 10: 125-135.
- Hansen, L.P. 1991. Rehabilitation of the Atlantic salmon stock in the River Drammeselv, Norway. - I Mills, D.H., red. Strategies for the rehabilitation of salmon rivers. Proceedings of a Joint Conference held at the Linnean Society 29-30 November 1990. s. 140-146.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1985. Downstream migration of hatchery-reared smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the River Imsa, Norway. - Aquaculture 45: 237-248.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1986. Salmon ranching experiments in the River Imsa: effects of day and night release and of seawater adaptation on recapture-rates of adults. - Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 63: 47-51.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1988. Salmon ranching experiments in the River Imsa: effects of dip-netting, transport and chlorobutanol anaesthesia on survival. - Aquaculture 75: 301-305.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1989a. Salmon ranching experiments in the River Imsa: effect of timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt migration on survival to adults. - Aquaculture 82: 367-373.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1989b. Salmon ranching experiments in the River Imsa: returns of different stocks to the fishery and to River Imsa. - I De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H. & Wilkins, N., red. Aquaculture - a biotechnology in progress. European Aquaculture Society, Bredene, Belgium. s. 445-452.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1991a. 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. & Jonsson, B. 1991b. Evidence of genetic component in the seasonal return pattern of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. - J. Fish Biol. 38: 251-258.

- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1991c. Ranching of Atlantic salmon in the River Imsa, Norway. - I.C.E.S. C.M. 1991/M 35: 1-30.
- Hansen, L.P. & Lea, T.B. 1982. Tagging and release of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the River Rana, northern Norway. - Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 60: 31-38.
- Hansen, L.P. & Pethon, P. 1985. The food of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., caught by long-line in northern Norwegian water. - J. Fish Biol. 26: 553-562.
- Hansen, L.P., Jonsson, B. & Andersen, R. 1989a. Salmon ranching experiments in the River Imsa: is homing dependent on sequential imprinting of the smolts? - I Brannon, E. & Jonsson, B., red. Proceedings of the salmonid migration and distribution symposium. School of Fisheries, University of Washington, Seattle & Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim 23-25 June 1987. s. 19-29.
- Hansen, L.P., Jonsson, B. & Døving, K.B. 1984. Migration of wild and hatchery reared smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., through lakes. - J. Fish Biol. 25: 617-623.
- Hansen, L.P., Jonsson, N. & Jonsson, B. 1993. Oceanic migration in homing Atlantic salmon. - Anim. Behav. 45: i trykken.
- Hansen, L.P., Jonsson, B., Morgan, R.I.G. & Thorpe. 1989b. Influence of parr maturity on emigration of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 410-415.
- Hansen, L.P., Næsje, T.F. & Garnås, E. 1986. Stock assessment and exploitation of Atlantic salmon *Salmo salar* L. in River Drammenselv. Fauna norv. Ser. A 7: 23-26.
- Harden Jones, F.R. 1968. Fish Migration. - Edward Arnold, London.
- Heggberget, T.G. 1989. The population structure and migration system of Atlantic salmon *Salmo salar*, in the River Alta, North Norway. A summary of studies 1981-1986. - I Brannon, E. & Jonsson, B. red., Proceedings of the salmonid migration and distribution symposium. Second International Symposium, School of Fisheries, University of Washington, Seattle & Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim 23-25 June 1987. s 124-139.
- Heggberget, T.G. & Hesthagen, T. 1981. Effect of introducing fry of Atlantic salmon in two small streams in Northern Norway. - Prog. Fish Cult. 1: 22-25.
- Heggberget, T.G. & Wallace, J.C. 1984. Incubation of the eggs of Atlantic salmon, *Salmo salar*, at low temperatures. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 389-391.
- Heggberget, T.G., Hvidsten, N.A., Gunnerød, T.B. & Møkkelgjerd, P.I. 1991. Distribution of adult recaptures from hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts released in and off-shore of the River Surna, western Norway. - Aquaculture, 98: 89-96.
- Heggberget, T.G., Johnsen, B.O., Hindar, K., Jonsson, B., Hansen, L.P., Hvidsten, N.A. & Jensen, A.J. 1993. Interactions between wild and cultured Atlantic salmon. A review of the Norwegian experience. - Fish. Res.: i trykken.
- Heggberget, T.G., Lund, R.A., Ryman, N. & Ståhl, G. 1986. Growth and genetic variation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different sections of the River Alta, North Norway. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1828-1835.
- Heggberget, T.G., Staurnes, M., Strand, R. & Husby, J. 1992. Smoltifisering hos laksefisk. - NINA Forskningsrapport 31: 1-42.
- Hesthagen, T. & Garnås, E. 1984. Smolt age and size of Atlantic salmon *Salmo salar* L. and sea trout *Salmo trutta* L. in a Norwegian river. - J. Fish Biol. 25: 617-623.
- Hesthagen, T. & Garnås, E. 1986. Migration of Atlantic salmon in River Orkla of central Norway in relation to management of a hydroelectric station. - N. Amer. J. Fish. Mgmt 6: 376-382.
- Hindar, K. 1992. Ecological and genetic studies on salmonid populations with emphasis on identifying causes for their variation. - Dr. philos. thesis, University of Oslo, Oslo, s. 1-17 + 6 artikler.
- Hindar, K. & Nordland, J. 1989. A female Atlantic salmon, *Salmo salar* L., maturing sexually in the parr stage. - J. Fish Biol. 35: 461-463.
- Hindar, K., Ryman, N. & Utter, F. 1991. Genetic effects of cultured fish on natural fish populations. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 945-957.
- Hoar, W.S. 1976. Smolt transformation: evolution, behavior and physiology. - J. Fish. Res. Bd. Can. 33: 1234-1252.
- Hvidsten, N.A. & Hansen, L.P. 1988. Increased recapture rate of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocked as smolts at high water discharge. - J. Fish Biol. 32: 153-154.
- Hvidsten, N.A. & Møkkelgjerd, P.I. 1987. Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of the River Surna, Norway. - J. Fish Biol. 30: 273-280.
- Hvidsten, N.A. & Lund, R.A. 1988. Predation on hatchery-reared and wild smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the estuary of River Orkla, Norway. - J. Fish Biol. 33: 121-126.
- Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O. & Levings, C.D. 1992. Atferd og ernæring hos utvandrende lakse smolt i Trondheimsfjorden. - NINA Oppdragsmelding 164: 1-14.
- Hvidsten, N.A., Sturlaugsson, J., Johansson, V., Jonasson, J., Strand, R. & Johnsen, B.O. 1993. Næringsvalg hos fjorduttatt havbeitesmolt av laks på Island og i Norge. -Årsrapport for PUSH-programmet: 1-6.
- Isaksson, A. 1983. Salmon ranching in Iceland. - I Eriksson, C., Ferranti, M.P. & Larsson, P.O., red. Sea ranching of Atlantic salmon. Proc. COST 46/4 Worksh., EEC. Brussels, Belgium, October 1982. s. 23-42.

- Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Hansen, L.P. 1989. Effect of river flow and water temperature on the upstream migration of adult Atlantic salmon *Salmo salar* L. in the River Vefsna, northern Norway. - I Brannon, E. & Jonsson, B., red., Proceedings of the salmonid migration and distribution symposium. Second international symposium, School of Fisheries, University of Washington, Seattle & Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim 23-25 June 1987. s. 140-146.
- Isaksson, A. 1988. Salmon ranching: a world review. - *Aquaculture* 75: 1-33.
- Järvj, T. 1989. The effect of osmotic stress on the anti-predatory behaviour of Atlantic salmon smolts: a test of the 'maladaptive anti-predator behaviour' hypothesis. - *Nordic. J. Freshw. Res.* 65: 71-79.
- Jensen, K.W. 1979. Saltwater releases and saltwater adaptation of smolts of Atlantic salmon. - *ICES C.M.* 1979/M 8: 1-10.
- Johnsen, B.O. 1976. Fiskeribiologiske undersøkelser i de lakseførende deler av Vefsnavassdraget. 1974 og 1975. - Direktoratet for naturforvaltning. Reguleringsundersøkelsene i Nordland. Rapp. 1976, 5: 1-63.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. 1986. Infestations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, by *Gyrodactylus salaris* in Norwegian rivers. - *J. Fish Biol.* 29: 233-241.
- Johnsen, B.O., Koksvik, J.I., Jensen, A.J. & Håker, M. 1991. Produksjon av laksesmolt basert på yngelutsetting i elv. Bunndyr og fisk i Litjvasselva, Vefsnavassdraget. - Universitetet i Trondheim, Rapport Zoologisk Serie 1991-1: 1-48.
- Jones, J.W. 1959. *The Salmon*. - London: Collins.
- Jonsson, B. & Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 593-595.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P. 1990a. Does juvenile experience affect migration and spawning of adult Atlantic salmon? - *Behav. Ecol. Sociobiol.* 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. 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. - *Nordic. J. Freshw. Res.* 66: 20-35.
- Jonsson, N., Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1991b. Variation in age, size and repeat spawning of adult Atlantic salmon in relation to river discharge. - *J. Anim. Ecol.* 60: 937-947.
- Jonsson, N., Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1993. Migratory behaviour and growth of hatchery-reared post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* L. - *J. Fish Biol.* 41: i trykken.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1990b. Partial segregation in the timing of migration of Atlantic salmon of different ages. - *Anim. Behav.* 40: 313-321.
- Kålås, J.A., Heggberget, T.G., Bjørn, P.A. & Reitan, O. 1993. Feeding behaviour and diet of goosanders (*Mergus merganser*) in relation to salmonid seaward migration. - *Aquat. Living Res.*: i trykken.
- Larsson, P.O. 1977. The importance of time and place of release of salmon and sea trout on the results of stocking. - *I.C.E.S. C.M.* 1977/M 42: 1-4.
- Leyzerovich, K.A. 1973. Dwarf males in hatchery propagation of the Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *J. Ichthyol* 13: 382-391.
- Lundqvist, H. & Fridberg, G. 1982. Sexual maturation versus immaturity: different tactics with adaptive values in Baltic salmon (*Salmo salar* L.) male smolts. - *Can. J. Zool.* 60: 1822-1827.
- Moore, A. & Riley, W.D. 1992. A sexually mature female Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolt. - *Aquac. Fish. Mgmt.* 23: 273-274.
- Nordeng, H. 1977. A pheromone hypothesis for homeward migration in salmonid fishes. - *Oikos* 28: 155-159.
- Pethon, P. & Hansen, L.P. 1990. Migration pattern of Atlantic salmon smolts *Salmo salar* L. released at different sites in the River Drammenselv, SE Norway. - *Fauna norv. Ser. A* 11: 17-22.
- Reitan, O., Hvidsten, N.A. & Hansen, L.P. 1987. Bird predation on hatchery reared Atlantic salmon smolts, *Salmo salar* L., released in the River Eira, Norway. - *Fauna norv. Ser. A* 8: 35-38.
- Ritter, J.A., Farmer, G.J., Misra, R.K., Goff, T.R., Baily, J.K. & Baum, E.T. 1986. Parental influences and smolt size and sex ratio effects on sea age at first maturity of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 89: 30-38.
- Rosseland, L. 1965. Rapport om utførte lakseundersøkelser m.v. - Vedlegg til Fiskeriinspektørens årsmelding for 1951-1962. Landbruksdepartementet.
- Rosseland, L. 1973. Melding om virksomheten ved Den vitenskapelige avdeling for ferskvannsfiske. - *Stort. Meld.* 88: 38-70.
- Rosseland, L. 1975. Årsmelding fra Fiskeforskningen for 1974. - Stensil. DVF, Fiskeforskningen.
- Saksgård, L.M., Heggberget, T.G., Jensen, A.J. & Hvidsten, N.A. 1992. Utbygging av Altaelva - virkninger på laksebestanden. - NINA Forskningsrapport 34: 1-98.
- Saunders, R.L., Henderson, E.B. & Glebe, B.D. 1982. Precocious sexual maturation and smoltification in male Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Aquaculture* 28: 211-229.
- Schaffer, W.M. & Elson, P.F. 1975. The adaptive significance of variations in life history among local populations of Atlantic salmon in North America. - *Ecology* 56: 577-590.

- Schiefer, K. 1972. Ecology of Atlantic salmon, with special references to occurrence and abundance of grilse, in north shore gulf of St. Lawrence. - Ph.D. thesis, University of Waterloo. s. 1-128.
- Staurnes, M., Lysfjord, G., Hansen, L.P. & Heggberget, T.G. 1993. Recapture rates of hatchery-reared Atlantic salmon related to smolt development and time of release. - Aquaculture: i trykken.
- Strand, R., Heggberget, T.G., Rikstad, A., Johnsen, B.O. & Ebbing, T. 1993. Havbeiteprosjektet i Opløyelva, Nærøy kommune, Nord-Trøndelag. Årsrapport 1992. - NINA Oppdragsmelding 191: 1-37.
- Strand, R., Rikstad, A., Heggberget, T.G. & Johnsen, B.O. 1992. Havbeiteprosjektet i Opløyelva, Nærøy kommune, Nord-Trøndelag. Årsrapport 1991. - NINA Oppdragsmelding 109: 1-32.
- Wallace, J.C. & Heggberget, T.G. 1988. Incubation of eggs of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different Norwegian streams at temperatures below 1 °C. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 193-196.
- Wootton, R., Smith, J.W. & Needham, E.A. 1982. Aspects of the biology of the parasitic copepods *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* on farmed salmonids, and their treatment. - Proc. R. Soc. Edinb. Sect. B. (Biol Sci) 81: 185-197.
- Österdahl, L. 1969. The smolt run of a small Swedish river. - I Northcote, T.G., red. Salmon and trout in streams. University of British Columbia, Vancouver, B.C. s. 205-215.

0 45

nina
utredning

ISSN 0802-3107
ISBN 82-426-0332-4

Norsk institutt for
naturforskning
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel. 07 58 05 00