

ISSN 1503-299X


WORKING PAPER SERIES

No. 9/2003

SPORTSFISKE ETTER LAKS. EN BIOØKONOMISK ANALYSE.

Rune Logstein
Anders Skonhoft

Department of Economics

 Norwegian University of Science and Technology

N-7491 Trondheim, Norway

www.svt.ntnu.no/iso/wp/wp.htm

Sportsfiske etter laks. En bioøkonomisk analyse.

Anders Skonhoft og Rune Logstein
Institutt for Samfunnsøkonomi
NTNU
7491 Trondheim

Sammendrag

En bioøkonomisk modell av et sportsfiske (elvfiske) etter laks (*Salmo salar*) formuleres, og det studeres hvordan økonomiske og biologiske forhold påvirker beskatning, bestandsutvikling og lønnsomhet i elvefisket for gitt aktivitet i sjøfisket. Den økonomiske delen av modellen tar utgangspunkt i en fallende markedsetterspørsel etter antall fiskedager, og som også avhenger positivt av fangst per fiskedag. På tilbudssiden er det et mindre antall rettighetshavere som tilbyr fiske på forskjellige vald. Rettighetshaverne antas å koordinere sin markedsatferd slik at de danner et monopol som tilbyr fiskeinnsats gitt ved antall fiskedager basert på profittmaksimerende atferd. Når det gjelder rettighetshavernes ressursforvaltning studeres to forskjellige regimer. Regime 1 kan oppfattes som et kortsiktig forvaltningsperspektiv, mens Regime 2 er langsiktig. Hele tiden antas biologisk likevekt, og forskjellen mellom regimene studeres. I siste del av artikkelen er den teoretiske modellen illustrert med data fra elva Imsa i Rogaland. Med realistiske parametervalg viser det seg at Regime 1 lett kan resultere i en fiskeinnsats som kanskje er 50 % høyere og en bestand som er 30 % lavere enn i Regime 2. Det viser seg også at endret fangstaktivitet i sjøen generelt gir en uklare bestandseffekter.

English Summary

The bio-economic of a wild Atlantic salmon recreational fishery

A bio-economic model of a wild salmon (*Salmo salar*) river recreational fishery is formulated, and it is studied how economic and biological conditions influence harvesting, stock size and profitability. The demand is expressed by a falling demand schedule in number of days while of the quality of the river, given by average catch per fishing day, shifts the demand up. On the supply side, there are a small number of owners managing the fishery in the river, and it is assumed that they reap monopoly profit by taking the falling demand schedule into account. Two resource management regimes are studied. Within what is called Regime 1, the owners do not take into account that this years fishing influences next years stock size. In Regime 2, the owners also maximise profit with respect to the stock size, in addition to the number of fishing licences sold. In the last part of the paper, the model is illustrated with ecological and economic data which fits reasonably well with the river Imsa in Rogaland county Norway.

.....
Takk til Harald Bergland, Ola Flåten, Anne Borge Johannesen, Jon-Olaf Olaussen og to anonyme konsulenter for konstruktive kommentarer til tidligere versjoner av artikkelen.

1. Innledning

Som følge av Norges lange kystlinje og landets beliggenhet langt nord i Europa er norske elver viktige gyte- og oppvekstområder for atlantisk laks (*Salmo salar*), og de mange lakseførende vassdragene legger grunnlaget for et omfattende sportsfiske etter laks. Foruten sportsfisket i elvene fiskes også betydelige mengder laks i fjordene og i de nære kystområdene med kilenot og krokgarn (NOU 1999:9)¹. Laksen er en art i tilbakegang, og på 1980 og -90-tallet ble innsiget og fangstene kraftig redusert i forhold til tiårene forut (NOU 1999:9). I tillegg utgjør nå smålaks en større del av fangsten. Reduksjonen i laksebestandene de siste tiårene skyldes både menneskelig aktivitet og naturlige miljøsvingninger (NOU 1999:9). Imidlertid har det de siste par årene vært en markert økning i fangstene og innsiget av laks noe som kan skyldes økt sjøtemperatur i oppvekstområdene. Villaksutvalget som utredet tiltak for å bedre laksebestandene, leverte sin innstilling i februar 1999 og anbefalte en omlegging til en prognosebasert kvoteregulert forvaltning av både sjø og elvefisket. Dette ville i følge utvalget øke mulighetene for en fleksibel høsting som forhindrer overbeskatning i svake år og utnytter høstingspotensialet i gode år (NOU 1999:9, s. 131).

Siktemålet med denne artikkelen er å analysere et sportsfiske etter villaks for derigjennom å studere hvordan økonomiske og biologiske forhold kan tenkes å påvirke beskatning, bestandsutvikling og lønnsomhet. Av analysen følger det også klare politikkomplikasjoner. Til dette formuleres en bioøkonomisk modell som er ment å illustrere et laksefiske i en liten lakseelv. Modellen består av en biologisk del hvor uttak og bestand er gitt ved mengde laks (biomasse), og en økonomisk del som gir markedsetterspørsel og tilbud av sportsfiske etter laks. Den økonomiske delen av modellen har som utgangspunkt et mindre antall rettighetshavere som tilbyr fiske på forskjellige vald i elva gitt ved antall fiskedager. Markedsetterspørselen er gitt ved en fallende etterspørselskurve i antall fiskedager, og det antas at rettighetshaverne maksimerer profitten. Hele tiden antar vi biologisk likevekt, og løsningen av modellen studeres dermed i biologisk som økonomisk likevekt. I modellen er også effekten av sjøfiske i fjorder og nære kystområder undersøkt. Uttaket i dette fisket, som i tid hovedsakelig finner sted før elvefisket, er gitt som en eksogen størrelse i modellen og vi gjør dermed ikke noe forsøk på å forklare omfanget av dette fisket. Men en sentral del av

¹ Sjøfiske etter laks med kilenot og krokgarn kalles ofte for fiske med faststående redskap og har tradisjonelt vært et næringsfiske. Tidligere var dette et betydelig fiske, men på grunn av dårlig lønnsomhet er dette i dag hovedsakelig et fritidsfiske (NOU 1999:9).

analysen er å studere hvordan gitte endringer i sjøfisket påvirker lønnsomhet og uttak i elvefisket.

Vi antar at elveeierne markedsmessig tilpasser seg som et monopol. Når det gjelder ressursforvaltningen skal vi se på to mulige tilpasninger til rettighetshaverne. I Regime 1 antar vi at de ikke tar hensyn til at høstingen påvirker bestanden. De kontrollerer selve høstingen, men kontrollerer ikke bestanden. Denne type atferd kan forstås ut fra uklare eiendomsrettigheter oppover langs elva og at ressursforvaltningen er av kortsiktig karakter. Modellmessig svarer dette til at bestanden betraktes som en eksogen størrelse i tilpassningen til gruppen av elveeiere. I Regime 2 opptrer rettighetshaverne også koordinert på ressursiden. Modellmessig svarer derfor dette til at bestanden er en endogen størrelse i tilpassningen. Disse regimene er opplagt ytterpunkter, og i praksis vil tilpassningen sannsynligvis være av en eller annen mellomform. Men ytterpunktene vil anskueliggjøre noe av spillerrommet i forvaltningen av en til dels hardt beskattet og truet art.

Studien vi gjennomfører er en modellstudie, men modellen er også numerisk illustrert med spesifiserte funksjoner. I den numeriske analysen bruker vi verdier på biologiske parametre estimert for den lille lakseelva Imsa i Rogaland. Her har Norsk institutt for naturforskning (NINA) en forskningsstasjon. Den såkalte rekrutteringsfunksjonen vi bruker i populasjonsmodellen er basert på data fra denne elva (Hansen *et al.*, 1996). Etterspørsels- og kostnadsdata er hentet fra andre kilder, og det er lagt ned et betydelig arbeid for å få modellen kalibrert med realistiske parameterverdier og rimelige resultater.

Det foreliggende arbeidet bygger delvis på Logstein (2002) som så vidt vites er den eneste bioøkonomiske analysen av sportsfiske etter laks i Norge. Det er imidlertid gjennomført en rekke verdsettingsstudier av laksefiske hvor Strand (1981) er et eksempel på et nokså tidlig arbeide. Det finnes også en stor mengde mer generell litteratur om laksefisket i Norge hvor den nevnte rapporten fra Villaksutvalget (NOU 1999:9) er sentral, men også Fiske og Aas (2001) gir mye interessant informasjon. I den internasjonale faglitteraturen foreligger det nå en lang rekke modellstudier av sports- og rekreasjonsfiske (se for eksempel McConnel og Sutinen, 1979; Bishop og Samples, 1980; Rosenman, 1991; Anderson, 1983,1993; Cook og McGraw, 1996; Lee, 1996; og Laukkanen, 2001). Av disse studiene er det bare Cook og McGraw (1996) og Laukkanen (2001) som eksplisitt omhandler sportsfiske etter laks. Cook og McGraw (1996) studerer den optimale fordelingen av lakseressursene mellom sportsfiskere og

næringsfiskere i lakseelven Miramichi på østkysten av Canada. Dette er en svært aggregert studie med mengden laks høstet som handlingsvariabel, og har liten relevans for vårt arbeid. Studien til Laukkanen (2001) dreier seg om optimalt fiske i fire forskjellige fiskerier (fiske på kultivert laks ved elvemunningene, rekreasjonsfiske i elv og to typer sjøfiske, hvorav det ene forgår langt til havs) i og ved Østersjøen. Handlingsvariabelen her er også antall fisk høstet, men dette arbeidet har visse likhetspunkter med vår analyse fordi det er modellert som et sekvensielt fiske, dvs. de ulike fiskeriene foregår etter hverandre i tid. Den sekvensielle modellen vår (som hos Laukkanen) bygger på Charles og Reed (1985) som studerte ressursfordelingen mellom to fiskerier for næringsformål. Størst likhet har det foreliggende arbeidet med Logstein (2002). Hovedforskjellen er at vi presenterer en modell for tilbudssiden i sportsfisket ved at rettighetshavernes tilbud av fiskekort utledes, mens etterspørselssiden spiller en mer passiv rolle. Det modellmessige bidraget vårt er at en markedsmodell integreres mer med biologisiden enn hva som er gjort tidligere.

Resten av artikkelen er organisert som følger. I avsnitt 2 redegjør vi kort for biologien til villaksen og utleder biomassemodellen hvor det finner sted både et sjøfiske og et elvefiske. Den økonomiske modellen for sportsfisket utledes deretter i avsnitt 3. Her etableres også biologisk som økonomisk likevekt og visse egenskaper ved disse likevektene undersøkes. I avsnitt 4 spesifiseres funksjonene i den teoretiske modellen og noen numeriske illustrasjoner presenteres. Artikkelen avsluttes med noen forvaltningsimplikasjoner i avsnitt 5.

2. Populasjonsdynamikk og biologisk likevekt²

Laksen gyter i norske vassdrag fra oktober til januar. Eggene klekkes om våren og i de første ukene lever lakseyngelen av plommesekken nede i grusen før den blir frittlevende. Etter omlag ett år forandrer yngelen utseende og kalles da for parr. Når lakseungene har vært 1–5 år i elva som yngel og parr, skjer en rekke fysiologiske endringer. Etter disse endringene kalles ungfisken for smolt og er tilpasset et liv i saltvann. Smolten vandrer ut i havet om våren og forsommeren. Grunnen til utvandringen er bedre næringsforhold i sjøen enn i elva. Smolten vokser raskt og blir etter hvert en del av den øvrige voksenfiskbestanden i havet.

Etter en til tre år i havet starter kjønnsmodningen og laksen vender da som regel tilbake til den elva hvor den ble født. Laks som bare har vært ett år i havet kalles for ensjøvinterlaks og vil

² Avsnittene om laksens biologi bygger på Mills (1989) og NOU 1999:9.

være forholdsvis liten, mens laks som har vært i havet i 2-3 år kalles flersjøvinterlaks og vil være stor. Innsiget av gytelaks starter om våren og de største fiskene kommer som regel først. At laksen finner tilbake til hjemelva gjør at laksebestandene i de forskjellige vassdragene har sine egne genetiske særtrekk slik at bestandene blir spesialtilpasset de forskjellige vassdragene. Laksen gyter som regel samme sesong den kommer opp i elva.

I laksens livsløp er det flere faser hvor dødeligheten kan være stor. En kritisk fase er når yngelen kommer opp av grusen. Det er beregnet at dødeligheten på dette stadiet kan være på over 90 %. Når smolten vandrer ut av elva og ut i sjøen er også dødeligheten stor, blant annet på grunn av predasjon fra annen fisk og fugl. Lakselus er en betydelig kilde til dødelighet for utvandrende smolt, men en stor andel av laksen på beite i havet dør også av naturlige årsaker før den blir kjønnsmoden og kan starte på gytevandringen inn mot kysten og opp i elvene. Det siste kritiske stadiet i livsløpet til laksen er etter at den har gytt. Etter gytingen dør de fleste, men noen laks overlever første gangs gyting og kan gyte flere ganger, men som regel bare to. Beregninger tyder på at 3-6 % av gytelaksen er i stand til å gyte to ganger. For små elver med mye ensjøvinterlaks (smålags) kan andelen andregangsgytere være vesentlig høyere.

Den biologiske modellen som formuleres er en biomassemodell hvor størrelsen på laksebestanden uttrykkes i antall voksen laks. Vi ser derfor bort fra at voksen laks består av flere årsklasser og størrelser. Videre ser vi bort fra at laksen i sine første leveår i elva gjennomlever en utvikling fra yngel til smolt som kan ta mange år. Vi antar derfor at rekrutteringen til bestanden av voksen fisk skjer det påfølgende året etter at gytingen har funnet sted. I en likevektsmodell er ikke denne forutsetningen særlig kritisk. I tillegg ser vi bort fra at en andel av gytelaksen feilvandrer. For øvrig er det slik at laksebestanden i modellen er antatt å bestå kun av villaks, og ikke noe rømt oppdrettslaks³. Alle disse forenklinger muliggjør en forholdsvis oversiktlig analyse, ulempene er selvfølgelig at populasjonsdynamikken kan bli for enkel. Men vårt formål er ikke å gi detaljerte prediksjoner, det er enkelte prinsipielle problemstillinger som analyseres. Hovedresultatene vil forhåpentligvis overleve en mer detaljert og realistisk modellering. Opplegget vårt følger derfor tradisjonen fra Colin Clark (1990).

³ Men effekten av oppdrettslaks kan tas hensyn til på en *ad hoc* måte ved å introdusere skift i de biologiske parametrene. Se Villaksutvalget (NOU 1999:9) for en nærmere diskusjon om virkningene av rømt oppdrettslaks på villaksen.

Med disse forenklinger introduserer vi nå populasjonsdynamikken i en tenkt elv. Modellen bygger som nevnt på Charles og Reed (1985). Antall voksne laks (eller biomassen) år t og $t+1$ som har en potensiell gyteplass i den elva vi studerer betegnes med henholdsvis X_t og X_{t+1} . Høstingen i sjøen og elva er gitt ved høstingsratene $0 \leq h_t < 1$ og $0 \leq y_t < 1$, slik at h_t angir den andelen av bestanden på gytevandring som fiskes i sjøen, mens y_t er den andelen som høstes i elva. I modellen fiskes det bare laks som er på gytevandring fordi både sjøfisket i nære kyststrøk, i fjordene og elvefisket foregår i sommerhalvåret når gytelaksen er på vandring gjennom fjordene og opp i elva. Sjøfiskerne fisker naturligvis først på bestanden. Det er derfor sekvensielt fiske slik at den tilgjengelige bestanden for elvefiskerne vil være fratrukket høstingen i sjøfisket. Det fiskes generelt på flere vald i elva, slik at fisket også her er sekvensielt. Dette ignoreres imidlertid i modellen og hele elvefisket er representert ved y_t . Figur 1 angir hovedsammenhengene.

Mer detaljert har vi at X_t betegner den totale bestanden tilgjengelig i sjøen om våren.

Parameteren σ gir andelen av bestanden i havet som om våren og sommeren legger ut på gytevandring. Antall laks på gytevandring blir da σX_t . Når sjøfisket er gitt av høstingsraten h_t uttrykker $(1 - h_t)\sigma X_t$ tilgjengelig bestand for elvefisket. Ved høstingsraten y_t i elva vil dermed $(1 - y_t)(1 - h_t)\sigma X_t$ utgjøre bestanden som unnslipper høsting og dermed gyter.

Rekrutteringen avhenger av gytebestanden, og funksjonen $R_t = R[(1 - y_t)(1 - h_t)\sigma X_t]$ uttrykker rekrutteringen i antall smolt (for mer detaljer, se avsnitt 4). Andelen smolt som overlever smoltstadiet er gitt ved s_2 slik at $s_2 R[(1 - y_t)(1 - h_t)\sigma X_t]$ utgjør nyrekrutteringen til neste års bestand. I tillegg vil en (liten) andel s_1 av selve gytebestanden overleve gytingen og kunne gyte neste år slik at også $s_1(1 - y_t)(1 - h_t)\sigma X_t$ representerer tilgang til neste års bestand.

Endelig uttrykker leddet $s_0(1 - \sigma)X_t$ den delen av bestanden i havet år t som ikke blir gytemoden, men blir værende i havet på beite og som overlever livet i havet til år $t+1$. Når vi så neglisjerer stokastiske variasjoner i biologi og miljø, uttrykker dermed

$$(1) \quad X_{t+1} = s_2 R[(1 - y_t)(1 - h_t)\sigma X_t] + s_1(1 - y_t)(1 - h_t)\sigma X_t + s_0(1 - \sigma)X_t$$

bestandsutviklingen fra år t til $t+1$.

Figur 1 omtrent her

Som nevnt skal vi ikke forsøke å forklare omfanget av sjøfisket bestemt av h_t . Det er uttaket i elva gitt av $Y_t = y_t(1-h_t)\sigma X_t$, som er i fokus. Som diskutert nærmere i neste avsnitt, er handlingsvariabelen i sportsfisket antall fiskedager D_t . Antall fiskedager uttrykker derfor innsatsen i elvefisket. Hele tiden skal vi anta at sammenhengen mellom uttak og innsats er styrt av den såkalte Schäfer fangstfunksjon

$$(2) \quad Y_t = \theta D_t(1-h_t)\sigma X_t$$

hvor $(1-h_t)\sigma X_t$ er tilgjengelig bestand for sportsfiskerne mens θ er en fangstparameter ('catchability coefficient') med dimensjonen 1/dag. Det er mest naturlig å knytte denne parameteren til teknologien i fisket. Vi kan tenke oss fluefiske og slukfiske hvor fangstparameteren da normalt er høyere i slukfisket enn i fluefisket (Fiske og Aas, 2001). Kombinerer vi så fangstfunksjonen (2) med uttakslikningen $Y_t = y_t(1-h_t)\sigma X_t$ blir høstingsandelen i elva ganske enkelt $y_t = \theta D_t$.

Som nevnt skal vi begrense oss til å studere et biologisk likevektsfiske etter laks hvor målsettingen for ressurseierne er maksimering av den løpende profitten. Som i alle fiskerier er det noe urealistisk å studere biologisk likevekt, bla. som følge av store svingninger i økologiske forhold (NOU 1999:9). En likevektsbestand kan derfor vanskelig observeres og vil derfor mer tjene som et referansegrunnlag, et slags 'tyngdepunkt', for analysen. Et likevektsfiske betyr også at tidsutstrekningen av nytte og kostnader som følge av det å bygge opp en bestand eller fiske ned en bestand ikke analyseres. Alternativt kunne vi derfor studert dynamikken, og hvor målet for ressurseierne kunne vært maksimering av neddiskontert profitt. En analyse av den biologiske langsiktige likevekten ved en slik målfunksjon gir imidlertid ikke særlig mye ut over den foreliggende analysen fordi disse to likevektene sammenfaller ved diskonteringsrente lik null (se for eksempel Munro og Scott, 1985 for en diskusjon)⁴.

⁴ Men det er en fundamental forskjell mellom disse betraktningmåtene fordi maksimering av profitten i biologisk likevekt impliserer at laks som kapital neglisjeres. Når diskonteringsrenten er lik null settes dermed alternativverdien av denne kapitalen lik null.

I biologisk likevekt har vi $X_t = X_{t+1} = X$, $D_t = D$, $y_t = y$ og $h_t = h$. Dette innsatt i likning (1) sammen med høstingsandelen bestemt av $y = \theta D$ gir

$X = s_2 R[(1 - \theta D)(1 - h)\sigma X] + s_1(1 - \theta D)(1 - h)\sigma X + s_0(1 - \sigma)X$. Denne sammenhengen definerer derfor bestanden implisitt som en funksjon av antall fangstdager i likevekt,

$$(3) \quad X = F(D).$$

Vi skal hele tiden anta at rekrutteringen er økende i gytebestanden slik at $R' > 0$ holder (se avsnitt 4 for en nærmere diskusjon). Det kan da nokså enkelt vises at høyere fangsttinningsrate fører til lavere bestand, $F' < 0$. Den biologiske likevektsbetingelsen (3) er derfor fallende i $X - D$ planet. Se Figur 2 nedenfor. Når $D = 0$ har vi følgelig det høyeste bestandsnivået, mens $X = 0$ gir det antall fiskedager som akkurat ikke er forenlig med et likevektsfiske. På tilsvarende måte kan det enkelt vises at X reduseres for gitt D når h øker. Den biologiske likevekten skifter derfor innover ved en høyere høstingsrate i sjøen.

Det er også av interesse å kunne si noe om det totale uttaket i sportsfisket. I likevekt er fangstfunksjonen $Y = \theta D(1 - h)\sigma X$. Innsatt for likevektsbestanden, får vi dermed utbytte-innsats ('yield-effort') sammenhengen

$$(4) \quad Y = \theta D(1 - h)\sigma F(D).$$

Dette vil typisk være en en-toppet funksjon med verdi null når $D = 0$ og $F(D) = 0$, og maksimalverdi når $dY/dD = 0$. Maksimalverdien på Y betegnes ofte det maksimalt vedvarende utbyttet Y_{msy} ($msy =$ 'maximum sustainable yield'). Det tilhørende nivået på fiskeinnsatsen er D_{msy} . Innsatt i (3) gir dette så X_{msy} ⁵. I tråd med intuisjonen kan det vises at

⁵ Nå er det imidlertid mulig å karakterisere X_{msy} på en noe klarere måte ved å ta utgangspunkt i likning (1) i likevekt når y erstattes med Y ved bruk av uttakssammenhengen $Y = y(1 - h)\sigma X$. Dette gir $X = s_2 R[(1 - h)\sigma X - Y] + s_1((1 - h)\sigma X - Y) + s_0(1 - \sigma)X$ som implisitt definerer X som en funksjon av Y , eller Y som en funksjon av X , $Y = Y(X)$. Ved å anta $R(0) = 0$, slik at ingen gytebestand gir ingen rekruttering, og $R'' < 0$ (se igjen avsnitt 4 for en nærmere diskusjon), kan det nokså enkelt vises at $Y = Y(X)$ også er en en-toppet funksjon med verdi null for $X = 0$ og for en endelig, positiv verdi av X .

både X_{msy} og Y_{msy} , og også D_{msy} , reduseres med større aktivitet i sjøfisket. Vanligvis sies det å være *økologisk* overfiske hvis bestanden er lavere enn X_{msy} . Men fordi X_{msy} her avhenger av h er det opplagt noe vilkårlighet i denne betegnelsen.

3. Biologisk og økonomisk likevekt

Vi introduserer nå et marked for laksefisket i det tenkte vassdraget. På etterspørselssiden er det mange sportsfiskere, mens det på tilbudssiden er et mindre antall rettighetshavere som disponerer ulike vald langs elva. De eier fiskerettighetene, dvs. retten til å høste laksen innen de respektive vald. Som det framgår av det foregående avsnitt skiller vi ikke mellom fisket på de ulike vald. Tidsutstrekningen i elvefisket neglisjeres også, og i tråd med dette er prisen på fiskekort den samme i hele elva.

Et hovedspørsmål er hva prisen og markedet for laksefiske skal referere seg til; hva omsettes i dette markedet. I likhet med flere andre (se for eksempel McConnell og Sutinen, 1979; Anderson, 1983, 1993; Lee, 1996) har vi altså valgt å benytte fiskeinnsats, uttrykt ved antall fiskedager (eller fiskedøgn). Markedsetterspørselen og omsatt kvantum er derfor gitt i antall fiskedager. I andre studier av sportsfiske er handlingsvariabelen selve fangsten (Laukkanen, 2001; Bishop og Samples, 1980; Cook and McGraw, 1996). Men i en markedsmodell for sportsfiske er dette en lite egnet variabel fordi det her typisk omsettes fiskerettigheter som gir adgang til å fiske i et nærmere angitt tidsrom. Det kan være for en dag, flere dager eller for hele sesongen. Alle disse mulighetene samler vi i enheten dag, slik at det bare omsettes fiskerettigheter som gjelder for en dag (eller et døgn). I tillegg skal vi også anta at etterspørselen er følsom for 'hvor god' elva er. Dette uttrykkes som i McConnell og Sutinen (1979) ved gjennomsnittlig fangst per dag. For gitt pris, vil derfor høyere fangst per dag skifte etterspørselsfunksjonen opp.

På bakgrunn av dette etableres en invers markedsetterspørsel etter fiskedager som

$$(5) \quad P = P(D, v)$$

Maksimalverdien er bestemt ved $\sigma(1-h)(s_2R'+s_1) + s_0(1-\sigma) - 1 = 0$. Denne likningen sammen med $Y = Y(X)$ karakteriserer derfor X_{msy} , og Y_{msy} .

hvor P er prisen per fiskedag, og v er gjennomsnittelig fangst per dag. Vi antar derfor at etterspørselen i den aktuelle elva er upåvirket av priser og fiskeforhold i andre elver og av andre økonomiske forhold, som for eksempel inntekt. Vi tar heller ikke eksplisitt hensyn til mulige trengselseffekter som skyldes at mange sportsfiskere opplever andre fiskeres nærvær som forstyrrende (se Anderson, 1983 for en analyse). Funksjonen er avtakende i antall fiskedager, $P_D < 0$, og stigende i fangst per dag, $P_v > 0^6$. Fangsten er gitt av fangstfunksjonen (2) slik at fangst per dag blir $v = Y/D = \theta(1-h)\sigma X$. For en gitt høstingsandel i sjøen er dermed fangst per dag proporsjonal med størrelsen på den tilgjengelige gytebestanden. Innsatt i etterspørselsfunksjonen (5) gir dette den løpende profitten i elvefisket som

$$(6) \pi = P(D, \theta(1-h)\sigma X)D - C(D)$$

hvor $C(D)$ er kostnadsfunksjonen som generelt kan omfatte faste som variable kostnader, $C(0) > 0$ og $C' > 0$.

Det antas at rettighetshaverne koordinerer sin virksomhet på markedssiden og opptrer som et monopol. Alternativt kunne vi anta pristakeratferd fordi det er mange elver og det eksisterer et nasjonalt marked for sportsfiske etter laks. Dette er ytterpunkter, og virkeligheten er kanskje en slags monopolistisk konkurranseform. Men ved å velge monopoltilpasning blir analysen forholdsvis enkel. Når det gjelder ressursforvaltningen, skal vi som nevnt studere to forskjellige tilpasningsformer. I Regime 1 tar ikke rettighetshaverne hensyn til at høstingen påvirker bestanden. De kontrollerer tilbudet av antall fiskedager D , men tar bestandsstørrelsen X , eller rettere $(1-h)\sigma X$, som en eksogen størrelse. I Regime 2 tar de derimot hensyn til at uttaket påvirker bestanden. Her kontrollerer de dermed både antall fiskedager og bestandsstørrelse for gitt sjøfiske.

Disse to regimene kan tolkes som forskjellige eiendomsregimer på ressursiden. I Regime 2 greier rettighetshaverne å koordinere den individuelle tilpasningen slik at uttak og

⁶Vi antar derfor en veldefinert markedsetterspørsel for sportsfiske etter laks. Det store antall verdsettingsstudier som er gjennomført i Norge kan tyde på at virkeligheten er noe mer kompleks (igjen, se Strand, 1981 og Fiske og Aas, 2001). Flere av disse studiene viser at fiskernes verdsetting av fisket avhenger av mulighetene for å få fangst, men også at selve fiskeopplevelsen, uansett fangst eller ikke, verdsettes (Fiske og Aas, 2001).

ressursbeholdning sees under ett, mens dette ikke skjer i Regime 1. Denne forskjellen kan forstås som tilstedeværelse av ulik tidshorisont i forvaltningen slik at Regime 2 representerer en langsiktig naturressursforvaltning mens Regime 1 er kortsiktig. En annen forståelse av forskjellen er at rettighetshaverne i Regime 1 ikke tar hensyn til at betalingsvilligheten til fiskere avhenger av fangsten. Dette betyr at når tilbudet av antall fangstdager fastlegges i Regime 1 vil ikke rettighetshaverne tillegge bestanden noen skyggepris. Dette gjøres derimot i Regime 2. I og med at rettighetshaverne er tillagt større kontrollmuligheter i Regime 2, vil profitten, alt ellers likt, også bli størst i dette regimet. I sum kan Regime 1 oppfattes som en ufornuftig og kortsiktig tilpasning fra rettighetshavernes side, og kommer av manglende forståelse for verdsettingen av fangsten hos fiskerne kombinert med samarbeidsproblemer som gjør det vanskelig å enes om en langsiktig strategi. Denne sontringen mellom ulike forvaltningsregimer finner vi også i Smith (1975). Se Johannesen (2003) for en nærmere diskusjon.

Vi starter med å se på Regime 1. Her maksimeres altså profitten (6) kun med hensyn på antall fiskedager D . Ved antagelse om en indre løsning får vi da den vanlige tilpasningsbetingelsen for en monopolist om at grenseinntekt skal være lik grensekostnad,

$$(7) \quad P(D, \theta(1-h)\sigma X) + P_D(D, \theta(1-h)\sigma X)D = C'(D).$$

Differensiering gir $(2P_D + DP_{DD} - C'')dD = -(P_v + DP_{Dv})dX$ hvor innholdet i parantesen på venstresiden er negativt som følge av andre ordensbetingelsen for maksimum, mens innholdet i parantesen på høyresiden er positivt under den rimelige antagelsen om at P_v dominerer den eventuelt motstridende kryseffekten. Denne økonomiske likevektsbetingelsen er da en stigende funksjon i $X - D$ planet, og forteller dermed, ikke uventet, at en større bestand gir en høyere omsetning og tilbud av fiskedager. Vi får også at ved en høyere høstingsrate i sjøen vil den økonomiske likevekten skifte utover. Dette betyr at for en gitt bestand vil tilbudet av fiskedager gå ned ved økende aktivitet i sjøen.

Likning (7) sammen med den biologiske likevektsbetingelsen (3) gir dermed biologisk og økonomisk likevekt i dette regimet, X^* og D^* . Fordi den biologiske likevektsbetingelsen er en fallende funksjon i $X - D$ planet (cf. diskusjonen i avsnitt 2) mens den økonomiske likevektsbetingelsen (7) er stigende, er likevekten unik. Se Figur 2. Ved å sette inn i

fangstfunksjonen kan vi så videre finne uttaket Y^* . I et neste trinn kan så profitt og konsumentoverskudd beregnes.

Figur 2 omtrent her

Et interessant spørsmål er hvordan likevekten påvirkes av økt høsting i sjøen. Ved en høyere høstingsrate i sjøen skifter som nevnt den økonomiske likevekten utover, men den økologiske likevekten skifter innover. En høyere h betyr derfor at antall fiskedager reduseres,

$\partial D^* / \partial h < 0$, mens fortegnet på bestandseffekten $\partial X^* / \partial h$ er usikker. Det er derfor ikke slik at et hardere sjøfiske automatisk reduserer bestanden. Den direkte effekten av en høyere h er riktignok en lavere bestand, men den indirekte effekten er at elva blir mindre attraktiv for sportsfiske og etterspørselsfunksjonen skifter ned. Hvis denne effekten er sterk nok, dvs. hvis P_v har høy verdi, kan mer sjøfiske faktisk resultere i en høyere likevektsbestand.

Uavhengig av den usikre effekten på X^* , følger det at effekten på uttaket $\partial Y^* / \partial h$ vil være uklar. Det avgjørende her er om Y^* i utgangspunktet er større eller mindre enn Y_{msy} . Effekten på markedsprisen er i prinsippet også usikker i det vi får $\partial P^* / \partial h = P_D(\partial D^* / \partial h) + P_v\theta\sigma[(1-h)(\partial X^* / \partial h) - X^*]$ hvor det er både positive og negative ledd.

Ved en mer effektiv fangstteknologi, θ øker, skifter fortsatt den økologiske likevekten (3) innover i $X - D$ planet, og det samme gjør nå den økonomiske likevekten (7). Resultatet er derfor at effekten på antall fangstdager $\partial D^* / \partial \theta$ er usikker mens bestanden i tråd med intuisjonen reduseres, $\partial X^* / \partial \theta < 0$. Effekten på uttaket Y^* er også usikker, det samme er effekten på markedsprisen.

I Regime 2 hvor rettighetshaverne også kontrollerer bestandsstørrelsen, blir optimeringsproblemet å maksimere profitten både med hensyn på antall fangstdager og bestandsstørrelse. Lagrangefunksjonen tilordnet dette problemet er

$L = P(D, \theta(1-h)\sigma X)D - C(D) + \lambda[F(D) - X]$ hvor $\lambda > 0$ gir uttrykk for fiskebestandens

skyggepris⁷. Ved fortsatt antagelse om en indre løsning fås førsteordensbetingelsene $\partial L / \partial D = 0$ som gir

$$(8) \quad P(D, \theta(1-h)\sigma X) + P_D(D, \theta(1-h)\sigma X)D = C'(D) - \lambda F'(D),$$

og $\partial L / \partial X = 0$ som gir

$$(9) \quad P_v(D, \theta(1-h)\sigma X)\theta(1-h)\sigma D = \lambda.$$

Tolkningen av ligning (8) er at i optimum skal grenseinntekt ved salg av fiskekort motsvares av den ordinære grensekostnad pluss det inntektstapet som følger av redusert bestandsstørrelse ved en marginal økning i antall fiskedager evaluert ved skyggeprisen. Utrykket for skyggeprisen er gitt i ligning (9), og viser at inntektstapet ved en marginal økning i antall fangstdager skyldes fiskernes reduserte verdsetting av fisket når bestanden reduseres. En positiv skyggepris hviler derfor utelukkende på det forhold at etterspørselen skifter oppover når fangst per dag øker. Disse to betingelsene sammen med den biologiske likevektsbetingelsen (3) bestemmer simultant likevekten X^{**} , D^{**} og λ^{**} i dette regimet. De komparative statiske resultater blir nå mer komplekse enn i Regime 1, og de fleste effekter er usikre. Det er for eksempel nå slik at også fortegnet på $\partial D^{**} / \partial h$ generelt er uklart.

Betingelse (8) sammenliknet med (7) betyr at skyggeprisen settes lik null og at bestanden ikke tillegges noen verdi i Regime 1. Intuitivt skal vi derfor ha lavere bestand og høyere innsats i Regime 1 enn i Regime 2 ved samme høsting i sjøen og samme fangstteknologi. At dette stemmer kan også vises analytisk på en enkel måte⁸. Ved å kombinere betingelsene (8) og (9) vil dermed den økonomiske likevektsbetingelsen i Regime 2 skjære den biologiske likevektsbetingelsen (3) lenger ut i $X - D$ planet slik at $X^{**} > X^*$ og $D^{**} < D^*$. Av dette følger det også at $P^{**} > P^*$. Hvordan fangsten blir i Regime 2 sammenliknet med Regime 1 er

⁷ Denne tolkningen er ikke helt opplagt fordi bestandsstørrelsen fastlegges i modellen. Men hvis skranken formuleres som $F(D) - X - \tilde{X} = 0$, hvor \tilde{X} kan forstås som eksogen tilgang av fisk ('fisk satt ut'), kan det nokså enkelt vises at $\partial \pi^{**} / \partial \tilde{X} = \lambda^{**}$ hvor π^{**} symboliserer optimalt fastlagte størrelser (se hovedteksten). På dette grunnlaget tolkes λ som bestandens skyggepris.

imidlertid uklart. Det avgjørende her vil igjen være lokaliseringen av likevektene i forhold til Y_{msy} . Men profitten for rettighetshaverne vil naturligvis være høyere i Regime 2 av den enkle grunn at rettighetshaverne i Regime 2 bruker et kontrollinstrument mer.

4. Spesifiserte funksjoner og numerisk analyse

I dette avsnittet spesifiseres funksjonene i modellen og parameterverdiene i den numeriske analysen fastlegges. I simuleringene er det av særlig interesse å undersøke forskjeller i beskatning, bestandsnivå og lønnsomhet i de to forvaltningsregimene. Det er også interessant å studere hvilken effekt sjøfisket har på beskatningen i elva. Vi vil også se på effekten av ulike forutsetninger når det gjelder etterspørselsforhold og fangstteknologi.

Rekrutteringsfunksjonen spesifiseres ved den såkalte Shepherd funksjonen (Hansen *et al*, 1996; King, 1995)⁹. Når vi nytter likevektsstørrelser gir dette

$$(10) \quad R = R[(1-\theta D)(1-h)\sigma X] = \frac{aK^\gamma(1-\theta D)(1-h)\sigma X}{K^\gamma + [(1-\theta D)(1-h)\sigma X]^\gamma}$$

hvor $(1-\theta D)(1-h)\sigma X$ som nevnt er antall gytelaks. Det er tre biologiske parametere i rekrutteringsfunksjonen hvor $a > 0$ gir maksimal rekruttering per gytelaks, $K > 0$ angir det terskelnivå på antall gytefisk hvor tetthetsavhengige dødelighetsfaktorer akkurat dominerer tetthetsuavhengige dødelighetsfaktorer, mens $\gamma > 0$ bestemmer i hvor stor grad tetthetsavhengige dødelighetsfaktorer kompenserer for økning i gytebestanden (King, 1995)¹⁰

⁸ Hvis vi skriver (8) som $P(D, \theta(1-h)\sigma X) + P_D(D, \theta(1-h)\sigma X)D = C'(D) + k$, hvor $k \geq 0$ er en skiftfaktor, og tar det totale differensial av denne likningen og likning (3), følger det at $\partial D / \partial k < 0$ og $\partial X / \partial k > 0$. Evaluert ved $k=0$, gir dette resultater som angitt i hovedteksten.

⁹ Sheperd funksjonen omslutter tre andre kjente modeller bestemt av verdien på γ i likning (10). Når $\gamma < 1$ har vi den såkalte Cushing modellen, $\gamma=1$ gir Beverton-Holt modellen mens $\gamma > 1$ representerer Ricker modellen. I den etterfølgende numeriske analysen settes $\gamma < 1$ slik at vi opererer med en Cushing rekrutteringsmodell (se også Clark, 1990).

¹⁰ Tetthetsavhengig dødelighet betyr at dødeligheten påvirkes av antallet gytelaks og lakseunger, og dødelighetsraten øker med antall individer. Tetthetsuavhengige faktorer er forhold som flomm, tørke, temperatur og predasjon. Generelt vil størrelsen på de på tetthetsuavhengige dødelighetsfaktorene variere mye, mens de tetthetsavhengige dødelighetsfaktorene som kun beskriver abiotiske og biotiske forhold varierer mindre (King, 1995).

Settes så rekrutteringsfunksjonen inn i populasjonslikningen i likevekt, som er eksplisitt gitt like før likning (3) i avsnitt, gir dette $X = 0$, og $X > 0$ som

$$(11) \quad X = F(D) = \left[\frac{s_2 a K^\gamma [(1-D\theta)(1-h)\sigma]^{1-\gamma}}{1-s_1(1-D\theta)(1-h)\sigma - s_0(1-\sigma)} - \frac{K^\gamma}{[(1-D\theta)(1-h)\sigma]^\gamma} \right]^{\frac{1}{\gamma}}.$$

Dette er en fallende funksjon i $X - D$ planet når $0 < \gamma \leq 1$, og det er en parameterverdi i dette intervallet som nyttes i simuleringene (se Appendiks). (11) skifter utover ved en høyere verdi på K og a . Fordi den økonomiske likevektsbetingelsen ikke er påvirket av disse parameterene, gir denne type skift entydig mer innsats og høyere bestand i økonomisk og økologisk likevekt. Det kan også enkelt konstateres at den biologiske likevektsbetingelsen, som antatt tidligere, skifter innover både ved en økning i fangstparameteren θ og høstingsandelen h i sjøen.

Den inverse etterspørselsfunksjonen spesifiseres på enklest mulig måte som lineært avtagende i antall fiskedager. I tillegg antar vi at kvaliteten på elva, uttrykt ved fangst per dag, skifter funksjonen uniformt opp,

$$(12) \quad P = P(D, \theta(1-h)\sigma X) = \alpha\theta(1-h)\sigma X - \beta D.$$

$\alpha = P_v > 0$ gir derfor reservasjonsprisen når fangst per dag er lik én, og har dimensjonen kr/laks, mens $\beta = -P_D > 0$ på vanlig måte uttrykker prisfølsomheten.

Endelig antar vi at det påløper en fast marginalkostnad $c > 0$ for hvert solgte dagskort og at rettighetshaverne har en fast kostnad $C_0 > 0$ for tilrettelegging av fisket. Kostnadsfunksjonen spesifiseres dermed som

$$(13) \quad C(D) = C_0 + cD.$$

Før vi fastlegger parameterverdiene skal vi se på et par analytiske resultater for den spesifiserte modellen. Setter vi inn i betingelse (7), får vi først den økonomiske likevektsbetingelsen i Regime 1 som

$$(7') \quad \alpha\theta(1-h)\sigma X - 2\beta D = c.$$

I dette regimet er det derfor en lineært stigende sammenheng mellom bestandsstørrelse og antall fiskedager, og X må være av en viss minstestørrelse for å generere et tilbud av fiskedager. En høyere reservasjonspris α skifter den økonomiske likevekten oppover, og fordi den økologiske likevekten er upåvirket gir dette entydig mer innsats og lavere bestand, $\partial D^* / \partial \alpha > 0$ og $\partial X^* / \partial \alpha < 0$. Effekten av høyere marginalkostnad for rettighetshaverne er motsatt, mens effekten av prislefølsomheten β er uklar. Av likning (7) følger også

$$(7'') \quad P = c + \beta D,$$

slik at det er en lineært stigende sammenheng mellom prisen og antall fiskedager i Regime 1.

For de gitte funksjonsformer får vi også et svært enkelt uttrykk for skyggeprisen i Regime 2 i det innsetting i likning (9) gir

$$(9') \quad \alpha\theta(1-h)\sigma D = \lambda.$$

Det er derfor en proporsjonal sammenheng mellom antall fiskedager og skyggeprisen. Vi ser også at hvis antall fangstdager reduseres som følge av økt sjøfiske, $\partial D^{**} / \partial h < 0$, blir verdien på skyggeprisen entydig lavere. Og motsatt; hvis etterspørselen skifter opp med det resultat at antall fiskedager øker, øker også verdien på skyggeprisen.

Nå over til den numeriske analysen. Som nevnt er simuleringen ment å illustrere et laksefiske i en liten lakseelv hvor de økologiske parameterverdiene er basert på beregninger for Imsa i Rogaland gjort av Hansen *et al.* (1996). Tabell A1 i Appendikset gir basisverdiene som nyttes. Etterspørsels- og kostnadsdata er også gitt her. Verdien på flere av disse parameterene er usikre, og er kalibrert med det for øye å gi realistiske størrelser på bestand og uttak.

Basisanslaget på høstingsaktiviteten i sjøen er at 30 % av gytelaksen fanges her, $h = 0.3$. Dette er noe lavere enn gjennomsnittelig fangst på landsbasis, men kan vær nokså realistisk for en liten elv (Fiske og Aas, 2001). Fordi denne parameteren er så sentral ser vi også på

effekten av andre verdier. Tabell 1 gir først resultater for Regime 1 ved ulike verdier på høstingsraten i sjøfisket mens Tabell 2 gir tilsvarende resultater for Regime 2.

Tabell 1 omtrent her

For $h = 0.3$ gir Regime 2 både en betydelig høyere profitt til grunneierne og høyere bestandsnivå. Fangststigningen gitt ved antall fiskedager er lavere i dette regimet. Fangst per dag blir derfor høyest i Regime 2. Prisen på fisket blir også høyere i dette regimet, og både høyere nivå på fangst per dag og mindre omsetning av fiskekort virker i denne retning. Alle disse resultatene er i tråd med den teoretiske modellen. Bestanden som gir størst vedvarende utbytte ved fravær av sjøfisket er $X_{msy} = 656$ (antall laks). Ved $h = 0.3$ har vi $X_{msy} = 555$.

Foruten økonomisk overfiske, finner det derfor sted også økologisk overfiske i Regime 1 for den gitte basisverdien i sjøfisket. I Regime 2 hvor rettighetshaverne har en langsiktig tidshorisont i forvaltningen, skjer ikke dette.

Tabell 2 omtrent her

Det generelle bildet er at beskatningen i sjøfisket har stor innvirkning på sportsfisket, og både profitten og prisen som grunneierne setter synker raskt med økende h i begge regimene. Økt beskatning i sjøfisket reduserer hele tiden bestanden i Regime 2, mens det motsatte skjer i Regime 1 bortsett fra når sjøfisket er svært omfattende. Som diskutert i avsnitt 3 er årsaken at nytteverdien av sportsfisket faller så mye at etterspørselseffekten dominerer den direkte negative bestandseffekten. Den økonomiske likevektsbetingelsen i Figur 2 skifter dermed hele tiden mer utover enn hva den økologiske likevektsbetingelsen skifter innover. Det sees ellers at fangsten er høyest i Regime 2 for lave verdier av h , mens det motsatte skjer når fangstraten i sjøen blir høy. Hele tiden er mer fangst ledsaget av mer fiskeinnsats i begge regimer. Dette er imidlertid ikke et selvsagt resultat, men er betinget av hvor stor fiskeinnsatsen er i forhold til den innsats som gir høyest fangst i likevekt, D_{msy} .

Tabell 2 viser også bestandens skyggepris. Vanlig intuisjon tilsier at skyggeprisen skal øke når bestanden reduseres og ressursen blir mer knapp. Men her er hele tiden en lavere bestand ledsaget av en lavere verdi på λ^{**} . Grunnen må derfor være at marginalprofitten til

rettighetshaverne reduseres med økt høsting i sjøen og større ressursknapphet. Vi har ikke vist at dette er et generelt resultat. Men for den gitte spesifisering av modellen vet vi fra likning (9') at skyggeprisen reduseres hvis fiskeinnsatsen går ned som følge av hardere sjøfiske. Og det er dette som skjer, slik at både økt h og den negative effekten høyere h har på D^{**} bidrar til lavere skyggepris. For basisverdien $h = 0.3$ blir $\lambda^{**} = 121$ (kr per laks). Dette betyr at hvis kostnadene ved å øke bestanden med en laks er lavere enn 121 kr, er kultivering/utsetting en lønnsom strategi for grunneierne.

I Tabell 3 viser profitt, konsumentoverskudd samt summen av profitt og konsumentoverskudd i elvefisket i begge regimer. Konsumentoverskuddet blir vesentlige lavere i Regime 2 enn i Regime 1, men den økte profitten mer enn utbalanserer dette for lave verdier av h slik at profitt pluss konsumentoverskudd blir en god del høyere i Regime 2. Ved en høy aktivitet i sjøen er situasjonen motsatt. Både konsumentoverskudd og samlet lønnsomhet, i likhet med profitten, reduseres ved høyere høstingsaktivitet i sjøen. Intuitivt er dette rimelige resultater, men det er vanskelig å vise at det generelt holder.

Tabell 3 omtrent her

Vi har også studert effekten av endret fangstteknologi hvor vi har nyttet verdier både høyere og lavere enn basisverdien som ligger til grunn for resultatene i Tabell 1-3 (se Appendikset). I begge regimer avtar fiskebestanden når fisket blir mer effektivt og θ øker. Men mens antall fangstdager og fiskeuttaket først øker for deretter å falle ved bruk av en mer effektiv fangstteknologi i Regime 1, øker uttaket mens antall fangstdager reduseres i Regime 2. Den viktigste forskjellen er imidlertid at mens profitten reduseres i Regime 1, øker profitten i Regime 2 når θ får en høyere verdi. Marginalprofitten øker også slik at skyggeprisen hele tiden blir høyere. Som tidligere nevnt er fangstparameteren θ normalt høyere i slukfiske enn i fluefiske. For den gitte modellspesifikasjon og parameterverdier vil derfor et fluefiske gi størst profitt i Regime 1, mens et slukfiske gir størst profitt i Regime 2.

Effekten av endrete etterspørselsesforhold er til slutt undersøkt, og dette er simulert ved skift i reservasjonsprisen α . Resultatene her er entydige, og i begge regimer reduseres bestanden, antall fiskedager går opp, og prisen og profitten øker når α skifter opp. Forskjellen er at bestandseffekten er langt sterkere i Regime 1 enn i Regime 2.

5. Noen forvaltningsimplikasjoner

I denne studien har vi formulert en enkel bioøkonomisk modell for å analysere et sportsfiske av *Salmo salar* i en elv. Det er hele tiden antatt biologisk likevekt. Som i alle fiskerier er det noe urealistisk over denne antagelsen, men denne type analyse kan gi innsikt i hvordan grunnleggende drivkrefter som markedsforhold, teknologi og uttak i sjøen påvirker høsting, bestand og lønnsomhet i elvefisket. Etterspørselen i sportsfisket er gitt ved en veldefinert fallende etterspørselskurve i antall fiskedager, men avhenger også av 'hvor god' elva er. Det er ikke gjort noe forsøk på å forklare sjøfisket, og aktiviteten her tas som gitt.

Ettersom det både i Regime 1 og Regime 2 antas monopoltilpasning vil ingen av regimene representere en samfunnsøkonomisk effektiv forvaltning. Gitt at kun høstingsverdien av laksen er av betydning, og gitt at målsettingen er størst mulig uvektet sum av konsumentoverskudd og profitt, vil den sosiale planleggers løsning på forvaltningsproblemet av elvefisket, igjen ved gitt sjøfiske, være å anlegge et langsiktig ressursforvaltningsperspektiv samt å tilpasse fiskeinnsatsen uten bruk av monopolmakt. Denne type forvaltning vil være karakterisert ved likning (9) samt at pris settes lik ordinær grensekostnad pluss marginal bestandskostnad evaluert ved skyggeprisen, slik at

$$(14) P(D, \theta(1-h)\sigma X) = C'(D) - \lambda F'(D)$$

erstatte likning (8). Sammenliknet med Regime 2, gir dette lavere bestand, flere fiskedager, og lavere pris.

Nå er det imidlertid slik at villaksen i tillegg er bærer av andre verdier enn selve høstingsverdien, for eksempel eksistensverdi (NOU 1999:9). Og om denne type verdi hadde blitt tatt hensyn til, er det ikke utenkelig at den sosiale planleggers løsning ville gitt større bestand og mindre fiskeinnsats enn i Regime 2 (og i Regime 1). Det er derfor behov for å diskutere virkemidler for å regulere den til dels truede *Salmo salar*, og analysen vår har avdekket en del viktige forhold når det gjelder regulering med bestandsmål som siktepunkt. Flere av disse virkemidlene kan sees i sammenheng med anbefalingen fra Villaksutvalget (NOU 1999:9).

For det første gir sjøfisket generelt usikre virkninger. En regulering av sjøfisket vil derfor gi en uklar bestandseffekt, og effekten av dette virkemidlet vil avhenge av hvor følsom markedsetterspørselen er ovenfor 'hvor god' elva er. Hvis denne effekten er av stor betydning kan et redusert sjøfiske gi en så stor økning i innsats i elvefisket at nettoresultat blir mer samlet fiskeinnsats og en lavere bestand.

For det andre viser analysen helt klart betydningen av at det settes inn virkemidler for å koordinere ressursforvaltningen for å få rettighetshaverne til å tenke langsiktig. Regime 1 kan lett resultere i en innsats som kanskje er 50 % høyere og en bestand som er 30 % lavere enn i Regime 2. Rettighetshaverne har også klare incentiver til koordinert ressursforvaltning i det lønnsomheten synes å bli betydelig forbedret. På den annen side reduseres konsumentoverskuddet for sportsfiskerne slik at fiskerne taper på denne typen regulering, og markedsprisen i Regime 2 kan kanskje fordobles sammenliknet med Regime 1.

For det tredje vil mindre effektiv fangstredskap og restriksjoner på bruk av fangstredskap alltid virke i retning av høyere bestand. Dette er et standard resultat innen alle fiskerier. Men en noe spesiell tilleggseffekt vi finner er at denne type restriksjon kan være ledsaget av høyere profitt for rettighetshaverne. Effekten på konsumentoverskuddet er uklart. En direkte regulering av fangstinnsetningen, her i form av antall dager, vil også alltid virke i retning av mer fisk. Men dette vil generelt både gi lavere konsumentoverskudd og lavere profitt. Fordelen med dette virkemidlet sammenliknet med regulering av fangstredskap er at håndhevingen nok er lettere.

En indirekte reguleringsmulighet er åpenbart å beskatte omsetningen av fiskekort. En endret kostnadsfunksjon fra $C(D)$ til $[C(D) + tD]$ hvor t er avgift per fiskedag, vil skifte den økonomiske likevektsbetingelsen ned (igjen, se Figur 2). Resultatet er en høyere bestand og mindre fiskeinnsats i begge regimer. Hvis vi tror at rettighetshavernes tilbud av fiskeinnsats er drevet av profittmaksimerende atferd, og det er antatt her, vil derfor denne type indirekte virkemiddel være bestandsregulerende. Et tilleggsargument for skattlegging er at det ikke er urimelig at landeierne ved elva, som kun i kraft av denne fysiske eiendomsrettigheten er rettighetshavere til fisket, innkreves en ressursskatt for utnyttelsen av en naturressurs som grunnleggende sett er et felleseie. Denne skatten vil naturligvis også i en viss grad overveltes på sportsfiskerne, og effekten som bestandsregulerende virkemiddel vil på vanlig måte hvile på hvor elastisk etterspørsel som tilbud er. Ved for eksempel en avgift på 10 kr når $h = 0.3$,

øker døgnprisen for fiskerne fra 288 til 293 kr mens antall fangstdager reduseres fra 221 til 217 (se også Tabell 2). En avgift på 25 kr per dag betyr at prisen stiger fra 288 til 299, mens antall fiskedager reduseres fra 221 til 211. For de gitte parameterverdier en nokså moderat overvelting.

Litteratur

- Anderson, Lee G. (1983): «The demand curve for recreational fishing with an application to stock enhancement activities». *Land Economics*, 59, 279-286.
- Anderson, Lee G. (1993): «Toward a complete economic theory of the utilization and management of recreational Fisheries». *Journal of Environmental Economics and Management* 24, 272-295.
- Bishop, Richard C. og Samples, Karl C. (1980): «Sport and commercial fishing conflicts: A theoretical analysis». *Journal of Environmental Economics and Management* 7, 220-233.
- Charles, Anthony T. og Reed, William J. (1985): «A bioeconomic analysis of sequential fisheries: Competition, coexistence, and optimal harvest allocation between inshore and offshore Fleets». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, 952-962.
- Clark, Colin W. (1990): «*Mathematical bioeconomics. The optimal management of renewable resources*». John Wiley & sons, New York.
- Cook, B. A. og McCraw, R. L. (1996): «Sport and commercial fishing allocations for the Atlantic salmon fisheries of the Miramichi River». *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 44, 165-171.
- Fiske, Peder og Aas, Øystein (red.) (2001): «*Laksefiskeboka: om sammenhenger mellom beskatning, fiske og verdiskapning ved elvefiske etter laks, sjøaure og sjørøye*». Norsk Institutt for Naturforskning (NINA), Trondheim.
- Hansen, Lars Petter, Jonsson, Bror og Jonsson, Nina (1996): «*Overvåkning av laks fra Imsa og Drammenselva*». NINA Oppdragsmelding nr. 401.
- Johannesen, Anne B. (2003): «*Essays on the economics of African wildlife utilization and management*». Dr.polit avhandling Dep. of Economics NTNU, Trondheim
- King, Michael (1995): «*Fisheries biology, assessment and management*». Fishing News Books, London
- Laukkanen, Marita (2001): «A bioeconomic analysis of the northern Baltic salmon fishery: Coexistence versus exclusion of competing sequential fisheries». *Environmental and Resource Economics* 18, 293-315.
- Lee, Stuart-Todd (1996): «*The economics of recreational fishing*», University of Washington, Seattle.
- Logstein, Rune (2002): «*Sportsfiske etter laks: En bioøkonomisk analyse*». Hovedoppgave Institutt for samfunnsøkonomi NTNU, Trondheim.
- McConnel, Kenneth E. og Sutinen, Jon G (1979): «Bioeconomic models of marine recreational fishing». *Journal of Environmental Economics and Management* 6, 127-139.
- Mills, Derek (1989): «*Ecology and management of Atlantic salmon*». Chapman and Hall, London.
- NOU 1999:9: «*Til laks åt alle kan ingen gjera? Om årsaker til nedgangen i de norske villaksbestandene og forslag til strategier og tiltak for å bedre situasjonen*». Statens forvaltningstjeneste, Oslo.
- Rosenman, Robert (1991): «Impacts of recreational fishing on the commercial sector: an empirical analysis of Atlantic mackerel». *Natural Resource Modeling* 5, 239-257.
- Solomon, D. J. (1985): «Salmon stock and recruitment, and stock enhancement». *Journal of Fish Biology* 27 (supplement A), 45-57.
- Smith, Vernon (1975): «The primitive hunter culture, pleistocene, extinction, and the rise of agriculture». *Journal of Political Economy* 83, 727-755.
- Strand, Jon (1981): «*Beregning av samfunnsøkonomisk verdi av fisket i Gaulavassdraget*», Memorandum Institutt for økonomi Universitet i Oslo, Oslo

Appendiks

Data og beregningsgrunnlag numerisk analyse

Parameterne i rekrutteringsfunksjonen a , K og γ er basert på beregninger i Hansen *et al.* (1996). Gyteandelsparameteren σ er satt lik 0.85 på bakgrunn av informasjonen i Hansen *et al.* (1996) om den høye andelen ensjøvinterlaks i Imsa. Andelen av gytelaksen som gyter to ganger s_1 er også satt forholdsvis høyt. Dette synes å være et fellestrekk ved små elver, og i følge Peder Fiske (personlig meddelelse) kan andelen andregangs gytere i Imsa være 0.25. Se også Mills (1989) for en diskusjon. Andelen overlevende smolt under utvandring gitt ved s_2 er usikker. I NOU 1999:9 og Mills (1989) hevdes det at typisk 25 – 50 % av smolten dør under utvandring. For Imsa antyder Hansen *et al.* (1996) en noe høyere dødelighet, og vi bruker $s_2 = 0.40$. Andelen laks som overlever i havet gjennom ett år også usikker. I NOU 1999:9 og Mills (1989) hevdes det at den naturlige dødeligheten i havet er stor, og vi bruker $s_0 = 0.50$.

Etterspørselskoeffisientene α og β , kostnadsparametrene c og C_0 og fangstparameteren θ er alle gitt anslagsmessig og kalibrerer modellen slik at simuleringene gir rimelige resultater. Spesielt ønsker vi for midlere nivåer på høstingsraten i sjøfisket å få en pris på dagskort av størrelsesorden 100 – 300 kr, noe som synes å være en nokså vanlig pris (Fiske og Aas, 2001). Vi ønsker også å få et nivå på fangst per fiskedag i intervallet 0.5 – 1, noe som heller ikke er uvanlig (Fiske og Aas, 2001; Mills, 1989). Kostnadene for å drive fisket for rettighetshaverne i en liten lakseelv er antatt å være nokså beskjedne, og de valgte verdier på c og C_0 reflekterer dette. Høstingsraten i sjøfisket er det også knyttet usikkerhet til. Fiske og Aas (2001) gir enkelte anslag som naturlig nok varierer mye fra sted til sted. Vi nytter verdien 0.3 som basisverdi. Tabell A1 gir alle parameterverdiene.

Tabell A1 omtrent her

Tabell 1

Regime 1. Profitt π (1000 kr), bestand X (antall laks), fiskeinnsats D (dager), pris P (kr per fiskedag), fangst sportsfisket Y (antall laks), fangst per dag Y/D (laks per dag) og høstingsrate elva y . Variabel høstingsrate sjøfisket h .

h	0	0.1	0.3	0.5	0.7
π^*	46	43	32	18	2
X^*	371	400	462	515	513
D^*	385	371	331	256	138
P^*	158	153	139	113	73
Y^*	279	262	209	129	42
Y^*/D^*	0.73	0.70	0.63	0.50	0.30
y^*	0.89	0.85	0.76	0.59	0.32

Tabell 2

Regime 2. Profitt π (1000 kr), bestand X (antall laks), fiskeinnsats D (dager), pris P (kr per fiskedag), fangst sportsfisket Y (antall laks), fangst per dag Y/D (laks per dag), høstingsrate elva y og skyggepris λ^{**} (kr per laks). Variabel høstingsrate sjøfisket h .

H	0	0.1	0.3	0.5	0.7
π^{**}	112	91	53	23	2
X^{**}	748	720	666	610	534
D^{**}	246	240	221	184	113
P^{**}	500	424	288	175	87
Y^{**}	360	304	201	110	36
Y^{**}/D^{**}	1.46	1.23	0.91	0.60	0.32
y^{**}	0.57	0.55	0.51	0.42	0.26
λ^{**}	193	169	121	72	27

Tabell 3

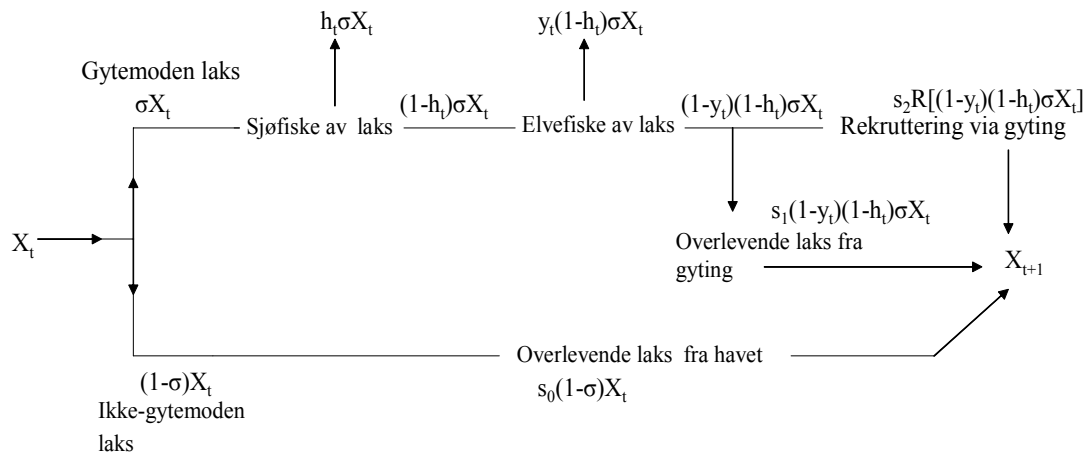
Regime 1 og Regime 2. Profitt π (1000 kr) og konsumentoverskudd KO (1000 kr) i elvefisket. Variabel høstingsrate sjøfisket

H	0	0.1	0.3	0.5	0.7
π^*	46	43	32	18	2
KO^*	25	24	19	11	3
$(\pi^* + KO^*)$	71	67	51	29	5
π^{**}	112	91	53	23	2
KO^{**}	10	10	9	5	2
$(\pi^{**} + KO^{**})$	122	101	62	28	4

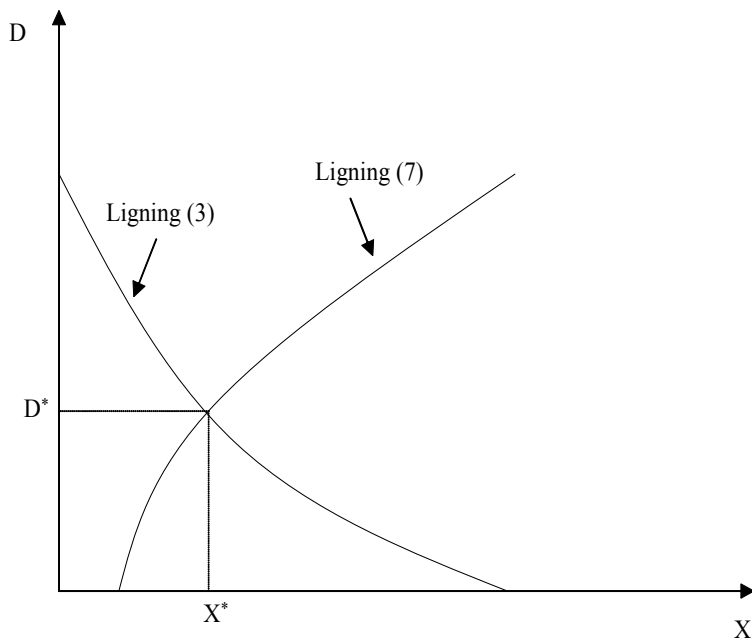
Tabell A1

Økologiske og økonomiske parameterverdier.

Parameter	Parameterbeskrivelse	Verdi
a	Maksimal rekruttering per gytelaks	124 (smolt per gytelaks)
K	Nivå antall gytelaks hvor tetthetsbestemt dødelighet dominerer tetthetsuavhengige dødelighet	5.3 (antall gytelaks)
γ	Styrke i tetthetsavhengig dødelighetskompensasjon	0.77
σ	Andel av laksebestanden i havet som gytevandrer	0.85
s_0	Andel av ikke kjønnsmoden laks i havet som overlever gjennom vinteren	0.50
s_1	Andel av laksen som gyter to ganger	0.25
s_2	Andel smolt som overlever utvandringen mot havet	0.40
α	Reservasjonspris ved fangst per dag lik èn	400 (kr/laks)
β	Priseffekt etterspørsel	0.345 (kr/dag ²)
c	Enhetskostnad per solgte dagskort rettighetshaverne	25 (kr/dag)
C_0	Fast kostnad rettighetshaverne	5000 (kr)
θ	Fangstkoeffisient i høstingsfunksjonen (basisverdi)	0,0023 (1/dag)
h	Høstingsrate i sjøfisket (basisverdi)	0.30



Figur 1: Populasjonssammenhengen



Figur 2: Økonomisk og biologisk likevekt. Regime 1

