

SNF rapport nr. 11/05

MARKEDSBASERT FORVALTNING AV SEI

av

Stein Ivar Steinshamm

SNF prosjekt nr. 5301: ”Markedstilpassede høstingsstrategier”.

Prosjektet er finansiert av Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS

SAMFUNNS- OG NÆRINGSLIVSFORSKNING AS
BERGEN, MARS 2005

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale
med KOPINOR, Stenergate 1, 0050 Oslo.
Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale
og i strid med åndsverkloven er straffbart
og kan medføre erstatningsansvar.

ISBN 82-491-0351-3
ISSN 0803-4036

FORORD

Denne rapporten er et resultat av prosjektet "Markedstilpassede høstingsstrategier" finansiert av FHF (Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond). Prosjektet er koordinert av Fiskeriforskning i Tromsø og prosjektleder har vært Bent Dreyer. Jeg er takknemlig for kommentarer fra medlemmene av referansegruppa for dette prosjektet og spesielt fra forsker John R. Isaksen ved Fiskeriforskning. Alle gjenværende feil og mangler ved denne rapporten er imidlertid undertegnedes ansvar.

Bergen, mars 2005

Stein Ivar Steinshamn

1. INNLEDNING

Målet med denne rapporten er todelt. Dels er det å se på optimal forvaltning av sei når vi tar hensyn til at prisen varierer med landet kvantum, og at valget av prisfunksjon og kostnadsfunksjon avhenger av hvor i verdikjeden vi befinner oss. Med optimal forvaltning menes den optimale størrelsen på uttaket. Det andre målet er å analysere hvor stor ressursrente som er knyttet til fangst av sei og hvordan denne potensielt kan økes ved å omfordeles mellom fartøygrupper og ved en optimal tilpasning av flåten. Det første målet er altså å bestemme det optimale fangstuttaket ut fra bioøkonomiske, markedsmessige kriterier og det andre er å bestemme hvordan denne totalfangsten på en best måte kan fiskes med hensyn til fordeling mellom fartøygrupper, flåtestruktur osv.

Til det første målet brukes en såkalt feedbackmodell som beregner optimal fangst som en funksjon av fiskebestanden når en har endogene parametre i målfunksjonen. Med endogene parametre menes for eksempel at prisene endrer seg som en følge av hvilke valg en foretar. Det samme kan gjelde kostnadsparametrene. Metoden som brukes er optimal kontrollteori. Det gjør at en kan ta hensyn til bestandens vekstfunksjon så vel som økonomiske sammenhenger slik at det blir en genuint bioøkonomisk modellformulering. På denne måten vil kravet om bærekraftig utnyttelse av ressursen ikke bare bli et mål men en grunnleggende forutsetning for alt som blir foretatt.

For å oppfylle den andre målsettingen brukes en lineær programmeringsmodell. Dette er en statisk optimeringsmodell som beregner antall fartøy i hver fartøygruppe og hvordan fangsten best skal fordeles mellom fartøygruppene for å maksimere nettoinntekta fra fisket. Nettoinntekt blir definert som brutto fangstverdi minus variable kostnader knyttet til fangsten og minus de faste kostnadene knyttet til hvert enkelt fartøy. De grunnleggende bibetingelsene som må være oppfylt er at totalkvoten for hvert fiskeslag ikke må overskrides og at fartøyene ikke fisker mer enn de har kapasitet til. De variable kostnadene omfatter kostnader knyttet til selve fisket slik som arbeidsgodtgjørelse, drivstoff, proviant osv. De faste kostnadene inkluderer først og fremst kapitalkostnadene knyttet til fartøyet samt forsikring. Med denne modellen er det fullt mulig å ta hensyn til at hver fartøygruppe fisker mange forskjellige fiskeslag, men i denne rapporten vil vi konsentrere oss om sei.

Disse to modellene utfyller hverandre på en god måte siden den ene brukes til å bestemme totalfangsten mens den andre brukes til å bestemme hvordan en best mulig tar opp den gitte totalfangsten. Totalfangsten fra den første modellen blir med andre ord input til den andre modellen.

2. FEEDBACKMODELLEN

Den modellen som benyttes her er basert på optimal kontrollteori som er en av flere metoder for dynamisk optimering. Men svært mange av modellene og resultatene som er basert på optimal kontrollteori er lineære, og disse gir som resultat såkalte bang-bang løsninger. Med lineær modell menes her at alle de økonomiske parametrene i modellen, så som priser og kostnader, er konstante og gitt utenfra. Bang-bang løsning vil si at modellen finner en optimal likevektssituasjon, altså en kombinasjon av fangstnivå og bestandsnivå som er optimal og bærekraftig, og at man fortrest mulig bør komme seg dit. Problemet med dette er at denne optimale likevekten kan være svært langt unna dagens situasjon, og at en raskest mulig tilnærming som oftest er et urealistisk alternativ selv om det teoretisk sett er optimalt. Grunnen til dette er at en raskest mulig oppbygging av bestanden, hvis dagens bestand er mindre enn den optimale slik tilfellet som oftest er, er null fangst. Det sier seg selv at det å gå fra dagens situasjon og over til null fangst vil medføre alvorlige implikasjoner av økonomisk og sosial karakter og derfor er et urealistisk alternativ. Denne typen modell er altså for alle praktiske formål statisk ettersom den kun sier noe hvilken likevekt en skal til og ikke noe om hvordan en skal komme seg dit, i hvert fall ikke noe som er praktisk brukbart. Hvis bestanden mot formodning skulle være høyere enn det som er optimal likevekt, tilsier en bang-bang løsning at den blir redusert så raskt som mulig, dvs. så stor fangst som overhodet mulig.

Ikke-lineære modeller på den annen side er genuint dynamiske. Grunnen til dette er at de ikke bare foreskriver en optimal likevekt men også en tilnærming til denne likevekten som både er realistisk og optimal. Med ikke-lineær modell menes en modell der de økonomiske parametrene i større eller mindre grad avhenger av de valgene en gjør. For eksempel at prisen en får blir høyere hvis en reduserer fangsten eller at kostnadene knyttet til hvert fartøy blir høyere desto flere fartøy som deltar i fisket. Slike ikke-lineariteter gjør at vi kan få en avveining mellom blant annet pris og inntekt. Null fangst gir garantert null inntekt selv om dette er den raskeste måten å bygge opp igjen en bestand på. Litt fangst derimot gjør at bestanden bygger seg opp senere enn ved null fangst, men til gjengjeld kan dette gi en meget

god pris, og vi får derfor en avveining mellom å utnytte denne høge prisen og hvor raskt en ønsker å bygge opp bestanden.

Ikke-lineære modeller gir altså en optimal løsning med en viss fangst selv når bestanden skal bygges opp bare bestanden i utgangspunktet er over et visst nivå. Dette nivået blir kalt fangstmoratorienivået for bestanden, og dette blir bestemt av modellen. I praksis har det vist seg at det moratorienivået som kommer ut av slike bioøkonomiske modeller, samsvarer godt med det moratorienivået biologene foreskriver basert på rent biologiske betraktninger. Grunnen til dette er at bærekraftig utnyttelse er en fundamental forutsetning også i de bioøkonomiske modellene.

Problemet med ikke-lineære modeller er at de har blitt ansett som vanskelig å løse mens de lineære modellene er lette å løse. Å finne den optimale likevekten er ikke spesielt vanskelig i noen av modellene bortsett fra at ikke-lineære modeller kan ha flere potensielle kandidater for likevekt hvorav vanligvis bare en er den optimale. Tilnærmingen til likevekt derimot har tradisjonelt blitt ansett for vanskelig å finne i det ikke-lineære tilfellet mens det i det lineære tilfellet er en enkel strategi som skissert over, nemlig bang-bang løsningen. Spesielt er det blitt ansett som vanskelig å finne løsningen som en feedback. Med feedback menes her at en finner optimal fangst direkte som en funksjon av bestanden. Fordelen med dette er at en bare trenger et noenlunde riktig anslag på bestandsnivået så vet en også hva optimalt uttak bør være. Hvordan bestandsnivået er blitt slik det er blitt spiller ingen rolle, for eksempel om det skyldes mislykket forvaltning (eller mangel på forvaltning) i fortiden eller naturlige svingninger. Hver gang en ny kvote skal bestemmes anses som tidspunkt null, og tilfeldige svingninger i bestanden blir derfor umiddelbart blir tatt hensyn til når en ny kvote skal fastsettes.

Hvordan problemet med å løse feedbackmodellen rent matematisk er overkommet, er vist for eksempel i Sandal og Steinshamn (2001).

2.1 *Biologisk submodell*

For å etablere en bioøkonomisk modell av typen som er beskrevet over trengs både biologiske og økonomiske data. De biologiske dataene trengs for å etablere en funksjon for populasjonsutviklingen til bestanden. Denne funksjonen er gitt ved

$$\frac{dx}{dt} = f(x) - h \quad (1)$$

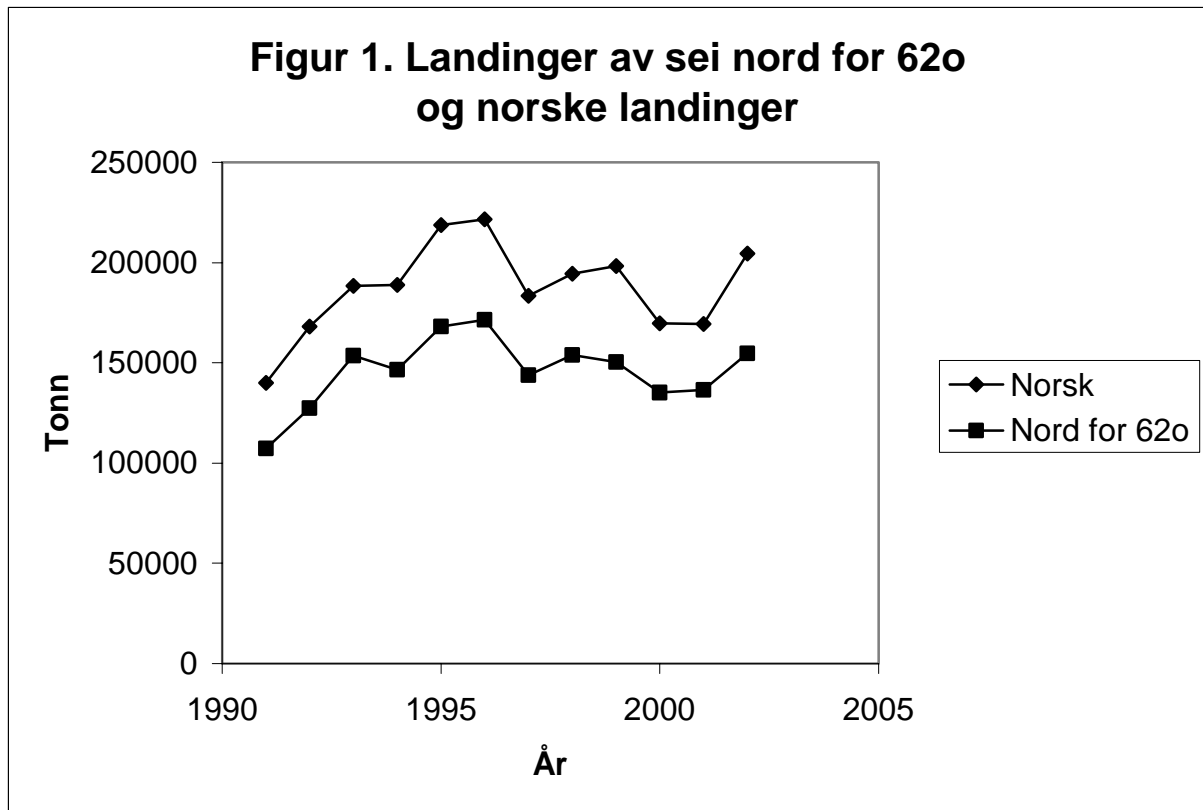
hvor x er bestandstørrelse, h er høsting, $f(x)$ er tilvekstfunksjonen og dx/dt er endringen. I likevekt er endringen lik null. For å estimere denne funksjonen trengs data for total bestandsstørrelse og totale landinger. Et estimat for tilveksten finner en da som endringen i bestanden fra en periode til neste minus fangsten som har vært i denne perioden. Disse er gitt i Tabell 1.

Dataene i Tabell 1 er hentet fra ICES (2003) og viser total fangst og bestand av sei nord for 62° N. Den norske fangsten av denne har de siste årene utgjort rundt 90 prosent av totalfangsten. I tillegg kommer fangst av sei i Nordsjøen som de siste årene har variert fra 40 000 tonn til 80 000 tonn. De totale norske landingene har i gjennomsnitt vært 28 prosent høyere enn den totale fangsten av sei nord for 62° N over de siste 10 år med en variasjon fra 24 til 32 prosent. Figur 1 viser fangst av sei nord for 62° N og totale norsk fangst.

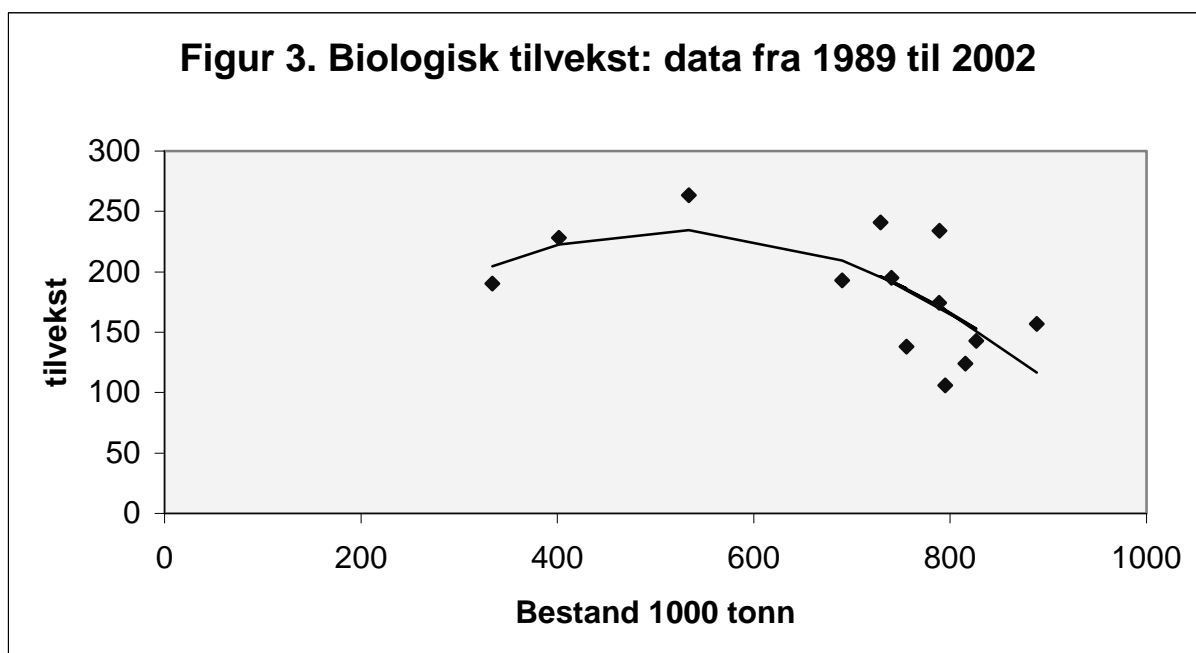
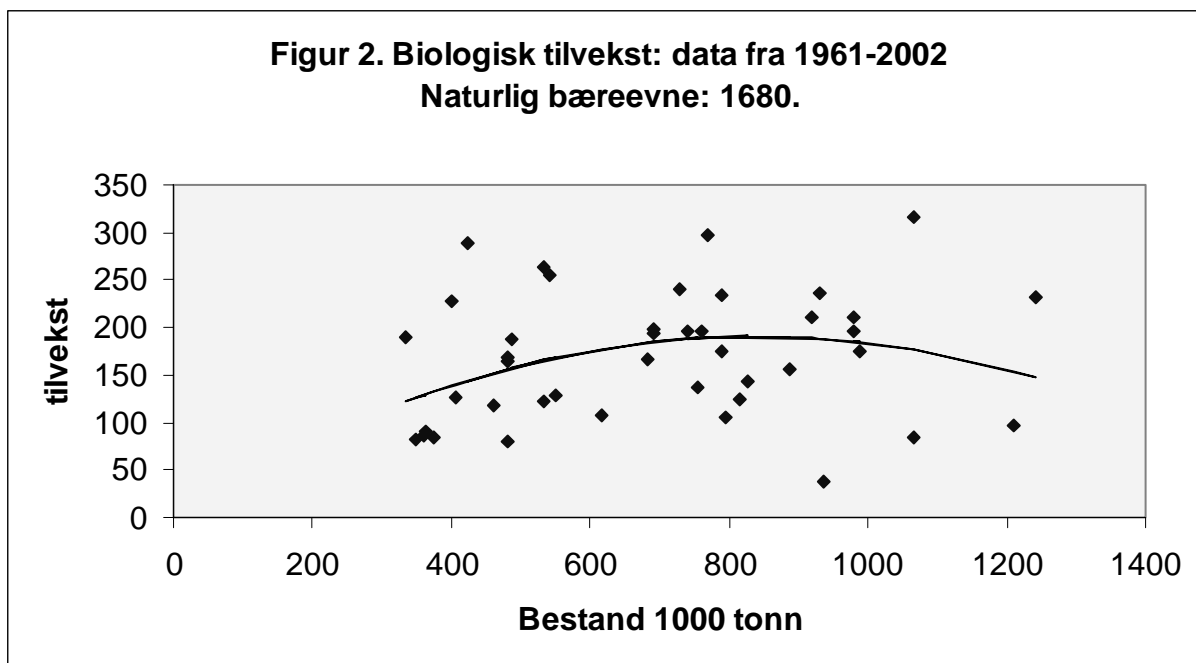
På bakgrunn av disse dataene har en estimert tilvekstfunksjonen for bruk i feedbackmodellen. Dersom en bruker hele perioden med data fra 1961 til 2002 blir det vanskelig å finne en god sammenheng mellom tilvekst og bestand. Grunnen til dette er at det over en så lang periode har vært store variasjoner i andre forhold som også påvirker tilveksten så som temperatur og klima, oseanografiske forhold, økologiske forhold med videre. Spesielt kan det ha vært ulike regimer som har vart i kortere eller lengre perioder og overgangsfaser mellom regimene. Hvis vi ser på data for kortere perioder blir det derfor ofte enklere å finne sammenhenger, og her er det rimeligvis de nyeste dataene som er mest representative.

Tabell 1. Fangst, bestand og tilvekst av sei i perioden 1961 - 2002

År	Biomasse	Fangst	Tilvekst
1961	541	106	188
1962	691	121	256
1963	770	149	199
1964	918	197	297
1965	931	186	210
1966	981	204	236
1967	987	181	210
1968	980	110	174
1969	1066	140	196
1970	1243	265	317
1971	1211	241	233
1972	1067	214	98
1973	937	214	84
1974	761	274	37
1975	682	233	196
1976	616	242	167
1977	480	183	107
1978	462	154	165
1979	425	164	117
1980	549	145	289
1981	534	176	129
1982	481	168	123
1983	482	157	169
1984	405	159	80
1985	373	107	127
1986	350	70	84
1987	362	92	82
1988	361	114	91
1989	334	122	87
1990	402	96	190
1991	534	107	228
1992	690	128	263
1993	756	154	193
1994	740	147	138
1995	789	168	195
1996	795	171	174
1997	729	144	106
1998	827	154	241
1999	816	150	143
2000	789	135	124
2001	888	136	234
2002	909	155	157



Figurene 2 og 3 viser tilvekstfunksjonen og de tilhørende dataene estimert for henholdsvis hele perioden 1961 - 2002 og den kortere perioden 1989 - 2002.



Disse figurene viser den estimerte tilvekstfunksjonen og de tilhørende datapunktene. Som en ser er spredningen av datapunktene rundt kurva mye større i Figur 2 enn i Figur 3. Dette er i samsvar med hypotesen som ble fremsatt over. Når man ser på de statistiske egenskapene til

parametrene blir dette understreket ytterligere. Funksjonene i figurene 2 og 3 er henholdsvis gitt ved

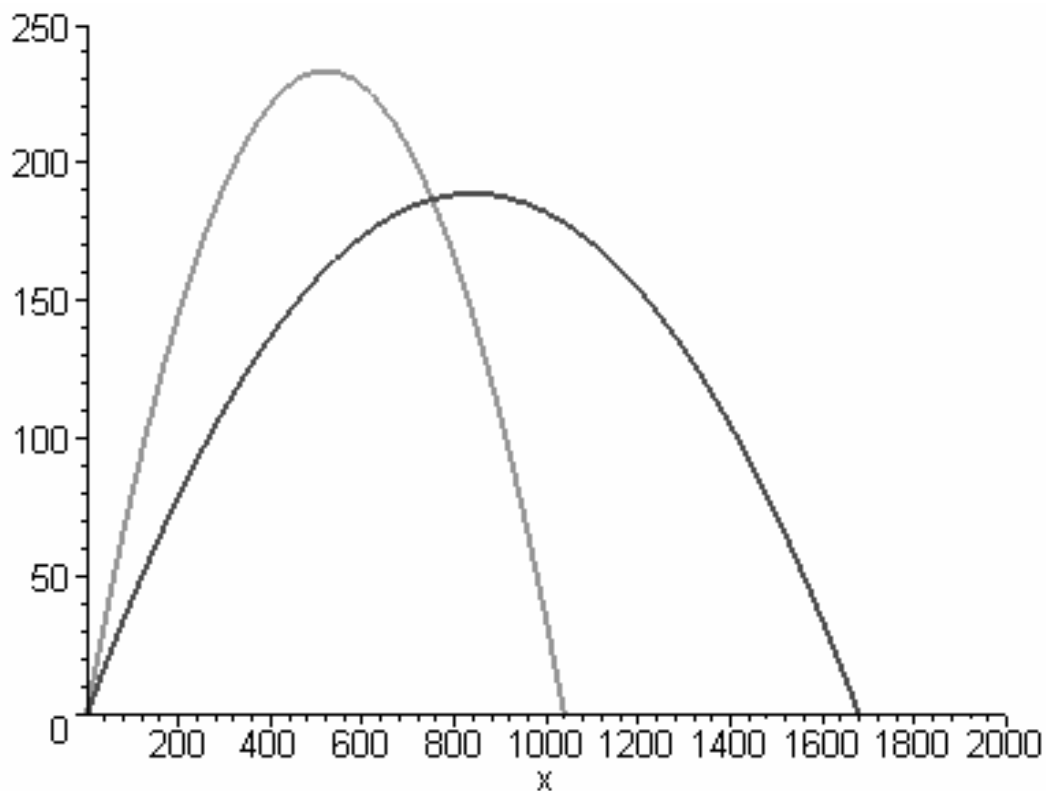
$$f(x) = 0,45x \left(1 - \frac{x}{1680} \right) \quad (2)$$

og

$$f(x) = 0,90x \left(1 - \frac{x}{1039} \right). \quad (3)$$

Disse funksjonene er illustrert sammen i Figur 4.

Figur 4. De biologiske vekstfunksjonene gitt ved likningene (2) og (3); likning (2) har det laveste topp-punktet og ligger lengst til høyre. På den vertikale akse måles tilveksten i 1000 tonn.



Vi ser at dette er vekstfunksjoner av den såkalte logistiske typen på formen:

$$f(x) = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right) \quad (4)$$

hvor r blir kalt den indre vekstraten til bestanden og K er det maksimale nivået bestanden kan nå dersom den ikke blir høstet fra. Den indre vekstraten er også den maksimale vekstraten bestanden kan ha, og det skjer når bestanden er nær null. I det siste tilfellet har vi altså en vekstfunksjon med høyere vekstrate men med lavere maksimal bestand. Det gjør at maksimal vedvarende fangst (maximum sustainable yield = msy) blir høyere i det siste tilfellet. Maksimal vedvarende fangst er nemlig gitt som $rK/4$ ved et bestandsnivå lik $K/2$, altså ved et bestandsnivå lik halvparten av den maksimale bestanden uten fangst. I det første tilfellet tilsvarer det et uttak på ca. 190 000 tonn ved en bestand på 840 000 tonn mens i det andre tilfellet snakker vi om en fangst på 234 000 tonn ved en bestand på 520 000 tonn. Den optimale vedvarende fangsten som følger fra feedbackmodellen vil typisk være mer konservativ, dvs. en noe lavere fangst tatt ved et høyere bestands nivå.

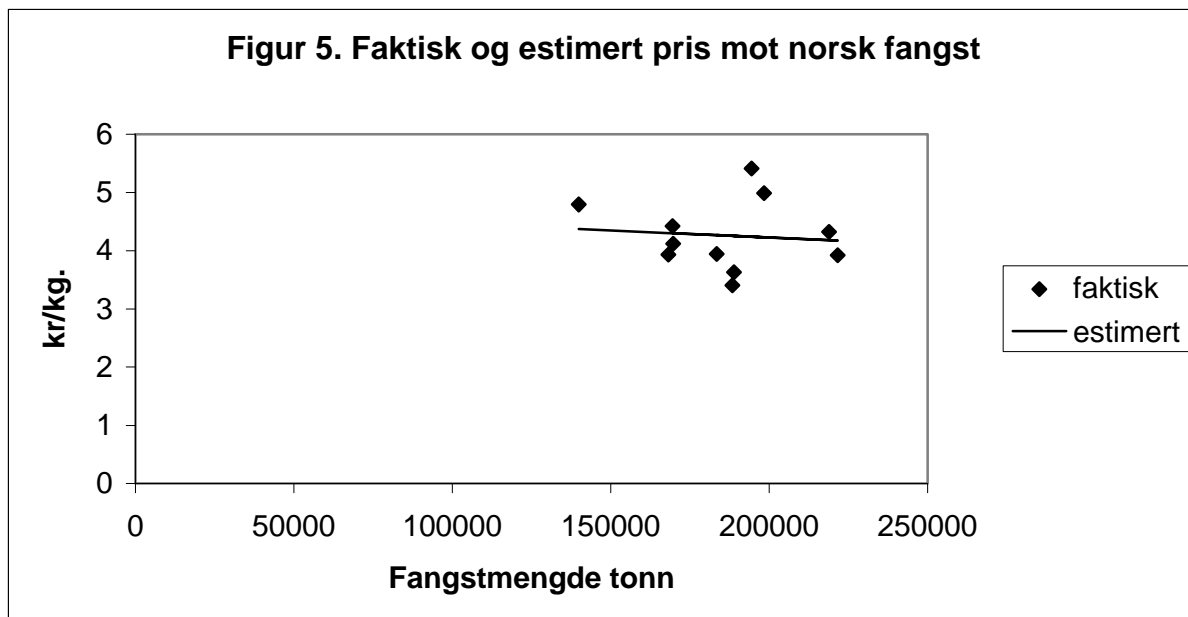
2.2 Økonomisk submodell

Den økonomiske submodellen består av en inntektsdel og en kostnadsdel. Inntekten er pris multiplisert med kvantum, dvs. verdien av fangsten, og kostnadene er driftskostnader i fangsten samt eventuelle kostnader ved videreforedling avhengig av hvor i verdikjeden en befinner seg. Et alternativ vi vil se på er å konsentrere oss om merverdien ved videreforedling og se bort fra kostnadene, og se hvilke konsekvenser dette har for optimal forvaltning.

2.2.1 Inntekt

Prisene blir her beregnet på bakgrunn av norske landinger mens populasjonsdynamikken som er vist i forrige avsnitt, er basert på sei nord for 62°. Som vi ser av Figur 1 er det imidlertid en sterk samvariasjon mellom norske landinger og totale landinger av sei nord for 62°. Dette sørger for konsistens i feedbackmodellen.

Neste figur viser førstehåndsverdien av norske landinger og kvantum av norske landinger samt den estimerte prisen som blir benyttet i modellen.



Den estimerte etterspørselen som er vist her er gitt ved likninga

$$p(h) = 4,7 - 0,00238 \cdot h \quad (5)$$

hvor p er prisfunksjonen og h er fangst som tidligere når norske landinger brukes til å estimere prisen og måles i 1000 tonn. Det mest korrekte er imidlertid å bruke totale landinger nord for 62°, og da blir prisfunksjonen

$$p(h) = 4,99 - 0,005 \cdot h . \quad (6)$$

Det er den siste som brukes i beregningene i feedbackmodellen. Prisen på sei avhenger selvsagt av flere faktorer enn bare mengden sei som landes . For eksempel avhenger prisen av sei nord for 62° også av mengden nordsjøsei som landes og i tillegg mengden av nære substitutter på markedet. Nære substitutter kan i prinsippet være all hvitfisk på markedet. Imidlertid viser dataene at en kan finne signifikante sammenhenger mellom pris og kvantum når en konsentrerer seg om førstehåndsmarkedet, dvs. førstehåndsprisen og mengden som landes på kaia. Etterhvert som produktene foredles, blir sammenhengen mellom pris og kvantum svakere. Vi kommer tilbake til denne problematikken i senere avsnitt.

2.2.2 Kostnader

I mangel av gode data for kostnadene, bruker vi kalibreringsmetoden for å finne kostnadsfunksjonen. Kostnadsfunksjonen vi bruker her har formen

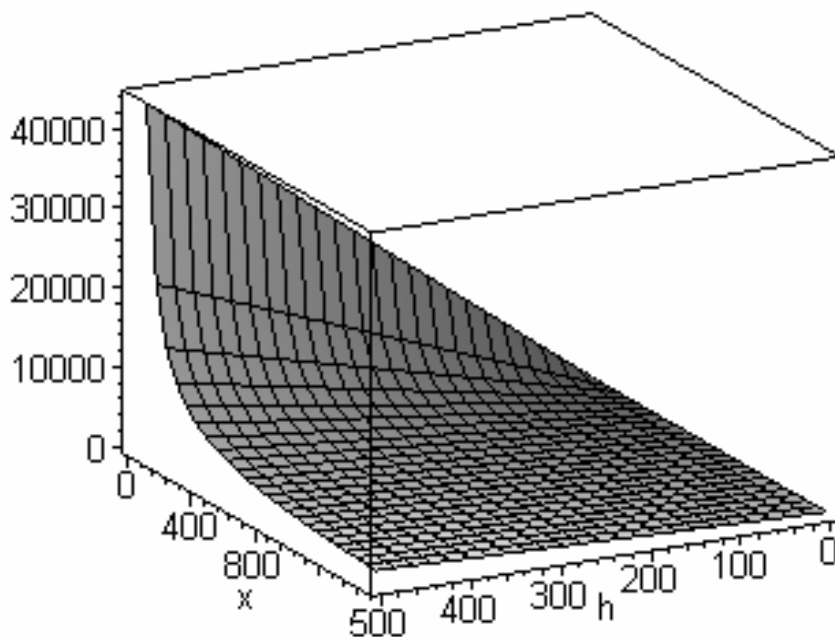
$$c(x, h) = k \cdot \frac{h}{x}. \quad (7)$$

Denne kostnadsfunksjonen er lineær i fangsten, h , og inverst avtakende i bestanden, x . Det skyldes at økt tilgjengelighet av fisk gir lavere variable fangstkostnader. Kostnadsparameteren k er blitt kalibrert til 950, og kostnadsfunksjonen kan da skrives

$$c(x, h) = 950 \cdot \frac{h}{x}. \quad (8)$$

Denne funksjonen er illustrert i følgende tredimensjonale figur:

Figur 6. Kostnadsfunksjonen.



2.2.3 Nettoinntektsfunksjon

Den funksjonen en generelt ønsker å maksimere i denne typen modeller er nettoinntektsfunksjonen definert ved

$$\pi(x, h) = p(h)h - c(x, h), \quad (9)$$

altså bruttoinntekt minus kostnader. Ved å sette kostnadene lik null, $c(x, h) = 0$, og variere prisen mellom førstehåndspris og sluttpris, kan en se på ulike ledd i verdikjeden. Det dynamiske optimeringsproblemet blir da seende ut som følger

$$\text{maksimer } W(x, h) = \int_0^{\infty} \pi(x, h) dt. \quad (10)$$

gitt den dynamiske bibetingelsen

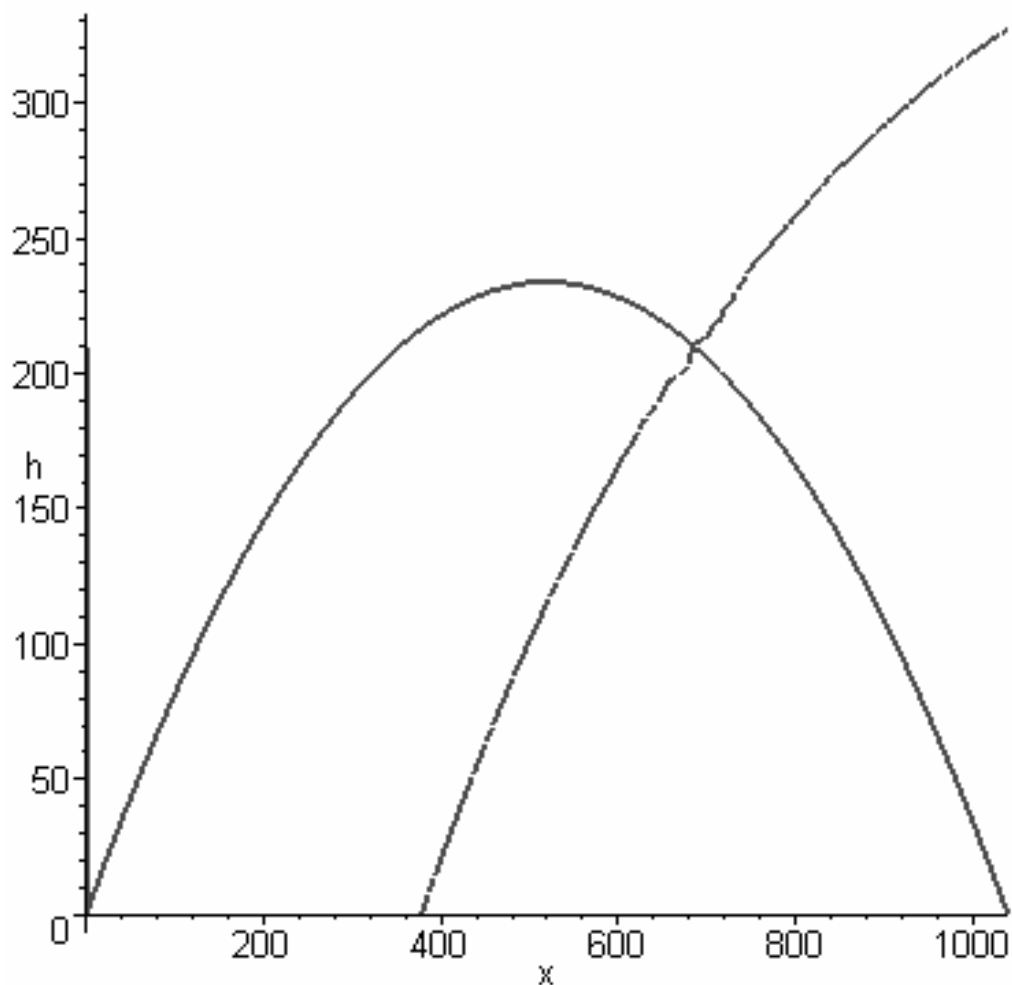
$$\frac{dx}{dt} = f(x) - h \quad (11)$$

og at vi har en gitt startbestand x_0 på tidspunkt 0. Videre forutsettes det at vi skal ende opp i en optimal likevektssituasjon som er kjennetegnet ved en bestand og fangstkombinasjon (x^*, h^*) .

2.3 Resultater fra feedbackmodellen

2.3.1 Basismodellen

I dette avsnittet viser vi resultatene som framkommer ved å anvende feedbackmodellen som er beskrevet over under ulike forutsetninger. Som basismodell bruker vi likningene (3), (6) og (7). Dette gir en optimal høstingsprofil som vist i figur 7:

Figur 7. Tilvekstfunksjon og optimal høstingsprofil basert på likningene (3), (6) og (8).

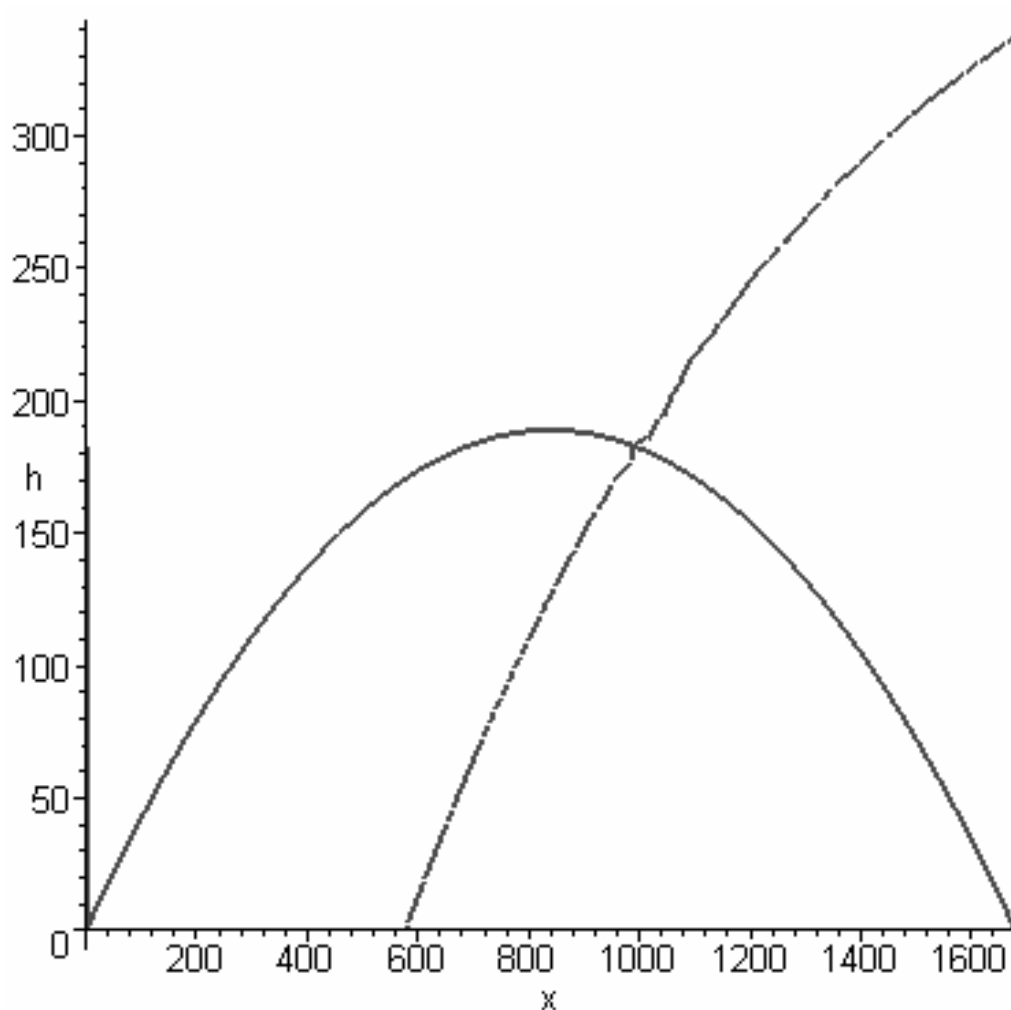
Den optimale høstingsstrategien, dvs. total tillatt fangst, er gitt som en funksjon av bestandsnivået. Benevningene på aksene er i 1000 tonn. Så lenge høstingskurva ligger under tilvekstkurva vil bestanden øke fordi tilveksten der er større enn uttaket. Det betyr at der disse kurvene krysser hverandre utgjør en stabil likevekt så lenge høstingskurva krysser tilvekstkurva nedenfra. I tilfellet illustrert i Figur 7 er denne likevekten gitt ved et uttak på 210 000 tonn og en bestand på ca. 680 000 tonn. Bestandsnivået der den optimale høstingskurva starter er også det bestandsnivået som bestemmer hvor stor bestanden må være for at man overhodet skal kunne høste noe. Med andre ord moratorienivået på bestanden. I dette tilfellet er moratorienivået ca. 380 000 tonn. Kurven stiger så raskt og jevnt derfra og opp til likevektsnivået.

2.3.2 *Variasjoner i biologien.*

Siden det er en god del usikkerhet omkring parametrene i de enkelte funksjonene som inngår i modellen, vil vi foreta såkalte sensitivitetsanalyser ved å variere disse for å se hvilken påvirkning dette har på resultatene. I dette avsnittet starter vi med å variere parametrene i den biologiske vekstfunksjonen.

Først ser vi på hva som skjer med den optimale høstingsstrategien når vi bytter ut vekstfunksjonen (3) med (2). I dette tilfellet får vi en mer konservativ høstingsstrategi. Dette kjennetegnes ved at den optimale likevekten er et uttak på ca. 180 000 tonn ved en bestand på 990 000 tonn, og at moratorienivået er ca 580 000 tonn. Det vil si at det ikke skal fanges fisk når bestanden er lavere enn dette. I tillegg ligner den optimale høstingskurva nå lavere ved alle bestandsnivå sammenliknet med det forrige tilfellet. Den optimale fangstkurva og tilvekstkurva er illustrert i Figur 8.

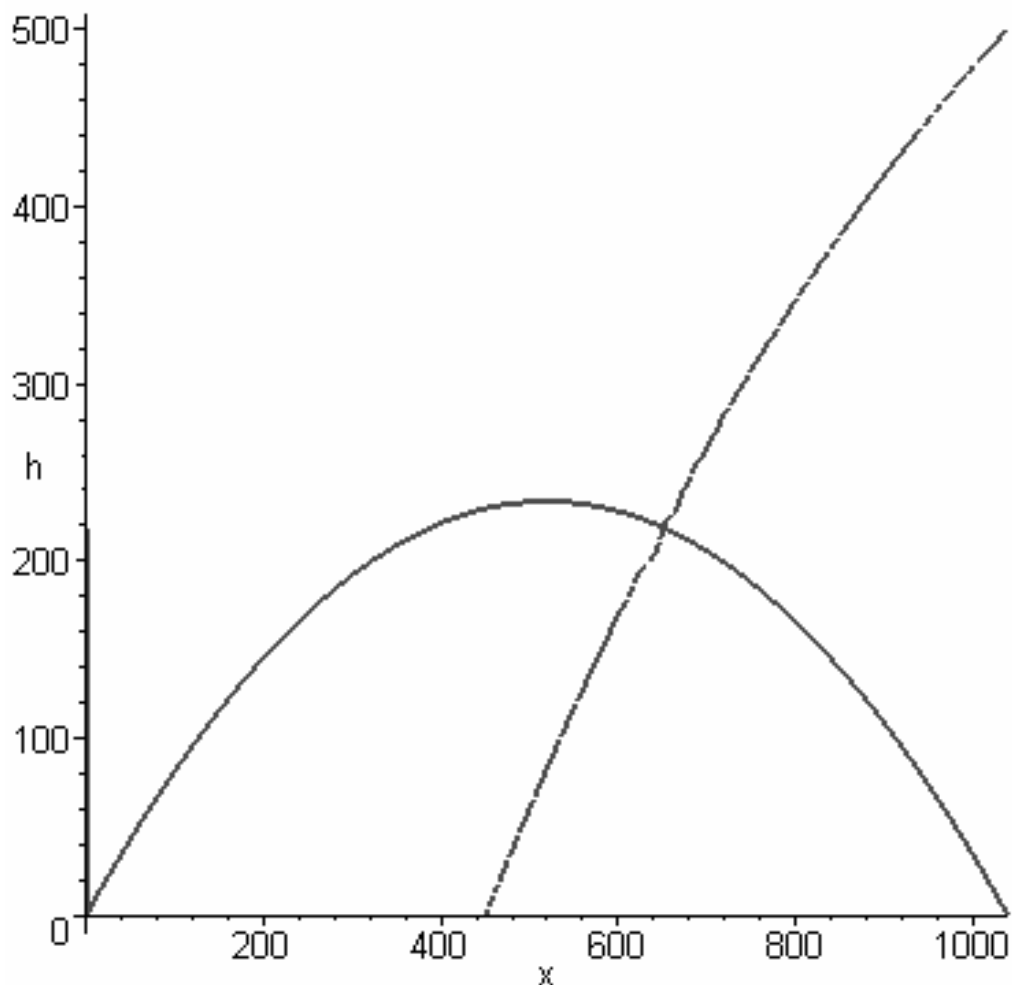
Forklaringen på dette er at funksjonen i likning (3) har et høyere produksjonspotensiale, og det inntreffer ved et lavere bestandsnivå enn i likning (2). Bruk av "føre var"-prinsippet tilsier derfor her at man bør bruke likning (2), siden denne gir mest konservativ strategi. Det er imidlertid likning (3) som er basert på de nyeste dataene, og som viser størst statistisk signifikans.

Figur 8. Tilvekstfunksjon og optimal høstingsprofil basert på likningene (2), (6) og (8).

2.3.3 Variasjoner i økonomien

2.3.3.1 Endret etterspørselsfunksjon

I basismodellen brukes etterspørselsfunksjonen gitt ved likning (6). I dette avsnittet anvender vi likning (5) mens alt annet er som i basismodellen. Den optimale likevekten blir nå en fangst på 220 000 tonn ved en bestand på 650 000 tonn. Moratorienivået i dette tilfellet er 450 000 tonn. Den optimale fangstkurva er illustrert i figur 9.

Figur 9. Tilvekstfunksjon og optimal høstingsprofil basert på likningene (3), (5) og (8).

Denne kurven er brattere enn i basismodellen. Det vil si at den har høyere moratorienivå men et lavere bestandsnivå i likevekt og høyere fangst i likevekt. Med andre ord er den mer konservativ ved lave bestandsnivå og mindre konservativ ved høye bestandsnivå. Grunnen til dette er at etterspørselskurva gitt ved (5) er flatere, dvs. har mindre helning. I det tilfellet der etterspørselskurva er helt flat, dvs. konstant pris, blir den optimale høstingsstrategien en loddrett kurve ved det optimale likevektspunktet, altså en bang-bang tilnærming til likevekten.

2.3.3.2 Endret kostnadsfunksjon

Kostnadsfunksjonen er kanskje den det knytter seg mest usikkerhet til både når det gjelder selve funksjonsformen og størrelsene på de parametrene som inngår. Det er derfor viktig at vi foretar en sensitivitetsanalyse for å se hvor store utslag endringer i kostnadsfunksjonen har på

resultatene fra modellen. Dette gjøres først ved at verdien på kostnadsparameteren endres med pluss/minus 20 prosent, så ser vi hvor store utslag dette får på moratorienivået og på den optimale likevekten. A priori vet vi at høyere kostnader gir mer konservativ høstingsprofil. Resultatene av denne sensitivitetsanalysen blir gjengitt i følgende tabell:

Tabell 2. Sensitivitetsanalyse med hensyn på kostnadsfunksjonen

Endring i kostnadsparameteren	h^*	x^*	x_{mor}
0 % (Basismodell)	210	680	380
+ 20 %	200 (- 5 %)	710 (+ 4 %)	400 (- 5 %)
- 20 %	220 (+ 5 %)	650 (- 4 %)	350 (- 8 %)

Denne tabellen viser at resultatene er lite følsomme for endringer i kostnadsparameteren. En endring på pluss/minus 20 prosent i kostnadsparameteren gir fire - fem prosent endring i resultatene, og under ingen omstendighet mer enn åtte prosent. Dette er gode nyheter siden denne parameteren er den mest usikre.

2.3.3.3 Verdikjedeanalyse

Det neste vi ser på er hvordan verdikjeden påvirker resultatene. Dette gjør vi ved å gradvis fjerne kostnadene fra inntektsfunksjonen for å se hvordan resultatene påvirkes av den rene merverdien som blir generert. Vi bruker samme etterspørselsfunksjon som tidligere. Å fjerne kostnadsfunksjonen fra modellen innebærer i dette tilfellet også at vi fjerner bestandsavhengigheten i objektfunksjonen siden det kun er kostnadene som er bestandsavhengige.

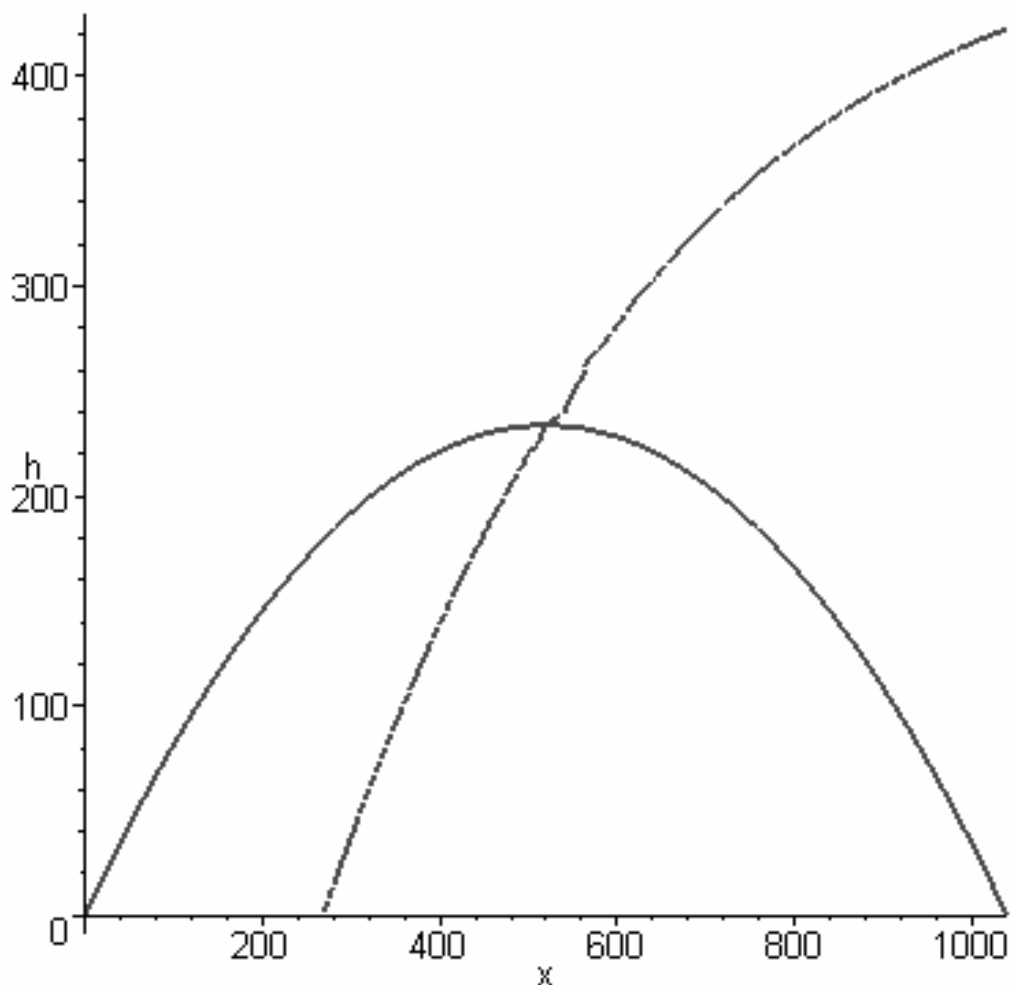
Dette gir en del interessante resultater. Vi vet at sammenhengen mellom pris og kvantum er sterkest på første hånd for deretter å avta jo lenger ut i verdikjeden en kommer. Det betyr med andre ord at stigningsleddet i etterspørselsfunksjonen blir mindre (i tallverdi) jo lenger ut i verdikjeden en kommer (stigningstall lik null er ekvivalent med konstant pris). Grunnen til dette er at jo lenger ut i verdikjeden en kommer, og desto mer foredlet produktene blir, desto mer heterogene blir produktene også, og de må konkurrere med en rekke andre matvarer. En annen måte å si dette på er at sei i frysedisken konkurrerer om oppmerksomheten med en rekke andre produkt, og det er derfor mange faktorer som vil avgjøre prisen. Vi forventer

derfor ikke å finne noen nær sammenheng mellom hvor mye sei som blir tatt opp av havet og prisen på en pakke frosset seifilet i frysedisken. Derimot finner vi forholdsvis sterk sammenheng mellom hvor mye sei som blir fisket og den prisen fiskeren får på kaia; altså lavt nede i verdikjeden. Dette er grunnen til at stigningstallet på etterspørselskurva er statistisk mest signifikant (forskjellig fra null) lavt nede i verdikjeden for deretter å nærme seg null jo lenger ut i verdikjeden en kommer.

Modellresultatene er meget følsomme for dette stigningstallet, og det kan sågar medføre såkalte bifurkasjoner i modellen. Med bifurkasjon menes at resultatene er diskontinuerlige ved visse parameterverdier. Resultatene endrer seg med andre ord gradvis for de fleste parameterverdier, for så å endre seg diskontinuerlig for enkelte parameterverdier. Dette gjør at vi ikke bare får kvantitative endringer når vi endrer parameteren men også kvalitative i betydningen at antall mulige likevektsløsninger endrer seg.

Vi eksemplifiserer dette med å ta utgangspunkt i den etterspørselsfunksjonen vi har, dvs. likning 5, og så gradvis endre helninga på denne. Den optimale fangstprofilen med den opprinnelige etterspørselsfunksjonen er vist i Figur 10.

Figur 10. Tilvekstfunksjon og optimal høstingsprofil basert på likningene (3), (6) med kostnadene satt til null.

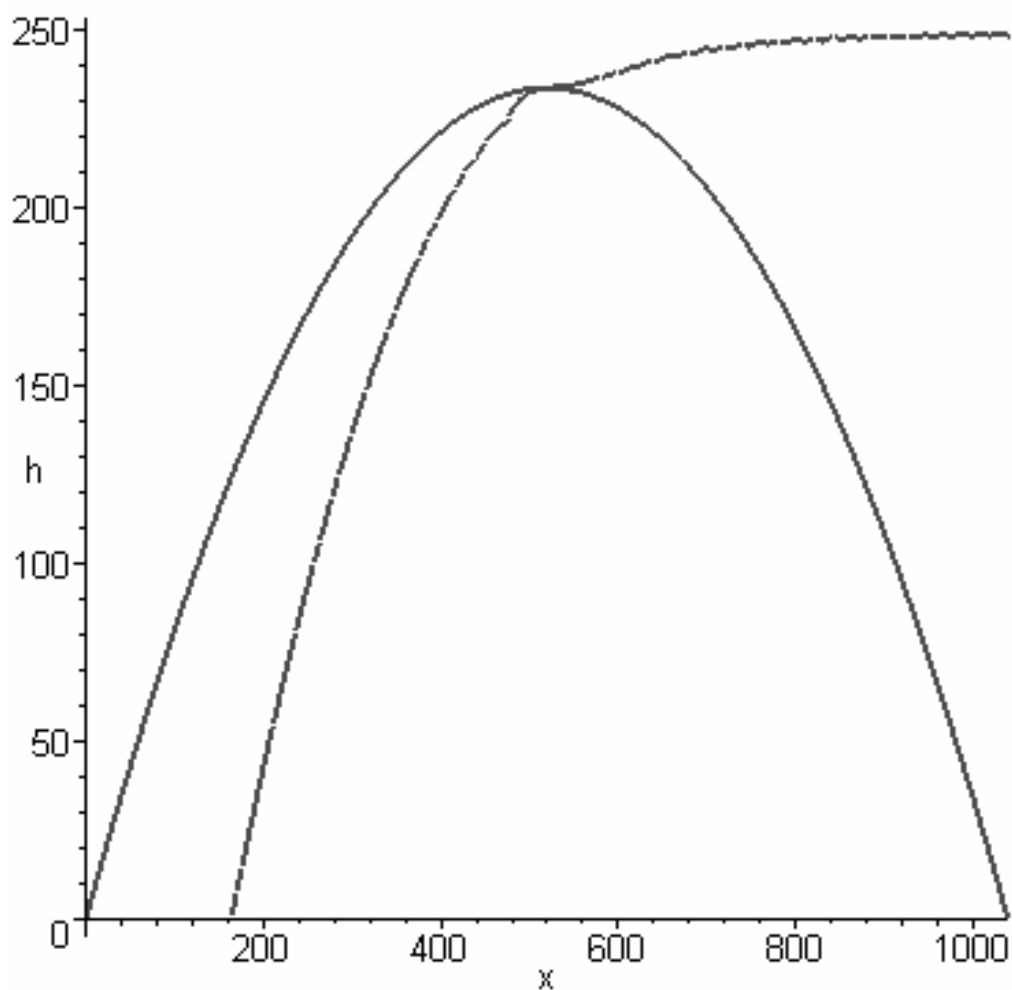


Forskjellen mellom denne og den som er vist i Figur 7 er at her er kostnadene fjernet og vi konsentrerer oss bare om merverdien. Vi ser at dette resulterer i en mindre konservativ fangstprofil. Vi får både et lavere moratorienivå, nemlig 270 000 tonn, og høyere likevektsfangst ved lavere bestand. Kombinasjonen av likevektsfangst og bestand blir i dette tilfellet tilsvarende m_{sy} siden vi her verken har bestandsavhengighet i kostnadene eller diskontering. Kun ved å endre helningsparameteren i etterspørselsfunksjonen som i likning 6 er 0,005 vil vi imidlertid kunne oppnå helt andre resultater med andre likevekter. Bifurkasjonen inntreffer omtrent når vi dobler absoluttverdien av denne helningen, dvs. at etterspørselen er gitt ved

$$p(h) = 4,99 - 0,01 \cdot h \quad (12)$$

Fangstprofilen med denne helninga blir som vist i Figur 11.

Figur 11. Tilvekstfunksjon og optimal høstingsprofil basert på likningene (3), (12) med kostnadene satt til null.



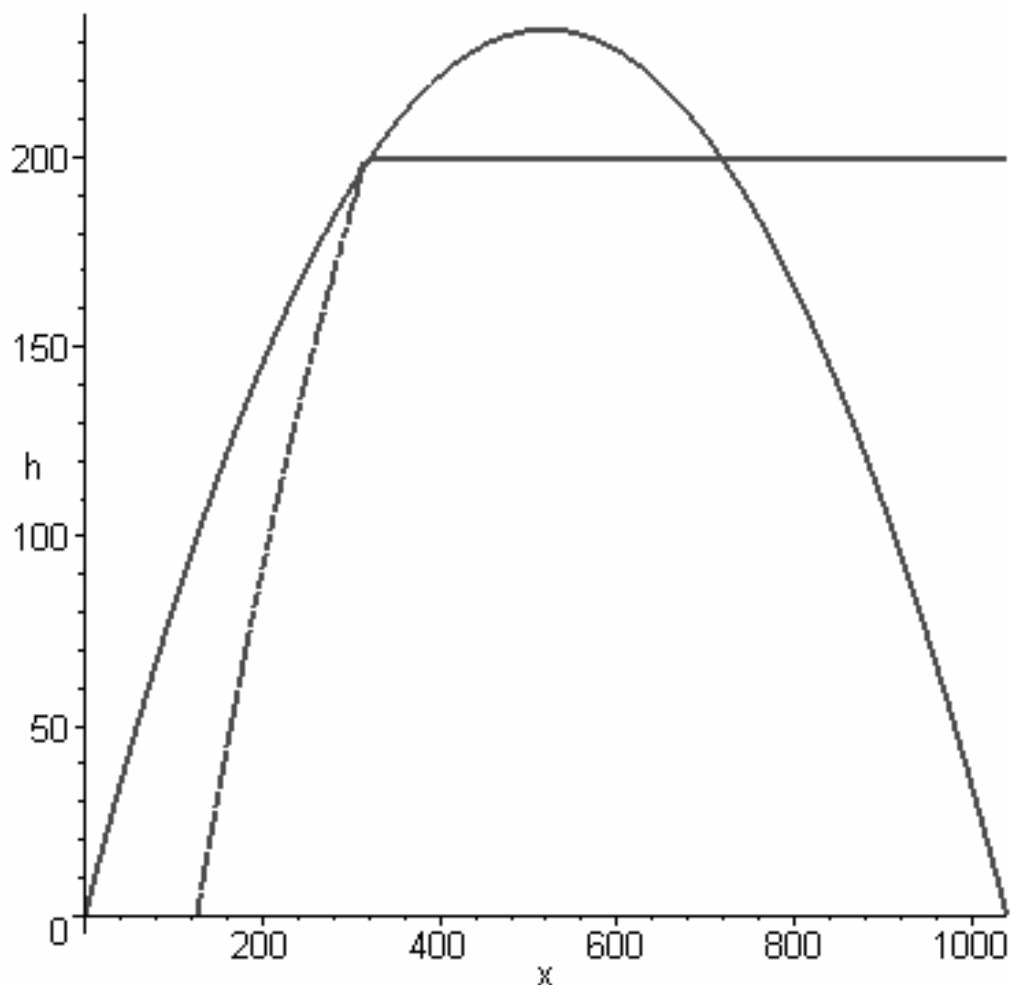
Moratorienivået blir enda lavere, 160 000 tonn, men for bestander over likevektspunktet er kurva flatere. Det som skjer ved bifurkasjonspunktet er at den opprinnelige likevekten, som er msy , splittes i to likevekter. Jo brattere etterspørselskurva blir nå, desto lenger fra hverandre vil disse to likevektspunktene ligge.

Dersom en for eksempel øker helninga på etterspørselen med 2,5 ganger det opprinnelige, får vi etterspørselskurva

$$p(h) = 4,99 - 0,0125 \cdot h \quad (13)$$

Denne situasjonen som er illustrert i Figur 12.

Figur 12. Tilvekstfunksjon og optimal høstingsprofil basert på likningene (3), (13) med kostnadene satt til null.



Her ser vi at den optimale fangstkurva er lik tilvekstkurva to steder. Det første stedet representerer en ustabil likevekt mens det andre stedet representerer en stabil likevekt som tidligere. Den første likevekten er semistabil i den forstand at en vil nærme seg likevekten for bestandsnivå lavere enn dette men gå vekk fra likevekten for bestandsnivå høyere enn dette. Denne likevekten representerer en bestand på 320 000 tonn. Den neste likevekten representerer en bestand på ca. 720 000 tonn. Det er imidlertid interessant å merke seg at den optimale fangstprofilen nå er noe annerledes enn tidligere. Moratorienivået er nå nede i ca.

130 000 tonn, så stiger fangsten bratt opp til den første likevekten. For enhver bestandsstørrelse høyere enn den første likevekten får vi en konstant fangst lik 200 000 tonn.

Fangstprofilene i figurene 10, 11 og 12 representerer altså forskjellige nivåer i verdikjeden. Figur 10 representerer hele verdikjeden mens figur 12 representerer den optimale fangstprofilen når en er bare tar hensyn til flåteleddet.

2.4 Konklusjoner fra feedbackmodellen.

Feedbackmodellen som er presentert her er først og fremst en modell for å fastsette totalkvoten ut fra bioøkonomiske betraktninger. Vi har sett på en rekke scenarier som har variert fra bare å ta hensyn til flåteleddet på den ene siden til å ta med hele verdikjeden på den andre siden. Når vi har tatt med hele verdikjeden, har vi samtidig sett bort fra fangstkostnadene og konsentrert oss om merverdien fra virksomheten.

En av de viktigste konklusjonene fra dette arbeidet er at det kan lønne seg å ha mindre variasjon i de årlige totalkvotene. Selv om dette isolert sett noen ganger kan være ønskelig ut fra rent biologiske betraktninger, blir det mindre ønskelig når vi tar hensyn til bioøkonomiske forhold. Ennvidere er ønsket om mer stabile kvoter ikke en føring som er lagt inn i modellen men et resultat som kommer ut av optimeringen fordi modellen er gjort mer realistisk og også tar med markedsmessige forhold som sammenhengen mellom pris og kvantum.

De konkrete resultatene fra feedbackmodellen er at årlige kvoter på lang sikt bør ligge mellom 180 000 tonn og ca. 230 000 tonn og at bestanden ideelt sett bør ligge et sted mellom 500 000 tonn og en million tonn. Fangstmoratorium avhenger av hvilke modellforutsetninger vi velger, men det bør innføres for bestander som kommer under 500 000 tonn og ned mot 200 000 tonn.

3. RESSURSRENTE FRA SEI

I dette avsnittet skal vi se på hvor stor ressursrente en faktisk får fra seien og sammenlikne denne med hva en potensielt kunne fått gjennom en optimal omfordeling av fangstkvote og restrukturering av flåten.

3.1 *Den lineære programmeringsmodellen*

Til ovennevnte formål brukes en lineær programmeringsmodell. Dette er en del av en større modell som omfatter mange fiskerier, men vi skal her konsentrere oss om resultatene som gjelder for sei.

Målet for modellen er å maksimere bruttoinntekta fra fiskeriet minus variable kostnader som er knyttet til størrelsen på fangsten og minus de faste kostnadene som er knyttet til antall aktive fartøy uavhengig av fangst. I tillegg har vi bibetingelser som sier at en ikke kan fiske mer enn totalkvoten tillater, og at fartøyene ikke kan fange mer enn de har fysisk kapasitet til.

De viktigste inputparametrene i modellen er gjengitt i Tabell 3. I modellen kan sei fiskes av alle typer fartøyer unntatt rekestrålere (gruppene 16 - 22) og ringnot (27 - 29). Priser og kostnader er hentet fra Fiskeridirektoratets Lønnsomhetsundersøkelser 2002. De variable kostnadene er definert som driftskostnader minus beregnet avskrivning på fartøy (R13) og forsikring av fartøy (R6) delt på total fangst per fartøy. De faste kostnadene per fartøy består av forsikring og normal avkastning på gjeld/egenkapital. Den første hentes direkte fra Budsjettnemndas lønnsomhetsundersøkelse (post R6). Avkastning på gjeld og egenkapital tar utgangspunkt i gjenanskaffelsesverdien¹ av fartøyet. En bruker her tre forskjellige satser på avkastningen, nemlig fem, sju og ti prosent.

¹ Gjenanskaffelsesverdien skal gi uttrykk for gjennomsnittlig byggespris for et nytt fartøy med tilsvarende utrustning og teknologi.

Tabell 3. Økonomiske inputparametre i lineær programmeringsmodell (data fra 2002).

Fartøygruppe	Pris sei	Variable kostnader	Gjenanskaffelsesverdi (kr./fartøy)	Forsikring (kr./fartøy)
1 Garn & juksa 8-13 m.	4,15	6,96	1 347 950	15 649
2 Garn & juksa 13-21 m.	4,10	5,47	7 336 621	43 094
3 Snurrevad 8-13 m.	4,13	2,34	1 652 370	17 232
4 Snurrevad 13-21 m.	3,92	2,29	9 851 126	58 330
5 Line 8-13 m.	4,04	6,48	1 300 071	16 413
6 Line 13-21 m.	4,18	7,41	5 984 790	30 286
7 Div. fiske 8-13 m.	4,70	5,10	1 344 609	14 928
8 Div. fiske 13-21 m.	5,02	4,56	6 435 607	36 684
9 Snurrevad 21-28 m.	3,58	3,14	19 678 482	176 147
10 Div. fiske 21-28 m.	4,76	5,97	22 226 330	166 642
11 Konv. 28+	6,14	7,21	46 084 381	285 683
13 Ferskfisktrålere	4,63	2,57	67 262 933	391 896
14 Fabrikkrålere	5,92	4,19	132 110 170	554 216
15 Småtrålere	4,93	6,10	53 311 555	363 507
23 Industritrål	4,04	3,59	46 095 659	296 288
24 Not 8-13 m.	2,94	3,47	1 560 965	21 353
25 Not 13-21 m.	2,92	4,20	14 766 056	125 722
26 Not 21 +	2,96	3,18	24 339 379	206 485

3.2 Resultater

I det følgende gjennomfører vi fem forskjellige kjøringene som blir sammenliknet opp mot en referanse som representerer dagens situasjon.

3.2.1 Dagens situasjon

Vi går først gjennom dagens situasjon som er basert på data fra Lønnsomhetsundersøkelsene 2002.

Tabell 4. Dagens situasjon.

Fartøygruppe	Dekningsbidrag		Antall fartøy	Syssetning
	Fangst sei	sei 1000 kr.		
1	6 973	-8 590	558	781
2	9 782	-1 263	206	597
3	68	158	10	23
4	3 274	7 040	86	318
5	862	-835	212	297
6	650	-1 008	100	320
7	3 394	2 563	281	365
8	2 605	3 877	93	260
9	2 631	3 030	22	150
10	3 343	482	34	333
11	10 289	5 816	49	1 127
13	31 309	82 705	34	649
14	32 143	86 137	16	691
15	32 219	6 894	37	640
16	80	-978	45	63
17	224	-1 686	69	173
20	2 830	-3 209	13	363
22	150	44	29	177
23	5 375	6 748	41	344
24	1 721	433	20	44
25	7 604	-2 511	82	435
26	20 684	10 304	75	660
27	1 543	957	32	384
28			15	200
29	537	-540	46	874
Sum	180 290	196 566	2 205	10 268

Vi ser her at fangsten av sei er fordelt på veldig mange forskjellige fartøygrupper. Videre er det over 2 200 fartøy totalt i den helårsdrevne flåten og en total syssetning på over 10 000 mann. Anslaget på den totale ressursrenta til flåten i 2002 varierer fra - 750 mill. kr. til pluss 790 mill. kr. avhengig av hvilket avkastningskrav en velger på kapitalen. Det laveste anslaget er med 10 prosent avkastningskrav og det høyeste med fem prosent avkastningskrav.

Dekningsbidraget til seifisket er definert som det dette fiskeriet bidrar med når vi ser bort fra de faste kostnadene og bare tar med de variable kostnadene. Vi gjør dette fordi det er vanskelig å beregne hvor mye av de faste kostnadene som skal være med når en isolert ser på seifisket. Summen av dekningsbidragene fra alle fiskeriene blir derfor lik ressursrenta når en ignorerer faste kostnader. Vi ser fra tabell 4 at dekningsbidraget til seifisket er på i underkant

av 200 mill. kr., men det er slett ikke alle fartøygruppene som har positivt dekningsbidrag. Disse beregningene er gjort med fem prosent avkastningskrav på kapitalen.

3.2.2 Referanseløsningen

Det mest ekstreme alternativet til dette er den såkalte referanseløsningen hvor en ikke legger noen begrensninger på overføring av fangst mellom fartøygruppene. I tillegg har en brukt en flåte bestående kun av de mest effektive fartøyene. Dette er gjort ved at en innen hver fartøygruppe har plukket ut det fartøyet med lavest gjennomsnittskostnader og latt dette være representativt for hele gruppen. Det er med andre ord snakk om en hypotetisk flåte som ikke eksisterer i dag men vil kunne eksistere om noen år dersom det foregår en kontinuerlig fornying av flåten i denne perioden.

Tabell 5. Referanseløsningen

Fartøygruppe	Fangst sei tonn	Dekningsbidrag sei 1000 kr	Antall fartøy totalt	Syssetning totalt
1	19 698	40 280	558	781
3	2 140	4 653	10	23
7	32 371	99 262	281	365
10	7 451	24 328	34	333
13	51 196	130 203	9	165
14	60 367	205 300	16	691
15	12 626	27 586	37	640
22	150	443	13	80
Totalt	186 000	532 055		

Tabell 5 viser bare tall for de fartøygruppene som fortsatt fisker sei. Det er derfor ikke naturlig å summere kolonnene for antall fartøy og sysselsetting siden disse summene ikke vil ha noe sammenlikningsgrunnlag. Vi ser nå at det bare er åtte fartøygrupper som fisker sei i dette tilfellet mot 24 i dagens situasjon, skjønt enkelte av disse bare fisket små kvantum. Det må også føyes til at det totale kvantum i dette tilfellet er økt fra 180 290 tonn til 186 000 tonn. Det siste tallet representerer gjennomsnittsfangsten til den helårsdrevne flåten i åra 2000 til 2002. Det totale dekningsbidraget fra seifisket med denne fordelingen og flåtestrukturen er på 532 mill. kr. Med dekningsbidrag menes bruttoinntektene minus de variable kostnadene men hvor de faste kostnadene er ignorert.

3.2.3 Mellomløsning A

Mellom dagens situasjon og referanseløsningen ligger fire såkalte mellomløsninger. Mellomløsning A er kjennetegnet ved at en bruker samme fangst og fangstfordeling som i dagens situasjon (2002), men de fartøyene som ble brukt i dagens situasjon (gjennomsnittsfartøyene) er byttet ut med de mest effektive fartøyene som ble omtalt i forrige avsnitt.

Tabell 6. Mellomløsning A

Fartøygruppe	Fangst sei	Dekningsbidrag sei 1000 kr.	Antall fartøy	Syssetting
1	6 973	14 259	240	336
2	9 782	2 414	89	257
3	68	148	4	10
4	3 274	7 405	37	137
5	862	1 024	94	132
6	650	-836	44	142
7	3 394	10 407	135	175
8	2 605	5 799	45	125
9	2 631	2 899	9	58
10	3 343	10 915	15	143
11	10 289	14 927	28	637
13	31 309	79 627	12	221
14	32 143	109 310	8	361
15	32 219	70 394	20	354
16	80	-674	25	35
17	224	12	38	96
20	2 830	-1 283	7	194
22	150	443	15	90
23	5 375	9 616	22	187
24	1 721	1 091	9	20
25	7 604	-182	38	200
26	20 684	17 390	33	292
27	1 543	2 198	15	176
28			7	98
29	537	-395	25	480
Sum	180 290	356 909	1 014	4 955

Det er mest naturlig å sammenlikne dette med kjøringen som viser dagens situasjon. Vi ser at dekningsbidraget fra sei nå har økt fra ca. 200 mill. kr. til ca. 357 mill. kr. Dette skyldes altså en ren effektivisering av flåten (mer effektiv flåte) og strukturtilpasning (færre fartøy). Både antall fartøy og syssettingen er omtrent halvert i forhold til dagens situasjon.

3.2.4 Mellomløsning B

Denne mellomøsningen er lik referanseløsningen med den forskjell at en ikke lenger bruker de såkalt mest effektive fartøyene, men en flåte bestående av de samme fartøyene som i 2002, dvs. gjennomsnittsfartøyene i hver gruppe fra det året.

Tabell 7. Mellomløsning B.

Fartøygruppe	Fangst sei, tonn.	Dekningsbidrag sei, 1000 kr.	Antall fartøy	Sysselsetting
3	2 140	4 960	10	23
13	165 716	437 749	34	649
14	18 144	48 622	16	691
Sum	186 000	491 331		

Fangsten er nå konsentrert om tre fartøygrupper og mest omkring fartøygruppe 13. En merker seg altså at det at de gruppene som fisker sei er betraktelig færre når en bruker gjennomsnittsfartøyene enn når en bruker de mest effektive fartøyene. Det totale dekningsbidraget fra seifisket er ca. 491 mill. kr. mot 532 mill. kr. når de mest effektive fartøyene blir benyttet.

3.2.5 Mellomløsning C.

Det neste vi gjør er å innføre et krav om at fangstfordelingen mellom kystfartøy og havgående fartøy skal være tilnærmet lik det som er den faktiske fordelingen i dag. Dette legger altså begrensninger på overføring av kvote mellom fartøygrupper sammenliknet med den såkalte referanseløsningen. Fordelingen for sei er som følger:

Tabell 8. Fordeling av sei:

	Konvensjonelle	Trål	Not
Sei	38 %	37 %	25 %

Dette gir følgende resultat når en fortsatt bruker gjennomsnittsfartøyene fra hver gruppe som i forrige kjøring.

Tabell 9. Mellomløsning C.

Fartøygruppe	Fangst sei, tonn.	Dekningsbidrag sei, 1000 kr.	Antall fartøy	Sysselsetting
3	2 140	4 960	10	23
4	40 386	86 838	86	318
8	28 154	41 899	93	260
13	54 974	145 218	9	178
14	13 846	37 103	13	555
26	46 500	23 165	75	660
Sum	186 000	339 183		

Fangsten fordeler seg nå på gruppene 3, 4 og 8 innen den konvensjonelle flåten, gruppene 13 og 14 innen trålflåten og gruppe 26 for not. Det totale dekningsbidraget fra sei er 339 mill. kr. som er 152 mill. kr. mindre enn i mellomløsning B. Det betyr at kostnaden ved å pålegge kravet om å opprettholde dagens fangstfordeling mellom kyst og hav er 152 mill. kr. når man ser isolert på sei.

3.2.6 Mellomløsning D

I den siste mellomløsningen holder vi fortsatt fast ved å opprettholde den faktiske fordelingen mellom kyst og hav som i mellomløsning D, men nå bytter vi ut de gjennomsnittlige fartøyene fra hver gruppe med de mest effektive fartøyene som ble brukt i referanseløsningen og i mellomløsning A.

Tabell 10. Mellomløsning D.

Fartøygruppe	Fangst sei, tonn.	Dekningsbidrag sei, 1000 kr.	Antall fartøy	Sysselsetting
1	15 862	32 435	558	781
3	1 891	4 112	10	23
7	30 253	92 767	281	365
8	21 601	48 087	77	215
10	922	3 011	34	333
14	68 820	234 047	11	469
26	46 500	39 095	75	660
Sum	186 000	453 997		

Det blir nå til sammen åtte fartøygrupper som er aktive i seifisket mot seks i forrige kjøring. Gruppene 4 og 13 faller ut mens gruppene 1, 7 og 10 kommer inn. Den effektiviseringen av flåten som denne kjøringen representerer sammenliknet med forrige, resulterer i økning i dekningsbidraget fra sei med 115 mill. kr. til 454 mill. kr.

4. OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

I denne rapporten har vi presentert resultater fra to forskjellige modeller som i stor grad utfyller hverandre. Den første modellen er en bioøkonomisk feedbackmodell som gir optimale fangstkvoter som en funksjon av den til enhver tid rådende bestand. Dette er en dynamisk modell, og input til denne modellen er etterspørselsfunksjon, kostnadsfunksjon og biologisk vekstfunksjon. Modellen viser at det er et stort potensiale for forbedret forvaltning av seien bare gjennom en mer aktiv bruk av økonomi i fastsettelse av kvotene. Jo mer av verdikjeden en tar med i modellen, desto mer konservativ blir kvotene for høge bestandsnivå mens de samtidig blir mindre konservativ for lave bestandsnivå. Også moratorienivået, dvs. det bestandsnivået som bestemmer når det er optimalt å innføre fangststopp, blir lavere når en inkluderer mer av verdikjeden.

Den andre modellen er en lineær programmeringsmodell som har som mål å maksimere nettoutbyttet fra norske fiskerier. Nettoutbyttet er definert som bruttoinntekta minus faste og variable kostnader. Bibetingelsene i denne modellen er at kvotene for de enkelte fiskeslag ikke må overfiskes og at fangstkapasiteten til de enkelte fartøya ikke må overskrides. Det viktigste resultatet fra denne modellen er at det er et stort potensiale til å øke utbyttet fra norske fiskerier gjennom omfordeling av fangst og gjennom en restrukturering av flåten. Dekningsbidraget fra seifisket kan økes fra dagens 200 mill. kr. til over 500 mill. kr. ved å bytte ut dagens fartøy med færre og mer effektive fartøy og gjennom å omfordele fangsten.

Totalt sett er konklusjonen i denne rapporten at det er stort uutnyttet potensiale i seifisket som delvis skyldes en for stor og foreldet flåte, og delvis at fangsten er feilallokert.

Referanser:

L.K. Sandal og S.I. Steinshamn (2001): "A simplified feedback approach to optimal resource management", *Natural Resource Modeling* Vol. 14, nr. 3, s. 419 - 432.