

**SNF-RAPPORT NR. 35/02**

**Marknadskonsekvensar av  
reguleringsystem i nordsjøsildfisket**

**av**

**Linda Nøstbakken**

SNF- prosjekt nr. 5400  
"Verdiskapning i norsk sjømatindustri"

Prosjektet er finansiert av Noregs Forskingsråd.

*Senter for fiskeriøkonomi  
Rapport nr. 78*

SAMFUNNS- OG NÆRINGSLIVSFORSKNING AS  
BERGEN, SEPTEMBER 2002

© 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 82-491-0225-8  
ISSN 0803-4036

## **Føreord**

Denne rapporten er tufta på den skriftlege utgreiinga mi ved Noregs Handelshøyskole sitt Høgare avdelings studium innanfor spesialfaget samfunnsøkonomi. Rapporten er skriven i tilknytning til SNF AS, Senter for fiskeriøkonomi, prosjekt 5400: ”SIP; Verdiskapning i norsk sjømatindustri”. Eg vil nytte høvet til å takke Trond Bjørndal for gode kommentarar og rettleiing undervegs.

Bergen, september 2002

Linda Nøstbakken

## Innholdsliste

<b>OVERSIKT OVER AVSTYTTINGAR .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INNLEIING .....</b>	<b>2</b>
<b>2. BIOLOGI, VANDRINGSMØNSTER, POPULASJONSDYNAMIKK OG FANGSTAR .....</b>	<b>4</b>
BIOLOGI OG VANDRING.....	4
POPULASJONSDYNAMIKK .....	6
FANGSTAR AV NORDSJØSILD.....	8
<b>3. FORVALTING OG REGULERING.....</b>	<b>11</b>
TILRÅDINGAR FRÅ ACFM.....	12
INTERNASJONALE AVTALAR .....	13
NORSKE REGULERINGAR.....	15
<b>4. VERDI OG BRUK AV DEI NORSKE FANGSTANE .....</b>	<b>20</b>
<b>5. TEORI OG MODELL .....</b>	<b>25</b>
BIOØKONOMISK MODELL.....	25
LIKEVEKTSTILBOD.....	28
<b>6. ESTIMERE TILBODSKURVER.....</b>	<b>35</b>
ESTIMERING.....	35
TILBODSKURVER .....	42
SENSITIVITETSANALYSE .....	47
<b>7. KONSEKVENSAAR AV ULIKE REGULERINGSSYSTEM.....</b>	<b>53</b>
REGULERINGAR I ÅRA ETTER OPPHEVINGA AV MORATORIET .....	53
REGULERINGAR FRÅ 1996 OG UTOVER .....	55
<b>8. OPPSUMMERING OG KONKLUSJON .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERANSAR.....</b>	<b>64</b>
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>66</b>
V.1. GYTEBESTAND, TOTALBESTAND OG LANDINGAR (I TONN), 1960-2001 .....	66
V.2. BEREKNING AV LIKEVEKTSTILBODSKURVE FOR OPTIMALT REGULERT FISKE .....	67
V.3. SENSITIVITETSANALYSE .....	69

## Samandrag

Rapporten ser på marknadskonsekvensar av reguleringsystem i fisket etter haustgytande nordsjøsil. På 1960- og 1970-talet førte effektive fangstmetodar og fritt fiske etter nordsjøsil til at bestanden nærast vart utrydda. Det vart innført eit totalforbod mot direkte fiske av nordsjøsil i 1977. I løpet av moratoriet tok bestanden seg opp igjen, og fisket har etter dette vore regulert med blant anna fangstkvtar. I rapporten vert ein bioøkonomisk modell sett opp, og likevektstilbodskurver for fritt fiske og optimalt regulert fiske vert utleia og estimerte. Ulike reguleringsystem i nordsjøsilfisket etter opphevinga av moratoriet, både faktiske og teoretiske, vert evaluerte med omsyn til effektar på tilbod, bestandsnivå og fiskeinnsats.

## Oversikt over avstytingar

F	Fishing mortality	Fiskemortalitet
MBAL	Minimum biological acceptable level	Minste biologisk akseptable nivå
MSY	Maximum sustainable yield	Maksimal likevektsfangst
TAC	Total allowable catch	Samla tillaten fangst
ICES	International Council for the Exploration of the Sea	Det internasjonale havforskningsrådet
ACE	Advisory Committee on Ecosystems	Rådgjevande komité for økosystem
ACFM	Advisory Committee on Fishery Management	Rådgjevande komité for fiskeriforvaltning
ACME	Advisory Committee on the Marine Environment	Rådgjevande komité for marint miljø
EU	European Union	Den europeiske union

## 1. Innleiing

Føremålet med denne rapporten er å undersøkje marknadskonsekvensar av reguleringssystem. Dette vil verte gjort med utgangspunkt i fisket etter haustgytande nordsjøsild. Val av reguleringssystem vil kunne ha store konsekvensar for denne bestanden. Me vil difor sjå kva tilbod eit optimalt regulert fiske gir samanlikna med tilsvarande for eit uregulert fiske. I tillegg til desse to ytterpunkta vil me sjå på dei faktiske reguleringane ein har hatt i fisket etter nordsjøsild dei siste tiåra.

Val av reguleringssystem i nordsjøsildfisket kan ha fleire konsekvensar for marknaden. Til dømes kan det ha følgjer for storleiken og kvaliteten på den tilbodne nordsjøsilda og det kan ha følgjer for tilbodet av andre typar fisk. I denne rapporten vil me likevel i all hovudsak fokusere på verknaden av ulike reguleringssystem på tilbode kvantum av nordsjøsild.

Fiskebestandar har tradisjonelt vorte sett på som fellesressursar tilgjengelege for alle. Når ingen einskild avgjerdstakar har eigedomsretten til ressursen vil kvar fiskar ha incentiv til å ta størst mogleg fangstar i dag. I eit uregulert fiske vil dette normalt føre til at fiskeinnsatsen vert atskillig større enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt. Ved at ein gradvis fiskar ned bestanden, vil dette bety at både bestanden og fangstane på lang sikt vert mindre enn dei kunne vore om ein hadde innført reguleringar i fisket. Problemet med manglande eigedomsrett for fiskebestandar kan gi særleg dramatiske konsekvensar for ein pelagisk stimfisk som sild. På 1960-talet kom nemleg ny teknologi som kraftblokk og sonar, noko som førte til at ein tok i bruk ringnot i fisket. Dette gjorde at effektiviteten til fiskeflåten auka monaleg. Denne effektive fangstmetoden gjer at det kan vere lønsamt for kvar einskild fiskar å fiske frå bestanden sjølv om denne er på eit svært lågt nivå. Eit døme på dette fekk me på 1960- og 1970-talet, då fritt fiske førte til at bestanden av nordsjøsild kollapsa. Det som den gong truleg redda bestanden frå nærast å verte utrydda var innføringa av eit forbod mot direkte fiske av nordsjøsild i 1977 (Bjørndal og Conrad, 1987).

Nordsjøsildbestanden tok seg opp igjen i løpet av moratoriet som varte frå 1977 til 1981, og fisket har etter den tid vore regulert med mellom anna fangstkvotar. Likevel vart fangstane etterkvart så store at bestanden vart fiska ned under minste biologisk akseptable nivå der den vart liggjande på største delen av 1990-talet. Nordsjøsildbestanden er ein av fellesbestandane

mellom EU og Noreg, og i 1996 vart dei to partane samde om å innføre eit nytt reguleringsregime for å redde bestanden frå samanbrott. I etterkant av dette har kvotane vore forholdsvis små noko som har gitt bestanden høve til å vekse til det som vert rekna for å vere eit akseptabelt nivå. Me ser ut frå dette at dei ulike reguleringsystema ein har hatt i fisket har hatt stor effekt både på bestanden og på fangstane. Dette er bakgrunnen for at me ønskjer å analysere korleis ulike reguleringsystem påverkar tilbodet av nordsjøild.

Den vidare framstillinga vert som følgjer. Kapittel 2 gir ei kort skildring av biologien og vandringsmønstera til nordsjøilda, samt ei oversikt over populasjonsdynamikk og fiske frå 1960-talet og utover. I kapittel 3 vert dagens forvaltingsregime presentert saman med reguleringa av det norske nordsjøildfisket. Det fjerde kapitlet gir ei kort skildring av korleis dei norske fangstane vert nytta og utviklinga i oppnådd pris for desse fangstane. Kapittel 5 viser den bioøkonomiske modellen som ligg til grunn for tilbodskurvane som vert utleia, samt føresetnader modellen byggjer på. I det sjette kapitlet vert tilbodskurver for fritt og optimalt regulert fiske estimerte, før dei i kapittel 7 vert vurderte opp mot dei faktiske reguleringane i fisket. Avslutningsvis kjem ei kort oppsummering og konklusjon.



## 2. Biologi, vandringsmønster, populasjonsdynamikk og fangstar

Dette kapitlet vil starte med ei kort skildring av nokre biologiske sider ved nordsjøsilda. Dette vil me få bruk for i kapittel 5 når me skal setje opp ein bioøkonomisk modell for denne bestanden. Etter gjennomgangen av biologi og vandringsmønster kjem ei oversikt over korleis bestanden og fangstane har utvikla seg frå 1960-talet og utover. Datamateriale som vert presentert i denne delen vil utgjere grunnlaget når me i kapittel 6 skal estimere dei biologiske parametranne i den bioøkonomiske modellen.

### Biologi og vandring<sup>1</sup>

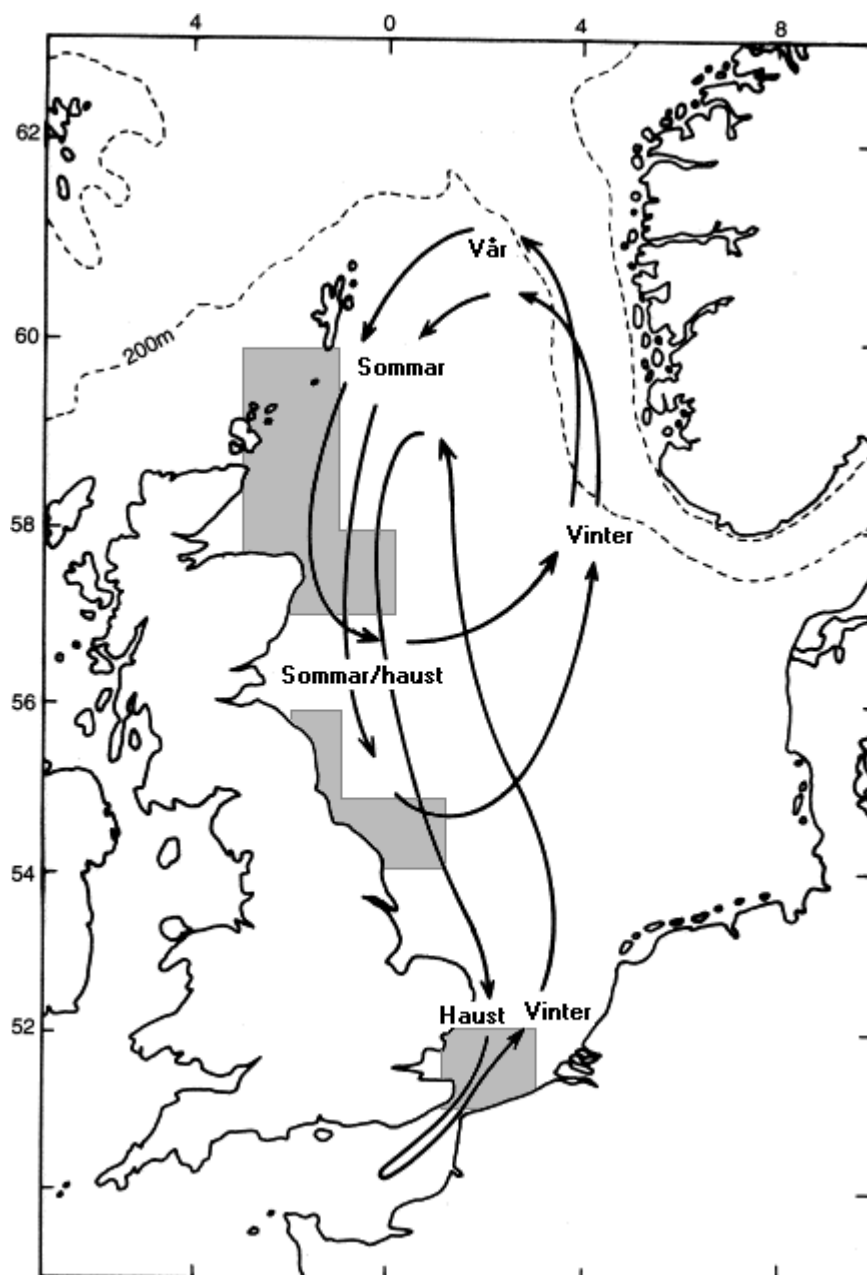
Haustgytande nordsjøsild (*Clupea harengus*) er ein pelagisk bestand som livnærer seg på plankton. Den viktigaste planktonarten for nordsjøsilda er raudåte (*Calanus finmarchicus*) som kjem inn i Nordsjøen tidleg om våren. Silda beitar då medan ho kan, før ho startar vandringa mot vinterområda. I vinterhalvåret tek silda til seg lite føde.

Bestanden av nordsjøsild er samansett av tre populasjonar. Kvar populasjon er karakterisert med eit spesielt gyteområde og gytesesong. Ut frå kvar gyteområda ligg, har ein kalla dei tre populasjonane for den nordlege, den sentrale og den sørlege nordsjøsilda. Den sørlege populasjonen vandrar ikkje så langt nord som dei to andre. Alle tre deler likevel eit sams matområde i den sentrale og nordlege delen av Nordsjøen, og det er difor umogleg å skilje mellom fangstar frå dei tre populasjonane. Dette er grunnen til at desse tre populasjonane normalt vert handsama som ein bestand, noko som også vil verte gjort her.

Figur 2.1 viser dei årlege vandringane og gyteområda til den vaksne nordsjøsilda. Sild frå den sentrale og den nordlege populasjonen gyt i august og september vest i Nordsjøen. Etter gytinga går silda austover for å overvintre i området ved Norskerenna. Om våren vandrar fisken nordover langs Norskerenna og vestover mot Shetland. Dei startar å ete i april - mai nordaust i Nordsjøen, og held fram i juni - juli i den nordvestlege delen. Sild frå den sørlege populasjonen gyt i desember og januar aust i den Engelske Kanal. Den overvintrar sør i Nordsjøen, for så å vandre direkte mot matområda i den sentrale og nordlege Nordsjøen.

---

<sup>1</sup> Denne delen vil i hovudsak vere tufta på Corten (2001).



**Figur 2.1:** Dei årlege vandringane til den vaksne nordsjøsilde. Gyteområder er skraverte.

Kjelde: Corten (2001)

Etter klekking driv larvene frå alle dei tre populasjonane inn i sentrale og søraustlege delar av Nordsjøen. Noko av yngelen driv også inn i Skagerrak og Kattegat. Både egg og yngel er svært følsame for skiftande ytre tilhøve, noko som gjer at det kan vere stor variasjon i kor mange individ som veks opp frå år til år.

I perioden 1988 til 1990 vandra nordsjøsilde mykje lenger nord enn det som er vanleg. Ein fann då silde frå bestanden så langt nord som i færøysk farvatn. Dette normaliserte seg igjen

utover på 1990-talet. Utanom dette har ein funne at sommarområda til nordsjøsilda har flytta seg gradvis nordover frå 1960 og utover. Dette kan skuldast både at sjøtemperaturane og tilgongen på mat (*C. finmarchicus*) har endra seg i perioden.

Sild er ein nordleg art, og Nordsjøen ligg sør i området der ein finn sild. Silda treng eit visst temperaturregime i løpet av året for å kontrollere dei fysiologiske prosessane som til dømes utvikling av gonadar. Dersom temperaturane er for høge vil gonadane utvikle seg raskare enn vanleg, og silda vert kjønnsmoden før den normale gyteperioden. For at gyting skal skje til same tid frå år til år, må fisken følgje same temperaturregime. Høgare temperaturar enn vanleg i starten av sesongen kan difor føre til at silda vandrar mot nordlegare og kjøligare farvatn. Historiske data viser at vintertemperaturane på Nordsjøplatået har hatt ein stigande trend sidan 1947. Denne stinginga kan difor forklare kvifor bestanden gradvis har flytta nordover.

Lite plankton (*C. finmarchicus*) medfører matmangel for silda. I år med lite plankton, finn ein den største tettleiken i dei nordlegaste områda til raudåta. Dersom silda ikkje finn mat i dei tradisjonelle matområda, kan dette stimulere til vandring nordover der tilgongen på mat er større.

Sild er ein stimfisk. Dette har fleire føremonar for silda, blant anna aukar det effektiviteten i søket etter mat og det gir betre vern mot predatorar. Men slik åtferd har også ført til at ein har utvikla og tatt i bruk ringnot i fisket<sup>2</sup>, ein teknikk som er svært effektiv i høve til fisk som går i stim. Kombinert med utstyr som ekkolodd og sonar som gjer det lettare å lokalisere fisken, kan det difor vere lønsamt for kvar einskild fiskar å fiske sjølv om bestanden er låg (Bjørndal, 1988) .

## Populasjonsdynamikk

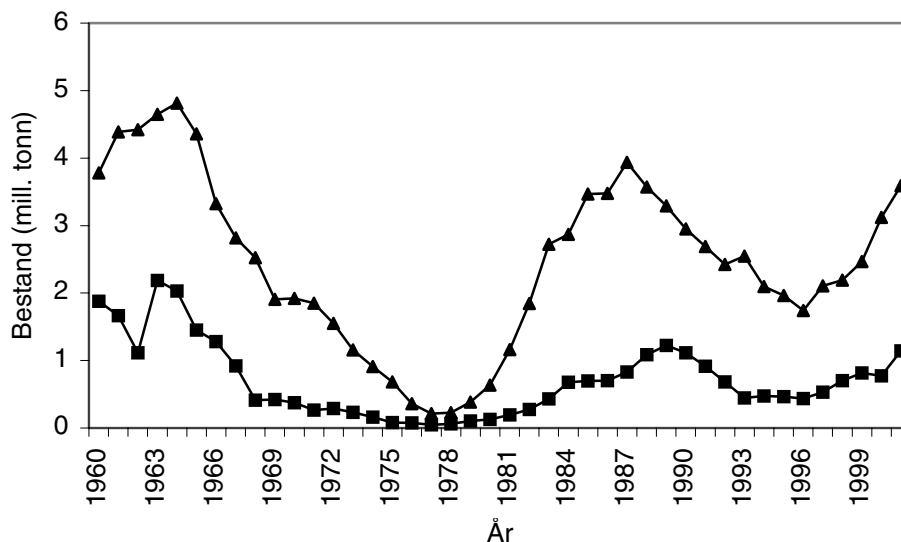
Figur 2.2 viser totalbestand og gytebestand av nordsjøsild i perioden 1960 til 2001<sup>3</sup>. Det internasjonale havforskningsrådet (ICES) har kome fram til at gytebestanden minst må vere 800.000 tonn for å sikre god rekruttering (ICES, 2002b). Frå figur 2.2 ser me at gytebestanden

---

<sup>2</sup> Fiske med ringnot tok til i 1963.

<sup>3</sup> Data for fangstar, totalbestand og gytebestand i åra 1960-2001 er gitt att i vedlegg V.1.

av nordsjøsild låg under minste biologisk akseptable nivå (MBAL) frå slutten av 1960-talet til slutten av 1980-talet og på midten av 1990-talet.



**Figur 2.2: Totalbestand (▲) og gytebestand (■) av nordsjøsild, 1960 – 2001.**

Kjelde: ICES, 2002a.

Bestanden av nordsjøsild vart dramatisk redusert på siste halvdel av 1960-talet og utover på 1970-talet. Midt på 1970-talet kollapsa bestanden. Dette skuldast ein kombinasjon av små årsklassar og store fangstar. På grunn av dette vart det innført eit moratorium for fangst av nordsjøsild frå 1977 til 1981. Bestanden tok seg i løpet av denne perioden opp igjen.

Utover på 1990-talet gjekk igjen bestanden ned. Dette skuldast eit for hardt fiskepress gjennom fleire år. Ein heldt i denne perioden kvotane på eit jamt nivå, samstundes som bestanden vart kraftig redusert (Havforskningsinstituttet, 2000). Dette medførte eit aukande fiskepress på den vaksne delen av bestanden. I tillegg vart det fiska store mengder småsild i industrifisket i Nordsjøen. Dette førte til at rekrutteringa til gytebestanden vart atskillig dårlegare enn det som skulle til for å oppretthalde bestanden med eit så høgt fiskepress. I juni 1996 vart det halde eit krisemøte mellom Noreg og EU. For å auke gytebestanden vart ein einige om å innføre ulike reguleringar for å redusere fangstane, noko som førte til ein kraftig reduksjon i fiskemortaliteten i 1996 og 1997. Desse reguleringane vil me kome attende til i kapittel 3.

Gytebestanden var under den sikre biologiske grensa i fleire år, men er no i ferd med å byggje seg opp att. I juni 2002 kom ACFM (Advisory Committee on Fishery Management) med nye tilrådingar for forvaltinga av nordsjøsil (ICES, 2002b). Her konkluderar dei med at bestanden er innanfor sikre grenser. Gytebestanden i 2001 bereknar dei til 1,4 millionar tonn, og dei ventar at den vil auke til 1,7 millionar tonn i 2002.

## Fangstar av nordsjøsil

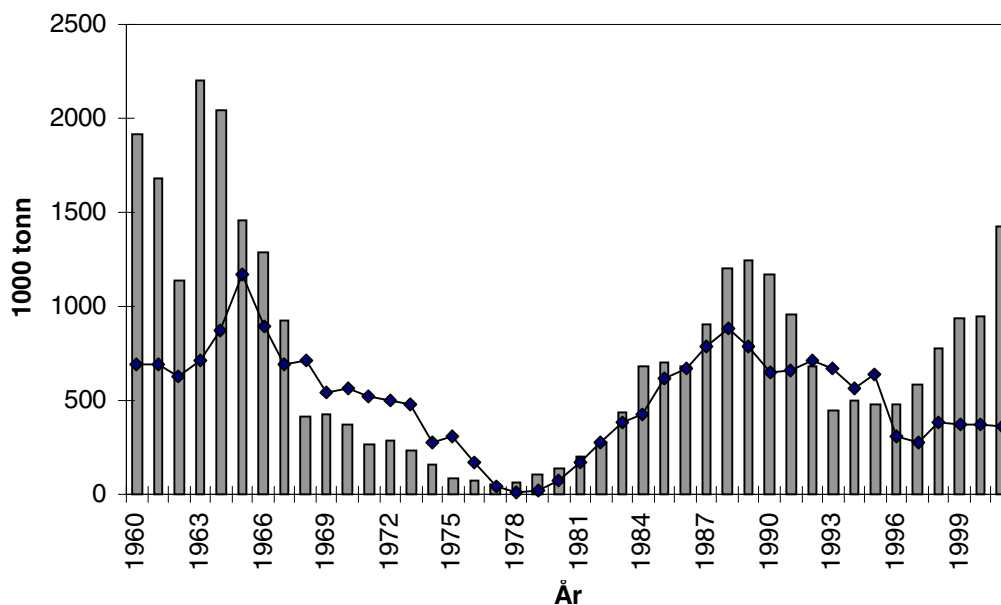
Silda ein fangar i Nordsjøen er ei blanding av bestandar (ICES, 2001). Bestandar som gyt i Nordsjøen, nordsjøsil, er haustgytarar. Vårgytande sild frå vest i Austersjøen vandrar inn i Skagerrak og den nordaustlige delen av Nordsjøen for å ete om sommaren, og haustgytande sild frå Nordsjøen oppheld seg i Kattegat før ho vert kjønnsmoden. Desse to bestandane vert det også fiska frå i Skagerrak og Kattegat-området<sup>4</sup>. Ungsilda i dette område tilhøyrer hovudsakleg Nordsjøbestanden, medan vårgytarane frå Austersjøen er i fleirtal blant den kjønnsmodne fisken. Det finst ingen gode kriterium for å skilje mellom desse bestandane.

Store teknologiske innovasjonar endra fisket i Nordsjøen på og etter 1960-talet (ICES, 2001). På 1960-talet byrja ein å ta kraftblokka i bruk. Dette utløyste utviklinga av eit ringnotfiske for pelagiske bestandar. Etter dette har ein hatt ei stadig utvikling i navigasjons- og kommunikasjonsutstyr, sonarsystem og anna utstyr. Desse betringane har gjort at evna til å fange fisk har auka jamt og trutt opp gjennom åra.

Figur 2.3 viser utviklinga i gytebestand og fangstar av nordsjøsil. Denne figuren viser at fangstane i periodar var større enn gytebestanden. Me ser også at fangstane auka monaleg utover på 1960-talet, noko som førte til at bestanden vart kraftig redusert. Det reduserte tilgjenge av sild gjorde at fangstane gjekk nedover sjølv om fiskemortaliteten auka. Særleg gjaldt nedgangen fangstar av vaksen sild. Innsatsen i fisket etter ung sild auka, slik at dei samla fangstane i større grad bestod av umoden sild. I 1970-åra fekk ein også ei geografisk endring i fisket etter vaksen sild. Dette skuldast at overfisket medførte at den eldste fisken forsvann fyrst, slik at fisket vart overflytta til fyrstegongsgytarane som heldt til i andre områder.

---

<sup>4</sup> ICES-område IIIa.



**Figur 2.3: Utvikling i gytebestand av nordsjøsild (søyler) og fangstar (linje), 1960 -2001.**

Kjelde: ICES, 2002a.

I 1977 var den totale biomassen av nordsjøsild redusert til 212.000 tonn. Det vart difor innført eit moratorium for heile Nordsjøområdet som varte til 1981<sup>5</sup>. Fangstane auka så til 1988, for igjen å gå nedover til 1997. Etter ein liten auke i 1998 har fangstane dei siste åra halde seg relativt stabile på om lag 370.000 tonn per år. For 2003 har ACFM anbefalt ein total kvote, TAC (total allowable catch), for Nordsjøområdet<sup>6</sup> på 450.000 tonn. Dette er ein relativt stor auke i høve til tilrådingane for dei føregåande åra.

Tabell 2.1 viser fangstar i Nordsjøområdet for dei sju viktigaste landa i fisket etter nordsjøsild for åra 1995 til 2001. Danmark og Noreg er dei klart største nasjonane i dette fisket. Fram til 1997 tok danske fiskarar den største delen av fangstane, medan Noreg har vore størst frå og med 1997. Dei sju landa sine relative delar av den samla fangsten er nokolunde stabile gjennom perioden.

<sup>5</sup> Fisket vart gjenopna i den sørlege delen av Nordsjøen i 1981. Fiskeforbodet varte derimot til 1983 i den sentrale og nordlege delen.

<sup>6</sup> ICES-områda IV og VIIId.

**Tabell 2.1: Fangstar av nordsjøsild per land i ICES-område IV og VIIId, 1995-2001 (tonn).**

	1995	1996	1997	1998	1999	2000 <sup>a</sup>	2001 <sup>a</sup>
Danmark	153 363	67 496	38 431	58 924	61 268	64 123	67 096
Frankrike	29 499	12 500	14 524	20 783	26 962	20 952	24 515
Nederland	78 491	35 276	35 129	50 654	54 318	54 382	52 390
Noreg	131 026	43 739	38 745	68 523	70 718	72 844	75 089
Storbritannia	59 489	24 354	26 335	40 038	40 509	42 127	42 319
Sverige	5 017	3 090	2 253	3 221	3 241	3 046	3 695
Tyskland	43 798	14 215	13 381	22 259	26 764	26 687	29 779

Kjelde: ICES, 2002b.

<sup>a</sup> Førebelse tal.

I dette kapitlet har me blant anna sett at ein ved fleire høve har måtta setje i verk omfattande reguleringstiltak for å redde bestanden av nordsjøsild. Den fyrste gongen var på slutten av 1970-talet då ein innførte eit totalforbod mot direkte fiske etter nordsjøsild, medan ein i 1996 gjorde drastiske kutt i TAC for å unngå at bestanden kollapsa. Reguleringane har difor vore avgjerande for at me i dag framleis har eit fiske etter nordsjøsild. I det neste kapitlet vil me sjå nærare på forvaltinga av nordsjøsildbestanden samt dei norske reguleringane av fisket.

### 3. Forvaltning og regulering

Dette kapitlet vil ta for seg forvaltning av nordsjøsildebstanden og reguleringar i fisket. Me vil blant anna sjå korleis kvotane ein har vorte samde om i dei bilaterale avtalane mellom EU og Noreg har vore, me vil sjå på kvotefordelinga mellom dei to partane og på forvaltingsmål for bestanden. Til slutt i kapitlet vert dei norske reguleringane av fisket etter nordsjøsildebstanden presenterte saman med ei kort oversikt over hovudmåla i den norske fiskeripolitikken.

Frå ein økonomisk ståstad vil eit naturleg forvaltingsmål for nordsjøsildebstanden vere at fisket skal gi høgast mogleg økonomisk avkastning. I følgje ACFM kan ein sikre at nordsjøsildebstanden ikkje bryt saman dersom ein opprettheld ein gytebestand som er større enn minste biologisk akseptable nivå på 800.000 tonn. Ein gytebestand som er større enn MBAL vil sikre god rekruttering til bestanden<sup>7</sup>.

Verkemidla som vert brukte for å bevare fiskeressursar kan delast inn i to grupper: input- og outputkontroll (Munro og Scott, 1985). Inputkontroll går ut på å regulere fangstkapasiteten, medan outputkontroll går ut på å regulere sjølve fangstane. Ein nyttar i dag begge typene verkemiddel for å regulere fisket etter nordsjøsildebstanden. Fangstkapasiteten regulerar ein ved hjelp av fiskekonsesjonar, talet på farty og utstyrtypar. Fangstane avgrensar ein ved å fastsetje ein samla tillaten fangst (TAC) og dele denne mellom dei ulike nasjonane som er involverte i fisket og mellom ulike fartygrupper og farty.

Det internasjonale havforskningsrådet, ICES (International Council for the Exploration of the Sea), er ein uavhengig, vitenskapleg organisasjon som gir regionale fiskeriorganisasjonar, EU og nasjonane langs Nord-Atlanteren råd om forvaltninga av det marine miljøet og dei marine ressursane. ICES har tre rådgjevande komitear; ein for fiskeriforvaltning, ACFM (Advisory Committee on Fishery Management), ein for havmiljø, ACME (Advisory Committee on the Marine Environment) og ein for økosystem, ACE (Advisory Committee on Ecosystems). ACFM hentar inn vitenskapleg bakgrunnsmateriale frå medlemslanda og gir årlege råd om fangstar for dei viktigaste fiskeslaga i Nordaust-Atlanteren. Med utgangspunkt i desse råda

---

<sup>7</sup> I følgje ICES vil ein gytebestand større enn MBAL sikre at ein unngår uønska konsekvensar. Det er likevel ikkje nok at ein i gjennomsnitt har ein bestand som er større enn MBAL. ICES anbefalar difor at gytebestanden held seg over ei gitt grense ( $B_{pa}$ , precautionary approach) som vert bestemt ved at sannsynet for at gytebestanden vil halde seg høgare enn MBAL er tilstrekkeleg stort.



forhandlar dei involverte partane seg fram til årlege kvotar og andre reguleringar for dei ulike fiskebestandane.

### *Tilrådingar frå ACFM*

ACFM deler fiskeflåten som fiskar nordsjøsild inn i fire grupper etter kvar og korleis dei ulike fartya fiskar (ICES, 2002b). Fiskefarty som fiskar i ICES-områda IV og VIId inngår i flåte A eller B, medan farty som fiskar i ICES-område IIIa inngår i flåte C eller D. Flåte A og C består vidare av ringnotfarty og trålarar som driv direktefiske etter nordsjøsild. B og D består derimot hovudsakleg av farty som fiskar nordsjøsild som bifangst. Dei fire ulike flåtane vert ikkje regulerte på same måte. Dei artsretta fiskeria (A og C) vert regulerte med TAC, medan flåte B sidan 1996 har vorte regulert med ei øvre grense for bifangstar. På grunn av dette gir ACFM tilrådingar for regulering av kvar av dei fire flåtegruppene.

Tabell 3.1 viser kva råd ACFM har gitt for forvaltning av nordsjøsild i ICES-områda IV og VIId, kva TAC råda svarar til, kva TAC dei involverte partane har vorte einige om og kva fangstar ein har enda opp med i åra frå 1987 og utover. ACFM har ikkje alltid gitt råd som direkte seier kor store fangstar ein bør ta. I tabellen har ein difor med utgangspunkt i råda frå ACFM rekna ut kva TAC råda svarar til. Me ser av tabellen at tilrådd fangst har vorte redusert frå 610.000 tonn i 1987 til 265.000 tonn i perioden 1999 til 2002. Anbefalt fangst var endå lågare i 1996 og 1997, fordi ein ønskte å byggje opp igjen gytebestanden som hadde vorte kraftig redusert på fyrste del av 1990-talet. Tabellen viser at avtalt TAC dei fleste åra stemmer godt overeins med råda frå ACFM. Unntaka finn me hovudsakleg tidleg på 1990-talet, då avtalt TAC låg høgare enn anbefalt TAC. Fangsttala viser at det har vorte fiska ein heil del meir enn det ein har avtalt.

EU og Noreg vart som nemnt samde om drastiske kutt i TAC i 1996. Dette skjedde etter at reviderte bestandstal viste at bestanden var i dårlegare forfatning enn ein fyrst trudde. Tabell 3.1 viser at både tilrådd og avtalt TAC er atskillig lågare frå og med 1996 enn tidlegare år. Truleg medverka dette til å byggje opp att gytebestanden slik at den no er på eit biologisk forsvarleg nivå. I følgje tilrådingane ACFM kom med i juni 2002, var berekna gytebestand for nordsjøsild 1,43 millionar tonn i 2001. ACFM ventar vidare at gytebestanden vil auke til 1,7 millionar tonn i 2002. På grunn av positive framtidsutsikter inneber rådet frå ACFM for 2003 ein relativt stor auke i TAC (ICES 2002b).

**Tabell 3.1: Tilrådd fangst, avtalt TAC, bifangstkvote og samla fangst av nordsjøsild i ICES-områda IV og VII<sup>d</sup>, 1987-2003 (1000 tonn).**

År	Råd frå ACFM <sup>b</sup>	TAC i fylgje råd	Avtalt TAC	Bifangst- kvote	Fangst
1987	TAC	610	600		625
1988	TAC	515	530		710
1989	TAC	514	514		717
1990	TAC	403	415		578
1991	TAC	423	420		588
1992	TAC	406	430		572
1993	Ingen auke i fangst ved $F > 0.3$	340	430		548
1994	Ingen auke i fangst ved $F > 0.3$	346	440		498
1995	Langsiktig gevinst ved lågare F	429	440		566
1996	50% reduksjon i avtalt TAC	156	156	44	265
1997	$F=0.2$	159	159	24	234
1998	$F(\text{vaksne})=0.2$ , $F(\text{ungsild})<0.1$	254	254	22	329
1999	$F(\text{vaksne})=0.2$ , $F(\text{ungsild})<0.1$	265	265	30	336
2000	$F(\text{vaksne})=0.2$ , $F(\text{ungsild})<0.1$	265	265	36	329
2001	$F(\text{vaksne})=0.2$ , $F(\text{ungsild})<0.1$	265	265	36	323
2002	$F(\text{vaksne})=0.2$ , $F(\text{ungsild})<0.1$	265	265	36	
2003	$F(\text{vaksne})=0.25$ , $F(\text{ungsild})=0.12$	450			

*Kjelder:* ICES, 2002a og ICES, 2002b.

<sup>a</sup> Merk at tabellen berre inkluderar ICES-områda IV og VII<sup>d</sup>. Område IIIa, der det også vert fiska nordsjøsild, er dermed ikkje med.

<sup>b</sup> F = Fiskemortalitet.

## Internasjonale avtalar

Før 1977 var fisket etter nordsjøsild tilnærma uregulert<sup>8</sup>. I denne perioden fiska både Noreg og EU i dei områda som etter 1977 vart nasjonale jurisdiksjonsområde. Opprettinga av dei økonomiske sonene i 1977 førte til at det vart etablert eit nærare fiskerisamarbeid mellom Noreg og EU. Hovudinnhaldet i avtalen var at Noreg og EU skulle tillate kvarandre sine

<sup>8</sup> I periodar hadde ein likevel nokre reguleringar som til dømes sesongstenging av fiskeriet, totale fangstkvotar og individuelle kvotar per tur ('trip quotas').

fiskefarty å fiske innanfor sitt eige jurisdiksjonsområde. Ein plikta seg dessutan til å samarbeide om forvaltning og vern av fiskeressursane. Frå og med 1983 vart det oppretta balanse i partane sitt gjensidige fiske<sup>9</sup>. Fisket skulle regulerast i årlege kvoteavtalar mellom partane. I samband med EØS-forhandlingane vart det gjort avtale om utviklinga av det bilaterale fiskerisamarbeidet i 1992.

Frå 1978 og fram til i dag har Noreg og EU inngått årlege kvoteavtalar om fiske av nordsjøsildd på grunnlag av den bilaterale rammeavtalen. Utover på 1990-talet vart det klart at Noreg og EU hadde ulike syn på kva som inngjekk i dei framforhandla kvotane for nordsjøsildd. Noreg meinte at kvotane omfatta all sildd som vart landa, medan EU meinte at dei berre omfatta konsumsildd. Av den grunn tok EU store mengder ungsildd som bifangst i industritrålfisket i tillegg til fangstane av konsumsildd. Den totale fangsten kunne difor verte vesentleg høgare enn totalkvoten ein kvart år hadde avtalt å ta. For å få bestanden i vekst, la Noreg gjennom fleire år press på EU for å få avgrensa det betydelege fisket etter ungsildd.

I desember 1997 inngjekk Noreg og EU ein avtale om forvaltning av nordsjøsildd som har vore gjeldande sidan 1. januar 1998<sup>10</sup>. Forvaltingsplanen i denne avtalen følgjer føre var-prinsippet, og er satt opp for å sikre ei fornuftig utnytting av bestanden og stabilt høge fangstar. I følgje avtalen skal TAC for direktefiske av nordsjøsildd delast mellom dei to partane ved at Noreg får 29% og EU 71%. EU får dessutan heile kvoten for bifangst av nordsjøsildd. Kvotefordelinga byggjer på vandringsmønsteret til nordsjøsilddbstanden og partane sitt tidlegare fiske frå bestanden.

Forvaltingsplanen seier at ein skal gjere alt ein kan for å halde gytebestanden større enn MBAL som er 800.000 tonn (Anon., 2001). Partane har vorte einige om ein fangstregel som går ut på at fiskemortaliteten skal liggje på 0,12 for ungsildd (0- og 1-ringarar) og 0,25 for vaksen sildd (2-ringarar og eldre). Målet er å ha ein gytebestand som er større enn 1,3 millionar tonn. Dersom gytebestanden vert mindre enn dette, skal ein redusere kvotane slik at den raskt vender tilbake til eit nivå større enn 1,3 millionar tonn. Partane skal dersom det er naudsynt, justere forvaltingsmåla og strategiane på basis av nye tilrådingar frå ICES.

---

<sup>9</sup> Balansen medfører at dersom EU til dømes ønskjer ein større del av totalkvoten for ein bestand i norsk økonomisk sone, så må dette kompenseras med kvotetildelingar frå EU til Noreg.

<sup>10</sup> Avtalen frå 1. januar 1998 gjaldt for tre år. Denne avtalen vart så fornya for tre nye år, gjeldande frå 1. januar 2001.

I samarbeidet mellom Noreg og EU er ei av hovudutfordringane vidare å betre utnyttinga av bestandane i Nordsjøen. I tilknytning til dette er utkast av fisk ei særleg utfordring. EU og Noreg har nemleg heilt ulike reglar for utkast av fisk. Medan EU praktiserar eit påbod, er det i Noreg forbod mot utkast for alle kommersielt viktige fiskeslag<sup>11</sup>. Utkast skjer ofte når ein tek opp fisk som det ikkje er att kvote på, når fisken er mindre enn minstemålet eller når fisken er teken i strid med reglane for bifangstar. I tillegg til dette fiskar somme meir enn naudsynt for så å kunne velje ut den mest verdfulle fisken ("high grading"). Resten av fisken kastar ein ut att. Fisk som vert kasta ut går ikkje inn i fangststatistikken, trass i at han døyr når han vert kasta. Dette undergrev dermed dei fastsette forvaltningstiltaka, då det vert eit skilje mellom registrert og faktisk fiskemortalitet.

Også innanfor EU har ein diskutert å innføre eit forbod mot utkast. Dette fekk støtte frå fiskarane i nokre land, medan andre frykta at kostnadane knytte til eit slikt påbod ville verte for store. Per i dag ønskjer ein i EU heller å redusere utkast ved mellom anna å nytte fiskeutstyr med større selektivitet, ved å innføre restriksjonar i fisket for å verne ungfisk og ved å ha minstestørleikar for landing av fisk som stemmer overeins med seleksjonen til utstyret ein nyttar i fisket (EU-kommisjonen, 2002). I tillegg har ein innført forbod mot bruk av automatisk sorteringsutstyr i dei pelagiske fiskeria for å redusere "high grading". Trass i at EU praktiserar eit påbod om utkast av fisk, er dermed både målsetjingane og ein del av verkemidla ein nyttar for å avgrense behovet for utkast mykje likt det ein finn i Noreg.

## Norske reguleringar

Noreg sin totale kvote av nordsjøsilddelt mellom tre fartygrupper. Desse gruppene er ringnot, trål og kystfarty. Fordelinga av kvotar mellom dei ulike typene farty er vist i tabell 3.2. Denne tabellen viser at ringnotfartya har fått tildelt nesten 85% av den totale kvoten dei siste åra. Dette er ein reduksjon i høve til ringnotflåten sin del på fyrste halvdel av 1990-talet. Kystfartya har sidan 1998 fått fiske om lag 8% av totalkvoten. Tabellen viser at denne fartygruppa med få unntak har fått fiske 7.000 tonn nordsjøsilddelt kvart år. Trålfartya sin del av totalkvoten har i den aktuelle perioden vore konstant på 7%. For trål og ringnot har talet på tonn dei har lov til å fiske endra seg noko frå år til år. Tidleg på 1990-talet kunne dei fiske

---

<sup>11</sup> Kommersielt viktige fiskeslag pr. juli 2002: torsk, hyse, sei, uer, makrell, norsk vårgytande sild, Trondheimsfjordsild, nordsjøsilddelt, vassild, lodde og blåkveite (Melding frå fiskeridirektøren, J-99-2002).

relativt store kvanta. På midten av 1990-talet vart så tillate kvantum kraftig redusert saman med den samla norske kvoten, før det auka litt igjen mot slutten av 1990-talet.

**Tabell 3.2: Fordeling av norsk kvote på fartype (i tonn og prosent).**

År	Ringnot	Trål	Kyst	Total kvote
1993	133 250 (88,4 %)	10 560 (7,0 %)	7 000 (4,6 %)	150 810
1994	133 890 (88,4 %)	10 600 (7,0 %)	7 000 (4,6 %)	151 490
1995	132 795 (88,3 %)	10 522 (7,0 %)	7 000 (4,7 %)	132 795
1996 <sup>a</sup>	52 140 (84,9 %)	4 300 (7,0 %)	5 000 (8,1 %)	61 440
1997	49 130 (81,4 %)	4 200 (7,0 %)	7 000 (11,6 %)	60 330
1998	72 590 (84,8 %)	5 990 (7,0 %)	7 000 (8,2 %)	85 580
1999	74 720 (85,0 %)	6 150 (7,0 %)	7 000 (8,0 %)	87 870
2000	72 490 (84,8 %)	5 980 (7,0 %)	7 000 (8,2 %)	85 470
2001	72 490 (84,8 %)	5 980 (7,0 %)	7 000 (8,2 %)	85 470
2002	72 490 (84,8 %)	5 980 (7,0 %)	7 000 (8,2 %)	85 470

*Kjelder:* Norges Sildesalgslag, 1993-2000. Meldingar frå fiskeridirektøren: J-158-2001 og J-270-2001.

<sup>a</sup> Etter endring av kvoteavtalen 13. juni 1996.

Styresmaktene fordeler ikkje berre den norske totalkvoten mellom dei tre fartypegruppene, dei fordeler også totale gruppekvotar mellom fartya i kvar gruppe. Kvantum farty i ringnotgruppa får tildelt ein fartykvote. Med ein fartykvote er ein sikra å få fiske så mykje som kvoten tilseier. Kystfarty og trålarar som er med i direkte fiske etter nordsjøsild, fiskar med maksimalkvotar. Desse kvotane gir ikkje innehavarane nokon garanti for at dei får fiske heile kvoten. Maksimalkvotane vert nemleg sett slik at summen av dei er større enn den samla gruppekvoten (overregulering), og når gruppekvoten er oppfiska vert fisket stoppa.

### Ringnot

Ringnotgruppa bestod i 2000 av 95 farty. Det vart i 1973 innført ei konsesjonsordning for ringnotfiske. Bakgrunnen for dette var at fangstkapasiteten til ringnotflåten på dette tidspunktet var langt større enn dei tilgjengelege ressursane. Konsesjonsordninga gjeld for ringnotfarty større enn 90 fot (27,5 meter). I fisket etter nordsjøsild får også snurpefarty under konsesjonsgrensa (SUK) delta i ringnotgruppa dersom dei oppfyller visse krav.

Gruppekvoten for ringnotfarty vart sett til 72.490 tonn for 2002. Av dette må 60.930 tonn fiskast i Nordsjøen, medan resten må fiskast i Skagerrak. Kwart ringnotfarty som har lov til å delta i nordsjøsildefisket, vert tildelt ein fartykvote innanfor gruppekvoten. Kvoten til kvart farty finn ein ved å multiplisere ein basiskvote som avheng av fartyet sin konsesjonskapasitet, med ein faktor. Denne faktoren vert bestemt ved at ein dividerer gruppekvoten med summen av basiskvotar. Faktoren vert sett av Fiskeridirektoratet som også har høve til å endre den i løpet av perioden. (Melding frå fiskeridirektøren J-270-2001, kap. II).

### **Trål**

Trålarane har fått tildelt ein gruppekvote på 5.980 tonn for 2002. Dette utgjer 7% av den samla norske kvoten. I 2000 var det 52 trålarar som fiska sild. Trålkvoten er meint å dekke eventuelle bifangstar av sild i trålfisket i Nordsjøen. Det er sett grenser for kor store delar av fangstane som kan vere bifangst av sild. Dersom prognostisert bifangst for heile året er lågare enn trålkvoten opnar ein vanlegvis for direktefiske. Ved direktefiske fiskar dei deltakande fartya på maksimalkvotar. Ein reknar då ut ein basiskvote for kvart farty ut frå konsesjonskapasiteten. Maksimalkvoten for kvart farty finn ein så ved å multiplisere basiskvoten med den faktor ein får når ein dividerer gruppekvoten med summen av basiskvotar. Faktoren vert fastsett av Fiskeridirektoratet og kan endrast i løpet av perioden. (Melding frå fiskeridirektøren J-270-2001, kap. III).

### **Kystfarty**

Det var 111 farty i kystgruppa i 2000. Kystfartygruppa vart tildelt 7.000 tonn av den samla kvoten på 85.490 tonn for 2002. Av denne gruppekvoten kan ein maksimalt fiske 4.667 tonn i perioden fram til og med 19. august. Fiskeridirektoratet kan stoppe fisket i fyrste periode når ein reknar med at periodekvantumet er oppfiska, uavhengig av kor mykje av maksimalkvotane dei ulike lengdegruppene med farty har fiska. Farty som har tillating til å fiske med garn kan halde fram med fisket sjølv om fisket i kystfartygruppa er stoppa. Garnfisket kan likevel stoppast når gruppekvoten er oppfiska.

Dei ulike fartya i kystgruppa vert tildelt maksimalkvotar ut frå lengda. Dei minst fartya, som er mindre enn 10 meter, får fiske inntil 60 tonn. Den største lengdegruppa beståande av fartya på mellom 21,00 og 21,35 meter, får fiske inntil 250 tonn kvar. Farty som deltar i kystfisket har berre lov til å fiske til konsum eller agn. I særlege tilfelle kan likevel Fiskeridirektoratet gi dispensasjon frå konsumpåbødet. (Melding frå fiskeridirektøren J-270-2001, kap. IV).

For alle dei tre fartygruppene gjeld det at ein ikkje kan fiske eller levere meir enn ein kvote. Kvoten til eit farty kan heller ikkje overførast til eit anna farty, men må fiskast og leverast av det fartyet som har fått kvoten. All fangst frå EU-sona skal leverast til konsum. Fiskeridirektoratet kan likevel gi dispensasjon frå dette påbodet dersom silda er av for dårleg kvalitet til å kunne nyttast til dette føremålet. Ein har sperra nokre områder heilt eller delvis for fiske av sild. I området mellom 62°00 N og 60°30 N er det heile året forbode å fiske sild frå grunnlinjene og ut til 12 nautiske mil. Frå og med 15. februar til og med 30. april er det også forbode å fiske sild i området mellom 62°N og ei rett linje mellom Lindesnes fyr og Hanstholm fyr innanfor 12 nautiske mil rekna frå grunnlinjene. (Melding frå fiskeridirektøren J-270-2001, kap. V og VI).

### **Norsk fiskeripolitikk**

Hovudmålsetjingane i den norske fiskeripolitikken er diskuterte og nedfelte i fleire stortingsmeldingar dei siste tiåra<sup>12</sup>. Målsetjingar som går igjen er bevaring av hovudtrekka i busetjingsmønsteret, vern av ressursgrunnlaget, at folk skal sikrast trygge og gode arbeidsplassar og at den reelle lønsevna i fiskerinæringa skal aukast. Desse måla har vorte sett på som likestilte, men i Stortingsmelding nr. 58 (1991-92) ”Om struktur- og reguleringspolitikk overfor fiskeflåten” vart vern av ressursgrunnlaget trekt fram som det mest sentrale målet i den norske fiskeripolitikken.

Målsetjinga om å oppretthalde sysselsetjinga og målsetjinga om å bevare busetjingsmønsteret er nært knytte til kvarandre, men dei ulike målsetjingane i fiskeripolitikken kan også vere motstridande. Eksempelvis kan ein for å nå målet om å bevare ressursgrunnlaget, måtte redusere innsatsen i fiskeriet, noko som vil stride både mot sysselsetjingsmålet og målet om å bevare busetjingsmønsteret.

For ei grundigare skildring av måla i den norske fiskeripolitikken og dei ulike reguleringane, sjå til dømes Årland og Bjørndal (2002).

I kapittel 7 vil me kome attende til forvaltingsregima og reguleringane som har vorte skildra i dette kapitlet. Då vil me undersøkje tilbodet av sild under ulike reguleringsystem, både dei

---

<sup>12</sup> Sjå til dømes St.meld. nr. 18 (1977-78), St.meld. nr. 93 (1982-83) eller St.meld. nr. 51 (1997-98).

faktiske som har vorte presenterte i denne delen, og dei to meir teoretiske tilfella med optimalt regulert og fritt fiske. Tilbodskurver for dei to sistnemnde reguleringssystema vil verte utleia og estimerte i kapitla 5 og 6.



#### 4. Verdi og bruk av dei norske fangstane

Tilbodet av nordsjøsil er avhengig av mellom anna kva pris fiskarane oppnår for fangstane. Når me i neste kapittel skal utleie tilbodskurver for optimalt regulert og fritt fiske vil desse tilbodskurvane vere gitt ved ulike likevektskombinasjonar av pris og fangst. Verdien av fangstane vil difor vere avgjerande for kor stort tilbodet vert. Som me vil sjå i dette kapitlet er verdien ein oppnår for fangstane igjen avhengig av kva fangstane kan nyttast til. Dette er bakgrunnen for at me no vil sjå på verdien og bruken av dei norske fangstane av nordsjøsil.

Silda vert hovudsakleg nytta på to måtar, enten som menneskeføde (konsum) eller ho vert redusert til fiskemjøl og fiskeolje. Tabell 4.1 viser utnyttinga av dei norske fangstane med nordsjøsil frå 1995 til 2001.

**Tabell 4.1: Bruk av norske fangstar av nordsjøsil omsett gjennom Norges Sildesalgslag, 1995-2001 (i tonn).**

	Levert i Noreg:	Levert i utlandet:		Samla norske	
	konsum	konsum	Sjølvsproduksjon <sup>a</sup>	Mjøl og olje	leveransar
1995	45 502	31 735	10 114	66 132	153 483
1996	28 750	23 771	2 560	4 460	59 541
1997	23 438	20 248	2 476	9 668	55 830
1998	39 393	25 734	2 634	17 559	85 320
1999	37 967	25 217	3 147	18 195	84 526
2000	41 668	30 238	4 205	4 305	80 416
2001	42 347	36 636	3 491	3 344	85 818

*Kjelde:* Norges Sildesalgslag (1995-2001).

<sup>a</sup> Produksjon om bord i fiskefartya.

Tabellen viser at dei samla leveransane har variert mykje mellom 1995 og 2001. Frå 1995 til 1996 vart kvantumet kraftig redusert på grunn av at Noreg og EU reduserte kvotane. Etter dette har leveransane auka noko, men dei ligg likevel atskillig lågare enn det nivået ein låg på før reduksjonen i 1996.

Den relative delen av leveransane som har gått til konsum har auka. I 1995 gjekk om lag 50% av leveransane til konsum, medan heile 92% av leveransane gjekk til konsum i 2001. I tillegg til dette går sjølvsproduksjon, som er produksjon om bord i fiskefartya, også hovudsakleg til konsum. For levering i Noreg har leveransane til konsum auka frå om lag 30% av leveransane

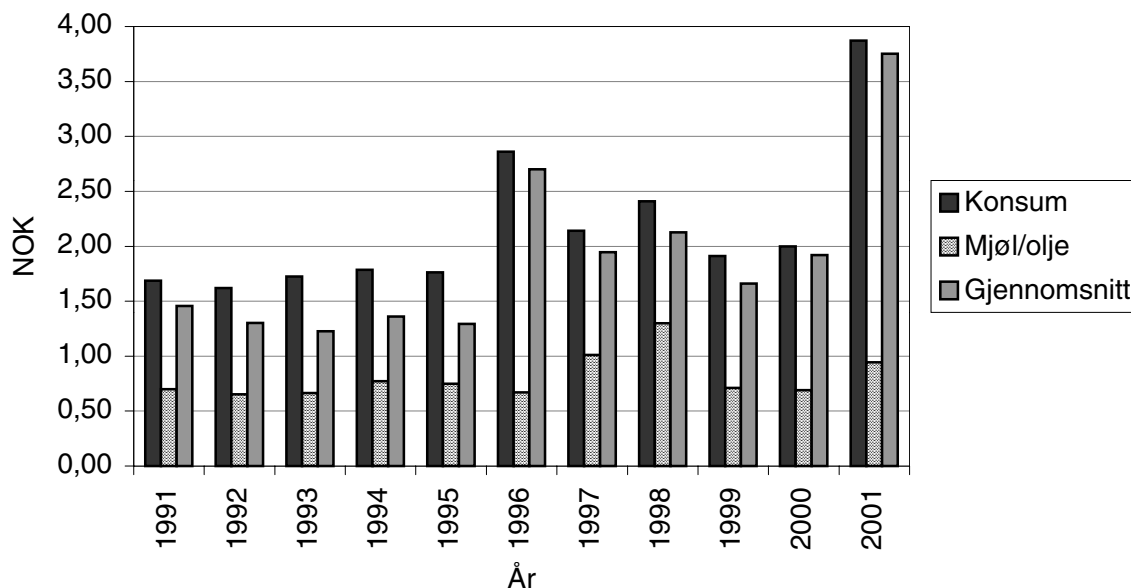
i 1995 til vel 49% i 2001. Auken har vore endå større når det gjeld norske farty sine leveransar til konsum i utlandet. Desse har auka frå om lag 21% av samla leveransar i 1995 til 43% i 2001. Samla leveransar til konsum utgjorde difor heile 92% av dei norske leveransane i 2001. Leveransar til mjøl og olje har variert mykje i perioden. I 1995 utgjorde desse leveransane over 40% av samla leveransar, medan dei året etter berre utgjorde 7%. Dei siste to åra har leveransar av nordsjøsild for reduksjon til mjøl og olje vore relativt små.

Prisane ein oppnår for nordsjøsilda er avhengig av kva fangstane kan nyttast til. Sild som vert levert for konsum vert som regel høgare verdsett enn sild levert for reduksjon til mjøl og olje. Figur 4.1 viser utviklinga i oppnådde nominelle prisane for nordsjøsild levert til konsum og for reduksjon til mjøl og olje, samt gjennomsnittsprisar for åra 1991 til 2001. Me ser av figuren at prisane både for leveransar til konsum og for leveransar for reduksjon til mjøl og olje var relativt stabile fram til og med 1995. Frå 1995 til 1996 auka prisen for leveransar til konsum med over 60%, medan prisen for leveransar til reduksjon heldt seg på same nivået som før. Dette førte til at prisen for leveransar til konsum var over 320% høgare enn prisen for nordsjøsild levert for reduksjon til mjøl og olje dette året. I dei etterfølgjande åra vart skilnaden mellom prisane noko redusert, før prisen for leveransar til konsum igjen auka kraftig frå 2000 til 2001.

Auken i pris for levering til konsum var over 90% mellom 2000 og 2001. Trass i at også prisen for levering for reduksjon aukar ein del, var avviket mellom dei to prisane heile 312% i 2001. Det er fleire grunnar til at prisen for sild til konsum auka så mykje i 2001. Ein grunn er at det samla tilbodet av sild vart redusert, fordi kvotane for norsk vårgytande sild var små dette året mot tidlegare år. Dessutan var den utanlandske etterspurnaden etter sild stor, særleg frå Russland og Aust-Europa. Omsetnaden av sild i fyrste halvdel av 2002 indikerar at det høge prisnivået frå 2001 har halde seg også i fyrste halvdel av 2002<sup>13</sup>. Men enkelte meiner at prisane ikkje vil kunne halde seg på eit slikt nivå vidare, og forklarar dette med at pris til fiskar var for høg denne perioden i høve til kva ein oppnådde for silda ute i marknaden (Intrafish, 10.06.2002).

---

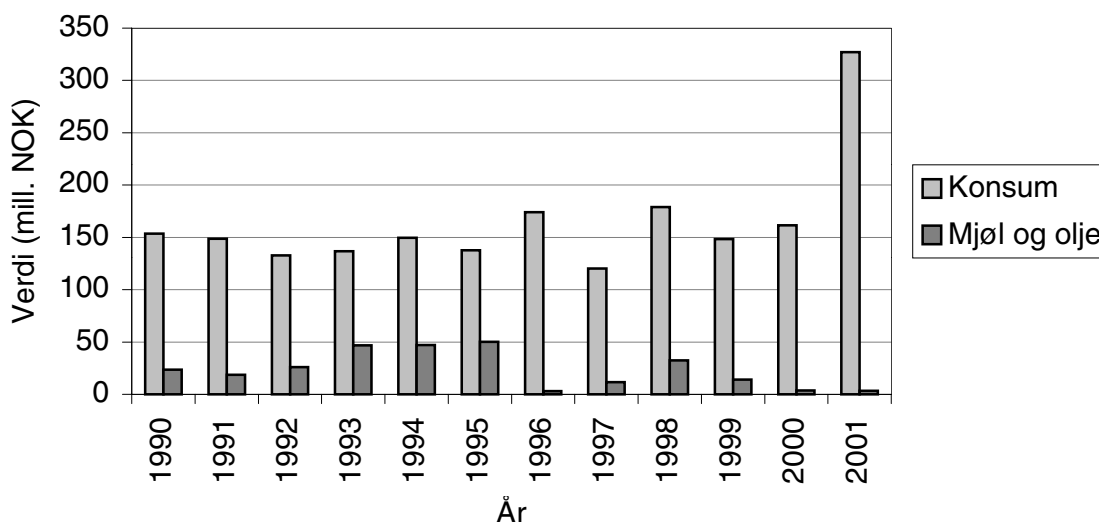
<sup>13</sup> Kjelde: "Tall og fakta", [www.sildelaget.no](http://www.sildelaget.no).



**Figur 4.1: Nominelle priser for nordsjøsild levert til konsum og for reduksjon til mjøl og olje, samt gjennomsnittsprisar, 1991-2001.**

*Kjelde: Norges Sildesalgslag (1991-2001).*

Dei samla verdiane av leveransar til konsum og av leveransar for reduksjon til mjøl og olje for åra 1990 til 2001 er viste i figur 4.2. Me ser at den samla nominelle verdien av leveransar til konsum heldt seg relativt stabil rundt 150 millionar norske kroner per år fram til og med 2000. Frå 2000 til 2001 skjer det ei dobling i verdien av nordsjøsild levert til konsum. Denne doblinga skuldast hovudsakleg den store prisauken for sild levert til konsum, men også kvantum levert til konsum auka frå 2000 til 2001. I høve til verdiane av leveransar til konsum, har verdiane av leveransar for reduksjon til mjøl og olje vore relativt små dei siste åra. Tidleg på 1990-talet og særleg i åra 1993 til 1995, gjekk forholdsvis store kvanta til reduksjon. Av den grunn utgjorde verdien av leveransar til reduksjon over ein fjerdedel av den samla verdien til konsum og reduksjon i desse åra. I 2001 var denne delen redusert til 1%.



**Figur 4.2: Samla nominell verdi av nordsjøsilde omsett gjennom Norges Sildesalgslag levert for konsum og for reduksjon til mjøl og olje, 1990-2001.**

*Kjelde: Norges Sildesalgslag (1990-2001).*

Av figur 4.2 ser me eit skilje mellom perioden før og perioden etter 1996. Utviklinga har gått i retning av at ein mykje større del av verdiane kjem frå leveransar til konsum. At denne endringa kom i 1996 er nok ikkje heilt tilfeldig. Frå og med 1996 vart som nemnt dei avtalte kvotane kraftig reduserte i høve til tidlegare år. Dette kan ha medført at fiskefartya, for å halde inntektene så høge som mogleg, leverte meir til konsum som gir høgare pris.

For at lasta skal kunne leverast til konsum må den vere av ein viss kvalitet. Kvalitetskrava for leveransar for reduksjon til mjøl og olje er derimot noko lågare. Fiskefartya kan ta større laster ved levering for reduksjon til mjøl og olje enn ved levering til konsum. Det betyr at kostnadane ved levering til konsum er større enn kostnadane ved levering til mjøl og olje. Fiskarane vil difor levere fangstar for reduksjon til mjøl og olje sjølv om prisen ein oppnår for dette er lågare enn prisen for silde til konsum.

Me såg i kapittel 3 at dei norske reguleringane av fisket etter nordsjøsilde inneheld reglar for kva bruksområde fangstane skal leverast til. Alle norske fangstar tatt i EU-sona skal til dømes gå til konsum, medan kystflåten sine fangstar skal gå enten til konsum eller agn. Reguleringane har difor ei viss innverknad også på fordelinga av leveransar til dei ulike bruksområda.

Me har i desse fyrste kapitla beskrive biologi, populasjonsdynamikk, fangstar, forvaltning, reguleringar og no til slutt bruken og verdien av dei norske fangstane av nordsjøsild. Etter å ha fått dette på plass kan me gå i gong med å utleie og estimere tilbodskurver for fiskeriet. Dette vil verte gjort i dei to neste kapitla, før me i kapittel 7 nyttar dei estimerte tilbodskurvene til å vurdere konsekvensar av ulike reguleringsystem.

## 5. Teori og modell

I dette kapitlet vil me utleie ein bioøkonomisk modell for nordsjøisild. Ut frå denne vil me finne fram til likevektstilbodskurver for fiskeriet dersom dette er optimalt regulert og dersom det er heilt utan reguleringar (fritt fiske). Seinare vil me estimere dei utleia tilbodskurvane (kapittel 6) og vurdere dei saman med dei faktiske reguleringane i nordsjøisildfisket (kapittel 7).

### Bioøkonomisk modell

Modellen som vert skildra her har to komponentar; ein industrikomponent som viser fiskarane si åtferd og ein populasjonskomponent. Modellen vil verte sett opp i diskret tid som eit system av differenslikningar.

### Populasjonsdynamikk

Endringar i bestandstorleik (biomasse) skjer som følgje av rekruttering av nye individ til bestanden, vekst hos eksisterande individ, naturleg død eller ved fangst frå bestanden (Munro og Scott, 1985). Endring i biomasse kan dermed uttrykkjast som:

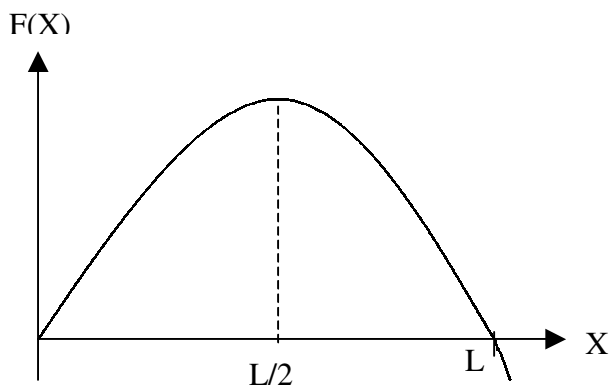
$$(1) \quad X_{t+1} - X_t = F(X_t) - H(\cdot),$$

der  $X_t$  er samla biomasse i starten av periode  $t$ ,  $F(X_t)$  er biomassen sin naturlege vekst i periode  $t$  og  $H$  er samla fangst per periode. Den naturlege veksten i biomassen vil verte forklart ved diskret tid-analogen til den logistiske vekstfunksjonen:

$$(2) \quad F(X_t) = rX_t \left( 1 - \frac{X_t}{L} \right),$$

der  $r$  er vekstrata (intrinsic growth rate) og  $L$  er økosystemet si bereevne.

Av figur 5.1 ser me at den naturlege veksten i bestanden er aukande heilt til bestanden er halvparten så stor som bereevna,  $L$ . Frå dette punktet og utover går veksten nedover. Når bestanden har nådd bereevna vil veksten vere lik null. Dersom bestanden er større enn bereevna, vil veksten vere negativ heilt til bestanden når bereevna,  $L$ .



**Figur 5.1: Den naturlege vekstfunksjonen.**

Den naturlege veksten vert her modellert som deterministisk trass i at det i røynda er ein stokastisk prosess<sup>14</sup>. Veksten i bestanden vert nemleg påverka av mange andre faktorar enn bestandsstorleiken. Til dømes såg me i kapittel 2 at både egg og yngel av sild er svært følsame for skiftande ytre tilhøve, slik at variasjonen i talet på individ som veks opp frå år til år kan vere stor. Denne modellen tek heller ikkje omsyn til effektar andre bestandar har på sildebestanden<sup>15</sup>. Storleiken på andre bestandar påverkar hovudsakleg veksten i sildebestanden gjennom predasjon og konkurranse om føde, der predasjon vert rekna for å ha størst innverknad.

Den biologiske modellen ovanfor skil ikkje mellom ung og vaksen fisk. Dette vil vere ein veikskap så lenge ein landar fisk av ulik alder og storleik. Det einaste som påverkar veksten i modellen er bestandsstorleiken målt i samla biomasse, noko som medfører at me implisitt føreset at alle individa i bestanden uavhengig av alder og storleik har same vekstrate. Modellen vil dermed predikere same vekst for ein bestand bestående av ung fisk som for ein bestand bestående av vaksen fisk, så lenge samla biomasse er gitt.

Samla sett gir den biologiske modellen ovanfor eit svært forenkla bilete av røynda. Modellen vil likevel verte brukt, fordi den er enkel både å estimere og bruke, i tillegg til at den trass alt har vist seg å forklare den naturlege bestandsveksten relativt bra.

<sup>14</sup> Om uvisse og fiskerireguleringar; sjå til dømes Doubleday (1976) eller Hannesson og Steinshamn (1991).

<sup>15</sup> Dette kan vere bestandar av fisk, sjøfugl og sjøpattedyr. Sjå Munro og Scott (1985) eller Bjørndal og Munro (1998) for ei oversikt over litteratur om fleirbestandsmodellar (multispecies fisheries).

### Fiskarane si åtfærd

Avgjersler om fartystorleik og -utforming, fangstutstyr, når, kor lenge og kvar ein skal fiske, kva artar ein skal fiske osv. vert som regel fatta av fartyeigarane. Modellen vil difor skildre åtfærd til individuelle farty som om dei vert opererte av ein eigar.

Dersom me føreset at alle fartya i fiskeriet er identiske, kan me setje opp ein Cobb-Douglas produktfunksjon for den samla fangsten på følgjande måte:

$$(3) \quad Y_t = H(K_t, X_t) = aK_t^b X_t^g,$$

der  $K_t$  er innsatsen i fiskeriet i periode  $t$  målt ved talet på farty. Å bruke talet på farty som mål på innsats kan forsvarast med at sild er ein stimfisk, og at søket etter stimar av fisk er det viktigaste i eit slikt fiske (Bjørndal og Conrad, 1987). Av den grunn vil talet på deltakande farty kunne vere eit bra mål på innsats i fiskeriet. Cobb-Douglas produktfunksjonen vert brukt, fordi den viste seg å gi dei mest plausible verdiane for den bioøkonomiske likevekta og dynamikken ved fritt fiske i Bjørndal og Conrad (1987). Her vart fleire moglege produktfunksjonar for fangst av nordsjøsild vurderte.

Avhengig av parameteren  $g$ , kan produktfunksjonen i (3) skildre ulike fordelingar av fisk. Dersom  $g = 1$  som i ein standard Schaefer produktfunksjon, tydar det at fisken til ei kvar tid fordeler seg uniformt over eit gitt område. Pelagisk stimfisk som sild vil ikkje oppføre seg på denne måten. Slik fisk vil derimot oppretthalde ein viss tettheit heile tida. Når storleiken på bestanden vert endra betyr det at storleiken på området fisken held seg i også vert endra. Cobb-Douglas produktfunksjonen skildrar denne typen åtfærd dersom  $0 \leq g < 1$  (Clark, 1990). Dersom  $g = 0$  vil me ha eit reint stimfisk fiskeri. Kostnadane ved å fange fisken vil i dette tilfellet vere uavhengige av bestandstorleiken.

I modellen som vert brukt her vil kostnaden per innsatseining vere konstant. Basert på dette kan me setje opp kostnadsfunksjonen til produktfunksjonen i (3):

$$(4) \quad C(X_t, Y_t) = c \cdot K_t = c \cdot \left( \frac{Y_t}{aX_t^g} \right)^{\frac{1}{b}},$$

der  $c$  er variabel kostnad per farty per sesong. Av dei variable kostnadane per farty vil me sjå vekk frå den delen som er knytt til mannskapen. Dette vil verte gjort samtidig som me



reduserar pris til fartyeigar med ein del som svarar til desse kostnadane sin del av dei samla variable kostnadane. Me står då igjen med dei inntektene og kostnadane som fartyeigarane ser på når dei tek avgjersler i fisket. Dette vil me kome attende til i neste kapittel.

Profitt vert definert som skilnaden mellom inntekter og kostnadar i året:

$$(5) \quad \pi_t = pH(X_t, Y_t) - cK_t = pH(X_t, Y_t) - C(X_t, Y_t),$$

der  $p$  er pris til fartyeigar per eining fangst. Denne profitten er den samla ressursrenta frå bestanden på tidspunkt  $t$ . To føresetnadar ligg implisitt i likning (5) (Bjørndal og Conrad, 1987). For det fyrste må dette fiskeriet vere eit av fleire som fiskar den aktuelle arten, elles ville prisen vore avhengig av fangstkvantumet. For det andre føreset me at prisar og kostnadar er konstante over tid. Det er lite truleg at dei to føresetnadane held i fisket etter nordsjøsild eller andre verkelege fiskeri. Når det gjeld den fyrste føresetnaden vil nok ei større endring i fangstkvantum av nordsjøsild gi utslag i sildeprisen. Men det samla fangstkvantumet av nordsjøsild er relativt lite i høve til andre sildefiskeri, så det er likevel ikkje sikkert at endra fangstar av nordsjøsild har den heilt store innverknaden på prisen. Det er dessutan mogleg å variere  $p$  og  $c$  i modellen og på den måten løyse for ulike pris- og kostnadsnivå.

## Likevektstilbod

På grunnlag av populasjonsdynamikken og åtferda til fiskarane, kan me utleie tilbodskurvane ved fritt og optimalt regulert fiske. Dette vil vere likevektfangstane ved ulike prisar. Likevektsløysingane viser som namnet tilseier, tilpassingar i likevekt. Dei seier derimot ikkje noko om korleis ein bør nærme seg ei likevekt eller kor lang tid dette vil ta<sup>16</sup>.

Copes (1970) viser at den langsiktige tilbodskurva for eit fiskeri vil vere bakoverbøygd ved fritt fiske, medan Clark (1990) utleia likevektstilbodskurva for eit optimalt regulert fiske. Bjørndal (1987) estimerar ein tilbodsfunksjon for nordsjøsild, men føremålet med hans studie var å nytte dualitet til å finne ut noko om den underliggjande produksjonsteknologien. Tilbodsfunksjonen i seg sjølv vart dermed ikkje utleia.

---

<sup>16</sup> Sjå Clark og Munro (1975) om optimale val av fangstar på veg mot likevekt ('optimal approach path').

**Fritt fiske**

Fritt fiske representerar den tradisjonelle tilpassinga i eit fiskeri. Dersom det er fritt fiske er fisket heilt utan reguleringar, og fiskarane vil dermed auke innsatsen heilt til profitten er lik null. Dersom det ikkje er noko som avgrensar deltakinga i fiskeriet kan nemleg kven som helst skaffe seg eit farty og starte med fiske frå bestanden. Me føresette tidlegare at alle fartya som deltek i fisket er identiske. Det vil seie at kvart farty får ein like stor del av den samla profitten i (5). For gitt innsats i fiskeriet betyr dette at alle deltakande farty enten oppnår positiv, negativ eller ingen profitt. På sikt vil ein ikkje kunne operere med negativ profitt, difor vil nokre farty etter kvart trekkje seg ut av fisket heilt til profitten ikkje lenger er negativ. Dersom i staden alle farty oppnår positiv profitt frå fisket, vil dette gi incentiv til å investere i nye farty slik at innsatsen i fiskeriet aukar. Incentivet til å investere i nye farty vil ikkje forsvinne før fangstinntekta per farty har falle så mykje at den har same verdi som kostnadane per farty (Hannesson, 1993). Ved fritt fiske vil dermed kvar fiskar utnytte ressursen utan å ta omsyn til effekten eigen fangst kan ha på den framtidige bestanden (Clark, 1990). Denne eksterne effekten kan kontrollerast ved at ein eigar forvaltar bestanden, noko me vil kome attende til når me skal sjå på det optimalt regulerte fisket.

For at systemet skal vere i likevekt må bestandsstorleiken vere uendra frå sesong til sesong. Det vil seie at fangsten kvart år må vere nøyaktig like stor som den naturlege veksten i bestanden. Likevekta i fritt fiske, der profitten til fiskarane er null samstundes som bestanden held seg konstant frå periode til periode, vert kalla den bionomiske likevekta (Gordon, 1954). Basert på dette kan me rekne ut tilbodet av fisk ved ulike prisar i tilfellet med fritt fiske.

*Krav til biologisk likevekt:*

Fangsten er like stor som den naturlege veksten kvar periode.

$$X_{t+1} - X_t = F(X_t) - aK_t^b X_t^g = 0$$

$$(6) \quad \Rightarrow Y_t = aK_t^b X_t^g = F(X_t)$$

*Krav til økonomisk likevekt:*

Profitten er lik null, det vil seie at kostnadane er like store som fangstinntektene.

$$\pi_t = p \cdot aK_t^b X_t^g - cK_t = 0$$

$$(7) \quad \Rightarrow X_\infty = \left( \frac{c}{paK^{(b-1)}} \right)^{\frac{1}{g}}$$

Dersom prisen endrar seg slik at profitten vert positiv, vil dette medføre at nye farty går inn i fisket. For å finne ein samanheng mellom pris og fangst som gir profitt lik null, må me difor stille følgjande krav til innsatsen i fiskeriet:

$$\pi = pY - cK = 0$$

$$(8) \quad \Rightarrow K_\infty = \frac{pY}{c}$$

Me kan no ved hjelp av likningane (2), (6) og (7) uttrykkja fangsten,  $Y$ , som funksjon av prisen,  $p$ , og innsatsen,  $K$ :

$$(9) \quad Y_\infty = r \cdot \left( \frac{c}{paK_\infty^{(b-1)}} \right)^{\frac{1}{g}} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{L} \cdot \left( \frac{c}{paK_\infty^{(b-1)}} \right)^{\frac{1}{g}} \right]$$

For å finne likevektstilbodet av fisk ved ulike prisar, må også likning (8) vere oppfylt. Elles vil ikkje kravet om null profitt halde, og fiskeriet vil dermed ikkje vere i likevekt. Det er ikkje mogleg å setje inn for innsats,  $K$ , i likning (9), for så å løyse uttrykket direkte med omsyn til fangsten. For å finne fram til tilbodet ved ulike prisar må me difor nytte ein numerisk metode som tek omsynt til at både likning (8) og (9) skal halde samtidig.

Storleiken på den maksimale likevektsfangsten,  $MSY$ , er:

$$MSY = \frac{rL}{2} \left( 1 - \frac{L/2}{L} \right) = \frac{rL}{4}$$

For spesialtilfellet der  $b = g = 1$ , som i ein standard Schaefer produktfunksjon, kan me finne eit eksplisitt uttrykk for fangsten:

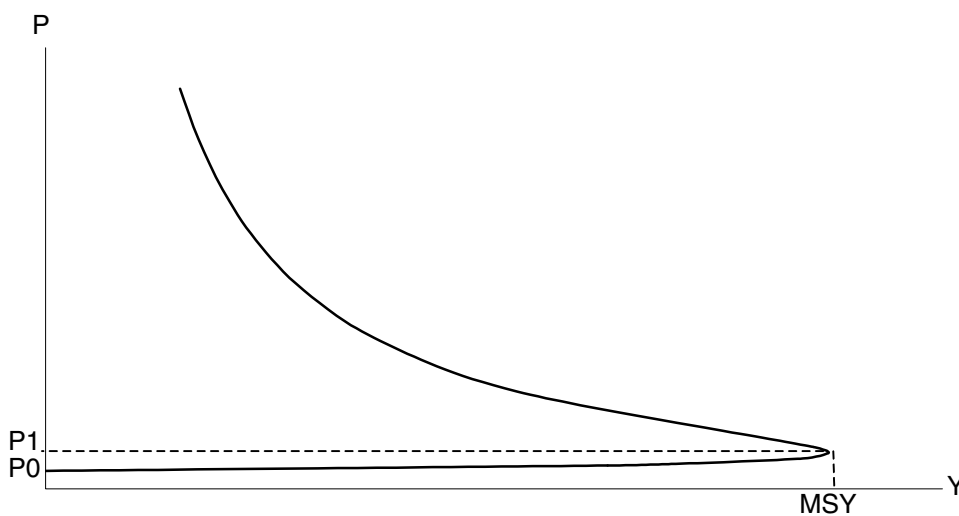
$$Y_{\infty} = \frac{rc}{pa} \left( 1 - \frac{c}{paL} \right)$$

Ut frå dette uttrykket finn me at likevektstilbodet,  $Y_{\infty}$ , vil vere null for  $p \leq \frac{c}{aL}$ . Ved å

maksimere uttrykket med omsyn til prisen,  $p$ , får me at den prisen som gir maksimal fangst er

$p_{msy} = \frac{2c}{aL}$ . Me kan også sjå kva som skjer med tilbodet dersom prisen går mot uendeleg:

$$\lim_{p \rightarrow \infty} Y_{\infty} = 0.$$



**Figur 5.2: Tilbodskurve ved fritt fiske (Schaefer produktfunksjon).**

Figur 5.2 viser tilbodskurva ved fritt fiske med Schaefer produktfunksjon. Tilbodet i fritt fiske

vil vere lik null så lenge prisen er mindre enn  $\frac{c}{aL}$  ( $P_0$  i figuren). Dersom prisen vert større

enn dette vil tilbodet auke med prisen heilt til  $MSY$  vert nådd for prisen  $\frac{2c}{aL}$  ( $P_1$  i figuren).

Dersom prisen aukar ytterlegare vil tilbodet gå nedover igjen og nærme seg null for aukande pris.

### **Optimalt regulert fiske**

Eit optimalt regulert fiske er regulert på ein slik måte at den samfunnsøkonomiske gevinsten frå fisket over tid vert maksimert. Den samfunnsøkonomiske gevinsten vil vere summen av

konsumentoverskottet og profitten til fiskarane. I motsetnad til tilfellet med fritt fiske vil ein i eit optimalt regulert fiske ta omsyn til effekten kvart farty sine fangstar har på den framtidige bestanden. Med uendeleg elastisk etterspurnad, det vil seie konstant pris slik me føreset her, vil det sosiale optimum vere ekvivalent med den tilpassinga ein får dersom fiskebestanden vert eigd av ein person som maksimerar profitt (Clark, 1990). Dette betyr at noverdien av den samla profitten frå fiske i all framtid må vere maksimert i eit optimalt regulert fiske. Handlingsvariabelen er årleg fangst frå bestanden. Me har frå før at samla profitt per år er gitt ved  $\pi = pY - C(X, Y)$ .

Noverdien av profitt frå alle komande periodar (uendeleg tidshorisont) vert difor som følgjer:

$$(10) \quad J(X_t, Y_t) = \sum_{t=0}^{\infty} \left[ \left( \frac{1}{1+\rho} \right)^t \left( pY_t - c \left( \frac{Y_t}{aX_t^g} \right)^{\frac{1}{b}} \right) \right],$$

der  $\rho$  er samfunnet si diskonteringsrate.

Me ønskjer å maksimere dette uttrykket over  $Y$ , gitt at den biologiske restriksjonen  $X_{t+1} - X_t = F(X_t) - Y_t$  held<sup>17</sup>. Dette er eit optimal kontroll problem med fangsten,  $Y$ , som kontrollvariabel og bestanden,  $X$ , som tilstandsvariabel<sup>18</sup>. Hamilton-funksjonen (*current value Hamiltonian*) til problemet er:

$$(11) \quad \tilde{H}(X_t, Y_t, \mu_{t+1}) = pY_t - c \left( \frac{Y_t}{aX_t^g} \right)^{\frac{1}{b}} + \frac{1}{1+\rho} \cdot \mu_{t+1} (F(X_t) - Y_t),$$

der  $\mu$  er co-state variabelen til den dynamiske restriksjonen.  $\mu_{t+1}$  representerar skuggeprisen til bestanden, det vil seie veridien av ei ekstra eining av  $X$  i periode  $(t + 1)$ . Ved hjelp av fyrste ordens vilkåra kan me finne optimal likevektsfangst for ulike prisar. Som i tilfellet med fritt fiske er det heller ikkje her mogleg å finne eit uttrykk som gir likevektsfangst direkte som funksjon av pris. Det er derimot mogleg å løyse for prisen,  $p$ . Ved hjelp av fyrste ordens vilkåra kan me uttrykkje prisen ved bestand og fangst på følgjande måte<sup>19</sup>:

<sup>17</sup> Me pålegg også fangst- og bestandsstorleikane å vere ikkje-negative.

<sup>18</sup> For ei innføring i løysing av denne typen problem, sjå til dømes Conrad og Clark (1987) kapittel 1.

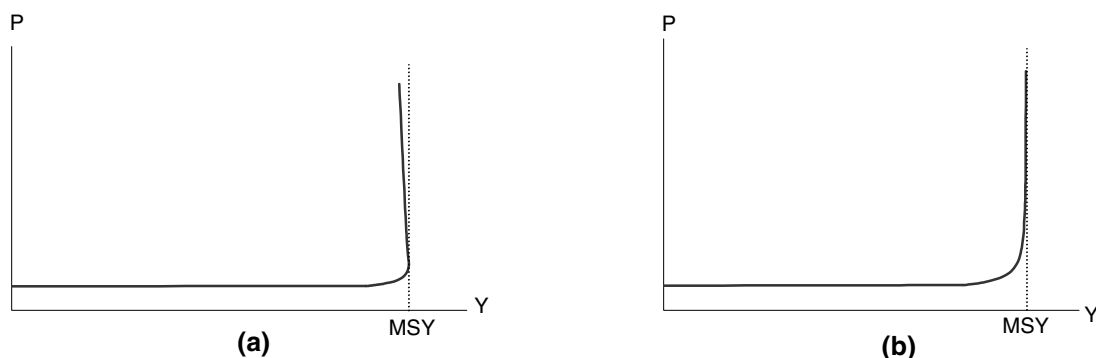
<sup>19</sup> Beregningar er viste i vedlegg V.2.

$$(12) \quad p = \frac{c}{bY} \left( \frac{Y}{aX^g} \right)^{\frac{1}{b}} + \frac{cg \left( \frac{Y}{aX^g} \right)^{\frac{1}{b}}}{\rho - r + \frac{2rX}{L}}$$

I tillegg har me at:

$$(13) \quad Y = F(X) = rX \left( 1 - \frac{X}{L} \right)$$

Ved hjelp av likningane (12) og (13) kan me finne optimale kombinasjonar av pris og fangst. Desse kombinasjonane kan framstillast grafisk. Figur 5.3 viser tilbodskurver ved optimal regulering av fisket. Tilbodet vil variere med samfunnet si diskonteringsrate,  $\rho$ . I figur 5.3a er diskonteringsrata 10%. Fangstane vil då auke med prisen heilt til maksimal likevektsfangst ( $MSY$ ) er nådd. Dersom prisen aukar ytterlegare, vil det løne seg å fiske ned bestanden til eit nivå som ligg under det som gir  $MSY$ . Likevektsfangsten vil difor verte redusert når prisen stig.



**Figur 5.3: Tilbodskurver for ulike diskonteringsrate,  $\rho$ , i optimalt regulert fiske. (a)  $\rho = 10\%$ . (b)  $\rho = 0$ .**

Dersom  $\rho = 0$ , slik tilfellet er i figur 5.3b, vil ein utan omsyn til pris aldri ha så store fangstar at ein når maksimal likevektsfangst,  $MSY$ . Fangstane vil i dette tilfellet nærme seg  $MSY$  asymptotisk når prisen går mot uendeleg (Clark, 1990).

Som ved fritt fiske vil me her også sjå på spesialtilfellet med ein standard Schaefer produktfunksjon. Ved å setje  $b = g = 1$  i likning (13), får me følgjande uttrykk for likevektstilbodet:

$$p = \frac{c}{aX} + \frac{\frac{c}{X} \cdot \left( \frac{Y}{aX} \right)}{\rho - r + \frac{2rX}{L}}$$

Frå dette uttrykket finn me at tilbodet vil vere null dersom følgjande ulikskap held:  $p < \frac{c}{aL}$ .

Som nemnt ovanfor vil forma på tilbodskurva avhenge av diskonteringsrata. Tilbodet vil nærme seg  $Y_\rho^* = F(X_\rho)$  når prisen går mot uendeleg, der  $F'(X_\rho) = \rho$  (Clark, 1992). Dette

gir at  $Y_\rho^* = \frac{L}{4} \left( r - \frac{\rho^2}{r} \right)$ . Grensa tilbodet nærmar seg når prisen går mot uendeleg varierar

dermed med diskonteringsrata,  $\rho$ . Ved å setje diskonteringsrata lik null i dette uttrykket finn

me at tilbodet i dette tilfellet vil nærme seg  $Y^* = \frac{rL}{4} = MSY$  når prisen går mot uendeleg.

Dette stemmer overeins med tilbodskurva i figur 5.3b. Dersom diskonteringsrata vert høg nok vil likevektsfangsten gå mot null når prisen går mot uendeleg. Dette vil vere tilfellet dersom  $\rho \geq r$ .

Me har no utleia ein bioøkonomisk modell for nordsjøsild og gått gjennom føresetnadane denne modellen byggjer på. Dette betyr at me er klare for å estimere modellen og finne parametrane til dei utleia tilbodskurvane. Det vil verte gjort i det neste kapitlet.

## 6. Estimere tilbodskurver

Formålet med dette kapitlet er å estimere parametrar i den bioøkonomiske modellen som vart utleia i føregående kapittel, for så å nytte desse saman med kostnadsdata til å setje opp tilbodskurver ved fritt fiske og ved optimalt regulert fiske. Kapitlet startar med sjølve estimeringa av tilbodskurvane og vert avslutta med ein sensitivitetsanalyse av dei ulike parameterane som inngår.

### Estimering

Me startar her med å estimere vekstfunksjonen for nordsjøsil. I neste omgang vil denne verte brukt saman med kostnadsdata og produktfunksjonen frå Bjørndal og Conrad (1987) til å finne tilbodskurver for nordsjøsil ved fritt fiske og ved optimalt regulert fiske.

### Estimere vekstfunksjon

Vekstfunksjonen i (2) vert estimert ved hjelp av minste kvadrats metode (OLS). Likninga som skal estimerast er:

$$(14) \quad (X_{t+1} - X_t) + Y_t = rX_t - \frac{r}{L} X_t^2 = \beta_1 X_t + \beta_2 X_t^2,$$

der  $\beta_1$  svarar til  $r$  i (2) og  $\beta_2$  svarar til  $\left(-\frac{r}{L}\right)$ . Berekna kan dermed uttrykkjast som  $\frac{\beta_1}{-\beta_2}$ .

Venstresida i likning (14) viser den naturlege veksten i bestanden. Denne er gitt ved summen av endringa i bestanden frå ein periode til neste og samla fangstar frå bestanden i perioden. Høgresida i likninga er den logistiske vekstfunksjonen frå likning (2).

Den biologiske modellen vert estimert med data frå åra 1981 til og med 2001<sup>20</sup>. Det vil seie at perioden modellen vert estimert over startar då moratoriet frå 1977 vart avslutta. Ved å ta med data lenger tilbake i tid enn dette hadde datasettet vorte større, noko som alt anna likt hadde vore ei føremon i estimeringa. På den andre sida skjer det stadig endringar i naturen slik at til dømes bereevna i dag kan vere forskjellig frå bereevna ein hadde for 30 år sidan. Dette kan

---

<sup>20</sup> Data er henta frå kapittel 2. Fangstar og bestandsdata for perioden 1960-2001 er dessutan gitt att i vedlegg V.1.



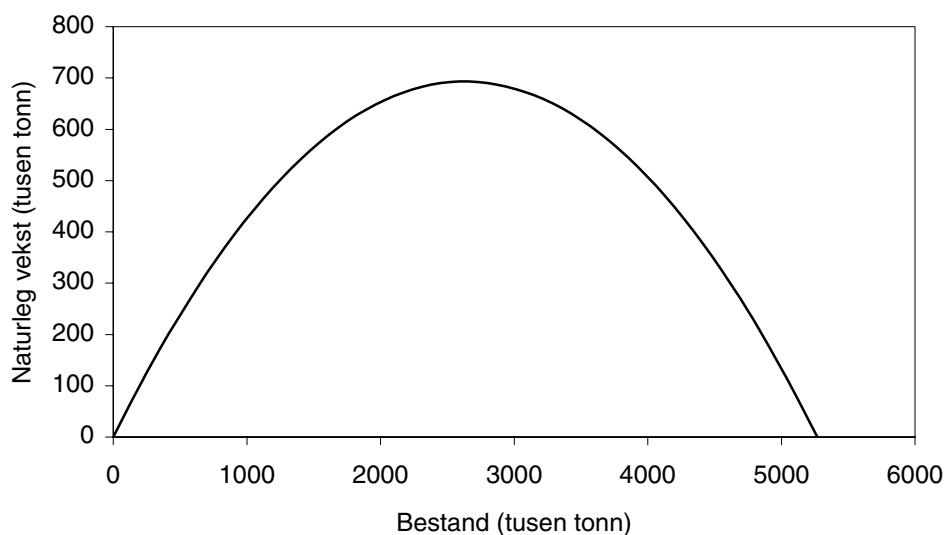
skuldast temperaturendringar i havet, endra tilgong på føde eller andre miljøendringar som påverkar nordsjøsilde (jf. kapittel 2). Me estimerar av den grunn likning (14) for perioden frå og med 1981 og utover. Resultata frå estimering med OLS er gitt i tabell 6.1 og den estimerte vekstfunksjonen er vist i figur 6.1.

**Tabell 6.1: Estimert vekstfunksjon for nordsjøsilde. t-statistikk i parentesar.**

$\beta_1 = r$	0,5263	(4,395)
$\beta_2 = -\frac{r}{L}$	$-9,99 \cdot 10^{-8}$	(-2,536)
$L$	5.266.955	(5,617) <sup>a</sup>
Justert $R^2$	0,82	
Durbin Watson testverdi	1,61	

<sup>a</sup> t-verdien til  $L$  vart estimert ved ikkje-lineær regresjon.

Den estimerte likninga forklarar over 80% av variasjonen i datasettet, noko som er tilfredsstillande. Alle dei estimerte parametrane er dessutan signifikante på 5%-nivå. Durbin Watson-testen for fyrste ordens autokorrelasjon gir ein testverdi på 1,61. Denne verdien ligg over øvre kritiske verdi, noko som indikerar at me ikkje har autokorrelasjon av fyrste orden.



**Figur 6.1: Estimert vekstfunksjon.**

Estimering gir oss dermed at vekstrata ('intrinsic growth rate') for nordsjøsild er 0,53 og at bereevna er 5.270.000 tonn. Den estimerte vekstrata er svært nær tilsvarende estimat rapportert av Bjørndal (1988) på 0,52. Vekstrata stemmer også bra overeins med vekstrata på 0,47 som Arnason, Magnusson og Agnarsson (2000) rapporterar for norsk vårgytande sild. Estimatet ovanfor synest difor å vere robust.

Ut frå vekstfunksjonen kan me rekne ut den maksimale likevektsfangsten.

$$MSY = \frac{rL}{4} = 698.275 \text{ tonn}$$

Det vil ikkje vere mogleg å ta større fangstar av nordsjøsild enn dette utan at ein går vekk frå likevektstilstanden. Ein kan likevel ha høgare fangstar enn *MSY* nokre periodar, men det vil medføre at ein fiskar ned bestanden slik at ein før eller seinare må redusere fangstane.

### Produktfunksjonen

Produktfunksjonen og estimerte parameterverdiar frå Bjørndal og Conrad (1987) vert brukte, fordi perioden desse vart estimerte over er den einaste perioden der ringnotfarty er med i fritt fiske etter nordsjøsild. Det er dermed ikkje mogleg å skaffe eit nyare datasett til å estimere produktfunksjonen over. Etter 1977 har nemleg fisket vore regulert med mellom anna kvotar. Fangstane vert i slike tilfeller i stor grad bestemte av dei som regulerar fisket<sup>21</sup>. Dette betyr at resultatet ikkje vert rett dersom ein estimerar produktfunksjonen med fangst som avhengig variabel og innsats og bestand som forklaringsvariable, over ein periode der fangstane er underlagde reguleringar.

Det at produktfunksjonen er estimert over er relativt gamalt datasett kan vere uheldig ettersom ulike forhold kan ha endra seg i mellomtida. Dersom det er tilfelle vil ikkje parametrane i produktfunksjonen stemme overeins med tilhøva i fiskeriet i dag. Dette gjeld i sær for parameteren *a*, som kan sjåast på som effektivitetsfaktoren til fangstutstyret. Men sjølv om teknologien som vert nytta i ringnotfisket kan ha endra seg noko i tida etter 1977<sup>22</sup>, er hovudtrekka i fisket dei same. Vonleg vil difor ikkje parameterverdiane til Bjørndal og Conrad (1987) liggje så langt unna dei parameterverdiane ein hadde funne om ein kunne estimert produktfunksjonen over eit nyare datasett.

<sup>21</sup> Dette gjeld så lenge reguleringane vert sette på ein slik måte at dei faktisk avgrensar fisket i høve til fritt fiske.

<sup>22</sup> Det vil seie etter siste observasjon i datasettet produktfunksjonen er estimert over i Bjørndal og Conrad (1987).

Produktfunksjonen i Bjørndal og Conrad (1987) vart estimerte ved OLS med data for den norske ringnotflåten i åra 1963 til og med 1977. Dette gav følgjande parameterverdier:

$$a = 0,06157$$

$$b = 1,3556$$

$$g = 0,5621$$

Me ser av parameterverdiane at ein standard Schaefer produktfunksjon ikkje høver til å forklare fangstane av sild. Denne produktfunksjonen pålegg nemleg både  $b$  og  $g$  å vere lik ein. Som venta for ein pelagisk stimfisk som sild ligg parameteren  $g$  mellom null og ein (jf. kapittel 5). Dette betyr at fangstane vil minke når bestanden vert redusert, men at dei likevel ikkje er særleg sensitive for endringar i bestanden. Eksponenten til  $K$  indikerar at me har ein elastisitet mellom fangst og innsats som er større enn ein. Dette kjem truleg av skalaføremonar i søket etter sild. Dersom fiskefartya deler informasjon om kvar fisken held seg, vil fleire farty gjere søket etter fisk meir effektivt. På den andre sida kan for mange farty føre til problem ved at dei ulike fartya kjem i vegen for kvarandre og dermed hindrar eit effektivt fiske. Men etter som ringnotfisket etter sild føregår ute på havet vil dette truleg ikkje vere noko problem i praksis.

Innsatsen i produktfunksjonen vert som nemnt målt ved talet på deltakande farty i fisket. Ved at data for den norske ringnotflåten vart nytta til å estimere parametrane, skildrar produktfunksjonen fangstane dersom berre norske ringnotfarty deltek i fisket. Som kjent vert nordsjøsil også fiska av andre typar farty og av farty heimhøyrande i EU. For at produktfunksjonen skal gjelde alt fiske av nordsjøsil kan me gjere som Bjørndal og Conrad (1987) føreslo, og sjå på innsatsen,  $K$ , som talet på "ringnotekvivalentar" som fiskar nordsjøsil.

### Økonomiske parametrar

Me vil ta utgangspunkt i det norske fisket etter nordsjøsil ved at kostnadsdata for den norske ringnotflåten vil verte brukt. I Noreg står ringnotflåten for nesten 85% av fangstane av nordsjøsil. Forutan ringnotflåten deltek som nemnt også kystflåten og trålarane i fisket<sup>23</sup>. Men trålarane fiskar berre unntaksvis direkte frå denne bestanden. Kystflåten fiskar derimot direkte etter nordsjøsil, men som me såg i kapittel 3 er det snakk om eit relativt lite kvantum

---

<sup>23</sup> Sjå kapittel 3 om norske reguleringar.

i høve til den samla norske kvoten. Ein annan føremon ved å sjå utelukkande på ringnotgruppa er det faktum at denne gruppa av fiskefarty er relativt homogen.

Kostnadsdata er henta frå Fiskeridirektoratet sine lønsemdsundersøkingar. Fiskeridirektoratet opererar per i dag med tre grupper av ringnotfarty i lønsemdsundersøkingane. Desse er ringnotsnurparar med tillaten lastekapasitet inntil 7999 hl, ringnotsnurparar med tillaten lastekapasitet 8000 hl og over, samt ringnotsnurparar med kolmulesesong. For kvar av desse gruppene er gjennomsnittstal for blant anna driftsinntekter, ulike driftskostnadar, talet på driftsdøger og døger i sjø, balanseoppstilling og fartyparametrar tilgjengelege. I tillegg opplyser ein om talet på farty i gruppa og i utvalet<sup>24</sup>.

Av kostnadane i resultatoppstillinga til Fiskeridirektoratet, vil berre dei variable eksklusiv kostnadar knytt til mannskapen verte tatt med<sup>25</sup>. Løn og andre kostnadar knytt til mannskapen vert haldne utanfor, på grunn av at mannskap på fiskefarty får betalt løn etter kor mykje fartyet fiskar. Ved å sjå vekk frå kostnadar knytt til mannskapen samtidig som me berre ser på den delen av fangstinntektene som går til fartyeigarane, vil me stå igjen med dei kostnadane og inntektene som utgjer vurderingsgrunnlaget til fartyeigarane når dei tek avgjersler om fisket. Me ser også vekk frå faste kostnadar. Grunnen til dette er at dei aktuelle fartya fiskar andre typar fisk i tillegg til nordsjøsildefisket. Det er difor vanskeleg å seie kor stor del av dei faste kostnadane som skuldast nordsjøsildefisket og kor stor del som skuldast fisket etter annan fisk. Ringnotfartya kan delta i mange ulike sesongfiskeri, og i høve til desse utgjer nordsjøsildefisket ein forholdsvis liten del. Fisket etter nordsjøsildefisket krev heller ikkje noko ekstraustyr i høve til dei andre fiskeria. Av den grunn vil truleg ikkje effekten av å sjå vekk frå faste kostnadar vere alt for stor.

Fiskeridirektoratet opererar som tidlegare nemnt med tre grupper ringnotfarty i lønsemdsundersøkingane sine. Dei variable kostnadane varierar ein del mellom desse tre gruppene. Det fører til at tilbodskurvane me ønskjer å finne fram til vil variere etter kva fartygruppe eller -grupper me baserar oss på for å skaffe eit overslag for kostnadane. Kostnadane til fartygruppe 029, ringnotsnurparar med kolmulesesong, vil i utgangspunktet

---

<sup>24</sup> I 1998 vart det gjort store endringar i undersøkinga. Ei av endringane var at alle farty frå og med dette året pliktar å delta dersom dei vert valde ut til å vere med i undersøkinga. Før 1998 var deltakinga frivillig.

<sup>25</sup> Følgjande kostnadar er tatt med frå Fiskeridirektoratet sine "Lønsemdsundersøkingar for heilårsdrivne fiskefartøy 8 meter største lengd og over": R2 – Drivstoff, R4 – Agn, is, salt og emballasje og R10 – Diverse uspesifiserte kostnadar.

verte haldne utanfor. Grunnen til dette er at denne gruppa består av ringnotfarty som driv trålfiske etter kolmule i tillegg til det tradisjonelle fisket med ringnot. Trålfisket etter kolmule vert sagt å vere meir kostnadskrevjande enn fiske med ringnot. Ringnotfarty med kolmulesesong fiskar dessutan nordsjøsilid med ringnot – ikkje med trål. Ved å bruke dei variable kostnadane for desse fartya som estimat for dei variable kostnadane i ringnotfisket etter nordsjøsilid, vil me difor belaste nordsjøsilidfisket med for høge kostnadar i høve til kva ein i realiteten har. Me står då igjen med fartygruppene 027 og 028, som er ringnotsnurparar med tillaten lastekapasitet under 7999 hl og med lastekapasitet 8000 hl og over. Også mellom desse gruppene er det skilnadar i variable kostnadar per døger ved at dei største ringnotfartya har vesentleg høgare kostnadar per døger enn dei minste. Eit alternativ er å nytte eit gjennomsnitt av desse to gruppene sine kostnadar i berekningane. Men dette vil truleg undervurdere dei verkelege kostnadane i fiskeriet. Ringnotfartya med kolmulesesong deltek også i fisket, og desse er i følge lønsemdsundersøkinga til Fiskeridirektoratet relativt store ringnotfarty<sup>26</sup>. Av den grunn ville nok dei fleste av desse enda opp i fartygruppe 028 dersom dei ikkje også dreiv med tråling etter kolmule. Dei minste fartya med lågast variabel kostnad per driftsdøger vert dermed overrepresenterte i høve til røynda dersom me nyttar eit gjennomsnitt av gruppene med ringnotfarty utan kolmulesesong som estimat for kostnadane. På bakgrunn av dette vil dei variable kostnadane til fartygruppe 028 verte brukt som estimat for kostnadane i dei vidare berekningane. Dei gjennomsnittlege variable kostnadane per driftsdøger for denne gruppa ligg dei fleste åra ein stad mellom tilsvarande kostnadar for dei to andre fartygruppene som består av ringnotfarty.

For å fordele dei variable kostnadane mellom nordsjøsilidfisket og andre fiskeri, brukar me talet på døger der ein har fiska nordsjøsilid i høve til driftsdøger totalt. Då det ikkje finst data for kor mange døger fartya faktisk har brukt på fisket etter kvart fiskeslag, vert det her nytta eit overslag tufta på samtalar med fiskarar.

Prisdata som vert brukt i berekningane tek utgangspunkt i oppnådde gjennomsnittsprisar for nordsjøsilid frå Fiskeridirektoratet. Desse prisane viser det fiskebåteigarane har fått betalt for fisken, det vil seie pris etter at ein har trekt frå ei omsetjingsavgift til sildesalslaget. Me

---

<sup>26</sup> Gjennomsnittlege fartystorleikar i meter største lengd for dei tre gruppene med ringnotfarty i 2000: Fartygruppe 027: 49,46 meter. Fartygruppe 028: 59,74 meter. Fartygruppe 029: 66,41 meter. (Fiskeridirektoratet, 2001).

reduserar så desse gjennomsnittsprisane med ein del som tilsvarar det mannskapen får i løn m.m. per kg nordsjøsild ein fiskar. I følgje lønsemdsundersøkingane til Fiskeridirektoratet utgjer som regel kostnadane knytt til mannskapen om lag 35% av fangstinntektene<sup>27</sup>. Av den grunn tek me utgangspunkt i prisar som er justerte med ein faktor på 0,65. Desse justerte prisane representerar dermed fartyeigaren sin del av fangstinntektene.

**Tabell 6.2: Kostnadar for fartygruppe 028 ved fiske etter nordsjøsild for åra 1998, 1999 og 2000. Gjennomsnittskostnad for fartygruppene 027, 028 og 029 for år 2000.**

År	1998	1999	2000	2000
Fartygruppe	028	028	028	027, 028, 029 <sup>a</sup>
R.2 Drivstoff	978.553	1.431.098	2.288.973	2.873.420
R.4 Agn, is, salt og emballasje	18.622	239.599	457.722	169.971
R.10 Diverse uspes. kostnadar	1.449.646	2.373.542	2.074.123	1.665.861
Sum variable kostnadar	2.446.821	4.044.239	4.820.818	4.709.252
Talet på driftsdøger	260,0	250,0	273,0	285,6
Variable kostnadar pr. døger	9.411	16.177	17.659	16.489
Døger nordsjøsild	60	60	60	60
Variable kostnadar nordsjøsild	564.700	970.600	1.059.500	989.300

Kjelde: Fiskeridirektoratet (1999-2001).

<sup>a</sup> Vege gjennomsnitt av dei tre gruppene med ringnotfarty. Vekt: Talet på farty i massen.

Tabell 6.2 viser relevante kostnadar for åra 1998, 1999 og 2000. Me ser av tabellen at kostnadane har auke kraftig frå 1998 til 2000. Då det er tale om nominelle storleikar kan ikkje kostnadane samanliknast direkte mellom åra. Men sjølv om me tek omsyn til inflasjonen i perioden har kostnadsauken vore stor. Særleg stor var kostnadsauken frå 1998 til 1999. Dette kan forklarast ved at det var ei relativt stor utskifting av farty i den aktuelle fartygruppa frå 1998 til 1999, og at dei nye fartya truleg har eit noko annleis driftsmønster enn dei gamle. I tillegg til dette har drivstoffprisane auka mykje i perioden, noko som har medverka til at drivstoffkostnadane per driftsdøger i 2000 var meir enn 120% høgare enn tilsvarande for 1998.

<sup>27</sup> Kostnadar knytt til mannskap: R3 – Produktavgift, R5 – Sosiale kostnadar, R11 – Kostnadar til proviant og R12 – Arbeidsgodtgjersle til mannskap. I driftsresultatoppstillingane frå før 1994 inngår kostnadar til proviant i storleiken "Arbeidsgodtgjersle til mannskap".

Talet på døger med nordsjøsildefiske er sett til 60 per sesong. Dette er som tidlegare nemnt eit overslag gjort ut frå samtalar med ringnotfiskarar. Frå sesong til sesong vil truleg talet på døger ein fiskar nordsjøsilde variere noko, men overslaget vil likevel verte brukt i mangel på meir nøyaktige måtar å fordele kostnadane på.

## Tilbodskurver

Etter å ha funne parameterverdiar for vekstfunksjonen og produktfunksjonen, kan me setje opp likningane som bestemmer tilbodet ved fritt fiske og optimalt regulert fiske. Sidan kostnadane endrar seg frå år til år, vil me måtte setje opp ulike tilbodskurver for ulike år.

### Fritt fiske

I fritt fiske er likevektstilbodet gitt ved at likningane (8) og (9) er oppfylte samstundes. Ved å setje inn estimerte parametrar gir dette følgjande likning for likevektstilbodet i fritt fiske:

$$(15) \quad Y = 0,53 \cdot \left( \frac{c}{0,06157 \cdot pK^{0,356}} \right)^{\frac{1}{0,562}} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{5.270.000} \cdot \left( \frac{c}{0,06157 \cdot pK^{0,356}} \right)^{\frac{1}{0,562}} \right]$$

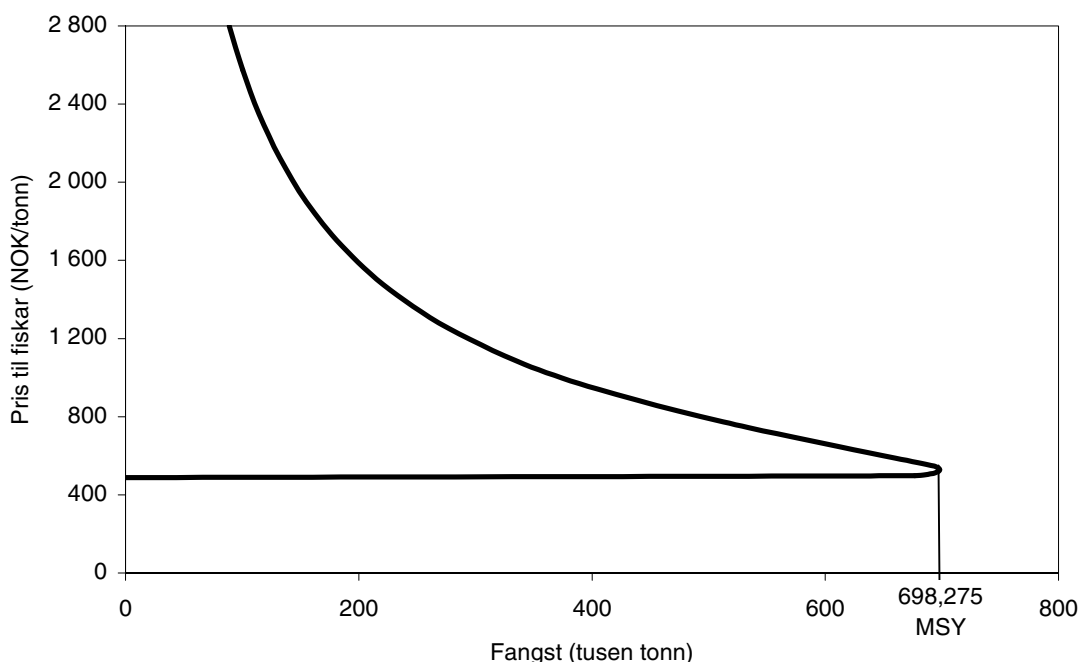
Det er som nemnt ikkje mogleg å setje inn for  $K$  og løyse (15) eksplisitt for fangsten,  $Y$ . Me må difor bruke ein numerisk metode for å finne fram til tilbodskurva.

Den numeriske metoden som vert brukt her går ut på at me angir ein startverdi for innsatsen,  $K$ . Basert på denne vert så fangsten,  $Y$ , berekna ved likning (15), medan profitten denne tilpassinga gir vert berekna ved hjelp av likning (5). Dersom profitten viser seg å vere negativ reduserar me  $K$  og dersom profitten er positiv aukar me  $K$ . Til større avstanden er mellom utrekna profitt og målet, null, til større endring gjer me i  $K$ . Denne prosedyren vert gjentatt heilt til profitten er lik null. Når profitten er null vil likning (15) gi likevektstilbodet for prisen som vart nytta i berekningane. Denne iterative metoden kan gjentakast for ulike prisar slik at me finn ulike likevektskombinasjonar av fangst og pris. Ved hjelp av desse kombinasjonane kan me teikne ut likevektstilbodskurva.

Ved å bruke den numeriske metoden beskriven ovanfor, kan me finne likevektstilbodskurver for ulike verdiar av den variable kostnaden,  $c$ . Figur 6.2 viser likevektstilbodskurva for

kostnaden  $c = 1.059.500$ . Denne kostnaden tilsvarar variable kostnader knytt til fiske av nordsjøsilde per farty for fartygruppe 028 i 2000 (jf. tabell 6.2).

Dersom prisen til fartyeigar vert 481 NOK per tonn eller lågare, vil det i følgje figur 6.2 ikkje løne seg å fiske nordsjøsilde i det heile. Det fører til at bestanden i tilfellet med ein slik pris, vil vekse til den når bereevna for så å stabilisere seg på dette nivået. For prisar større enn 481 NOK per tonn, vil fangsten auke med prisen heilt til den maksimale likevektsfangsten er nådd. Den maksimale likevektsfangsten,  $MSY = 698.275$  tonn, vert fiska dersom prisen er 528 NOK per tonn. For høgare prisar enn dette går tilbødet av nordsjøsilde ned, fordi fiskefartya vil fiske bestanden så langt ned at fangstane i likevekt vert reduserte.



**Figur 6.2: Likevektstilbodskurve ved fritt fiske,  $c = 1.059.500$ .**

Den lågaste justerte gjennomsnittsprisen (nominell) ein har hatt i perioden frå 1977 til 2001 er 524 NOK/tonn, medan den høgaste er 2465 NOK/tonn. Med kostnader som i figur 6.2 ville difor tilbødet vore positivt gjennom heile denne perioden.



**Optimalt regulert fiske**

For optimalt regulert fiske kan likevektstilbudet finnast ved hjelp av likningane (12) og (13). Ved å setje inn estimerte parametrar gir dette følgjande vilkår for likevektstilbudet:

$$(16) \quad p = \frac{c}{1,356 \cdot Y} \cdot \left( \frac{Y}{0,06157 \cdot X^{0,562}} \right)^{\frac{1}{1,356}} + \frac{0,562 \cdot c \left( \frac{Y}{0,06157 \cdot X^{0,562}} \right)^{\frac{1}{1,356}}}{\rho - 0,53 + \frac{1,06 \cdot X}{5.270.000}},$$

der Y er gitt ved følgjande likning:

$$(17) \quad Y = 0,53 \cdot X \left( 1 - \frac{X}{5.270.000} \right)$$

Likevektstilbudet vil variere etter kva diskonteringsrate,  $\rho$ , som vert lagt til grunn. For at tilbudet ved optimalt regulert fiske verkeleg skal vere samfunnsøkonomisk optimalt er det difor viktig å velje eit så godt estimat som mogleg for samfunnet si diskonteringsrate.

Samfunnet si diskonteringsrate for eit gitt investeringsprosjekt skal reflektere to faktorar; samfunnet si tidspreferanserate og alternativkostnaden knytt til høvet for å investere i andre prosjekt. Tidspreferanserata har å gjere med moglegheitene for at samfunnet kan føretrekkje konsum i dag i høve til konsum i framtida. Alternativkostnaden til kapitalen kjem som følge av at samfunnet til ei kvar tid berre rår over ei gitt mengd kapital. Av den grunn vil investering i eit prosjekt redusere moglegheita for investering i andre prosjekt. Den tapte fortienesta frå prosjekt ein må velje vekk utgjer alternativkostnaden til prosjektet ein vurderar å gjennomføre. I vårt tilfelle er kapitalen ein fiskebestand. Denne kan ein investere i ved å redusere fangstane i dag slik at bestanden veks og gir moglegheiter for høgare fangstar i framtida.

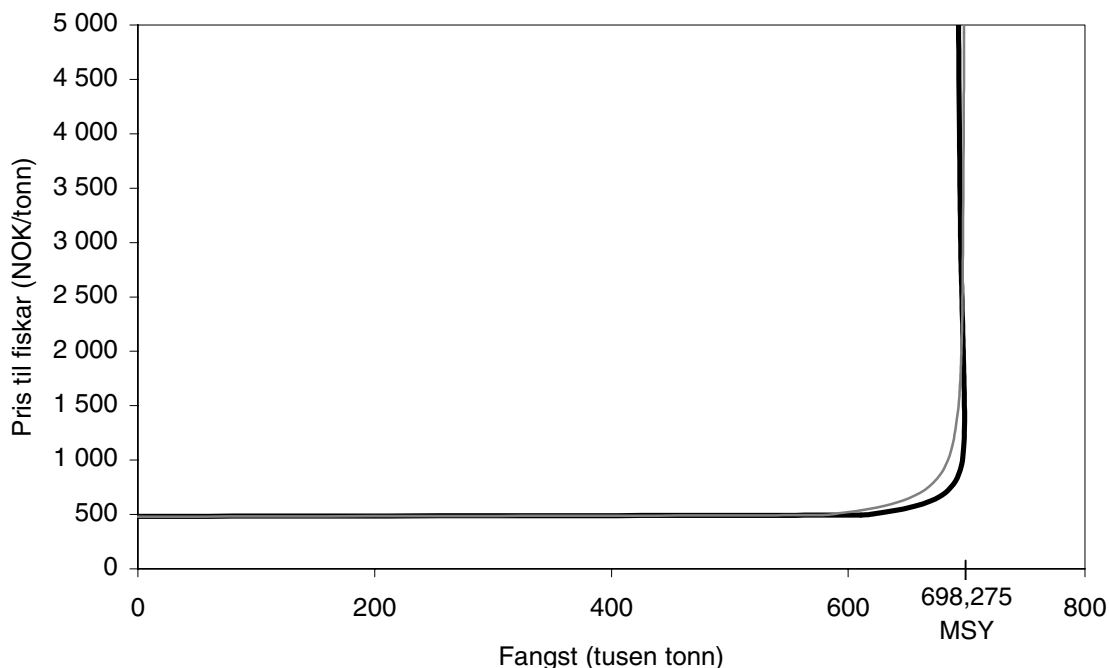
Nokre argumenterar for at diskonteringsrata til samfunnet bør vere lågare enn elles i tilfellet med investeringar i fornybare naturressursar som kan utryddast dersom ein utnyttar dei for hardt. Til høgare diskonteringsrate ein har, til mindre vekt legg ein nemleg på det som skjer i framtida. Med ei høg diskonteringsrate kan det difor vere lønsamt å utrydde ein fiskebestand, ettersom fangstinntektene i dag er større enn det diskonterte framtidige tapet. Ved å utrydde ein bestand missar ein moglegheita for å utnytte denne i framtida. Det er mogleg at ein i

framtida vil verdsetje ein bestand mykje høgare enn i dag, men dersom ein utryddar bestanden vil inga framtidig investering vere stor nok til å bringe den tilbake. På den andre sida skal det ikkje vere nødvendig å redusere diskonteringsrata på grunn av at ein i framtida kan verdsetje ressursar høgare. Dersom så er tilfelle vil nemleg diskonteringseffekten motverkast av den auka verdsetjinga (høgare pris i framtida).

Finansdepartementet (2000) tilrår i "Veiledning i samfunnsøkonomiske analyser" passande diskonteringsratar for prosjekt med ulik risikograd. Her argumenterar dei for at diskonteringsratar i statlege prosjekt bør ta utgangspunkt i ei risikofri diskonteringsrente og eit risikotillegg. Den risikofrie realrenta er sett til 3,5% per år. Ein deler ut frå risikograd prosjekta inn i tre grupper; prosjekt med låg risiko, middels risiko og prosjekt med om lag same risiko som eit gjennomsnittleg prosjekt finansiert i aksjemarknaden. For å bestemme kva gruppe eit prosjekt tilhøyrrer må ein sjå på kor konjunkturfølsame inntektene frå prosjektet er og på kor stor del av kostnadane som er variable. Låg konjunkturfølsemd samt ein stor del variable kostnadar tilseier at prosjektet har låg risiko.

Ut frå dette vil samfunnet si diskonteringsrate i fortsetjinga verte sett til 6%. Dette svarar til diskonteringsrata for eit statleg prosjekt med middels risiko.

Med diskonteringsrate  $\rho = 6\%$  vert tilbodskurva for optimalt regulert fiske som vist i figur 6.3. Denne figuren viser også tilbodskurva for  $\rho = 0$ . Det vil vere optimalt å fiske dersom prisen til fiskar er høgare enn 481 NOK per tonn. Figuren viser at fangstane for diskonteringsrata  $\rho = 6\%$  aukar med prisen heilt til fangsten vert så høg som den maksimale likevektsfangsten. MSY vert nådd når prisen er 1355 NOK per tonn. Dersom prisen vert høgare enn dette vil fangsten gå ned som følgje av at det vil vere lønsamt å redusere bestanden. Fangstinntektene på kort sikt ved at ein fiskar ned bestanden vil då vere større enn tapet i ettertid ved reduserte fangstar. Likevektstilbodskurva for diskonteringsrata  $\rho = 0$  når aldri MSY, men nærmar seg meir og meir til høgare prisen vert.



**Figur 6.3:** Likevektstilbodskurve ved optimalt regulert fiske.  $c = 1.059.000$ ,  $\rho = 6\%$  (svart kurve) og  $\rho = 0$ .

Samanlikna med likevektstilbodskurva for fritt fiske må prisen aukast svært mykje i figur 6.3 før det for  $\rho = 6\%$  lønar seg å redusere bestanden så mykje at likevektsfangsten vert monaleg mindre enn MSY. Avslutningsvis i kapittel 5 sette me opp eit uttrykk for grenseverdien tilbodet nærmar seg når prisen går mot uendeleg. Ved å setje inn estimerte parameterverdier i dette uttrykket kan me no finne grenseverdiane dei to tilbodskurvane i figur 6.3 nærmar seg<sup>28</sup>. Dette gir ein grenseverdi på 689.325 tonn for  $\rho = 6\%$  og ein grenseverdi på 698.275 tonn for  $\rho = 0$ . Me ser dermed at sjølv om ein får ein svært stor prisauke, så vil ikkje tilbodet endre seg særleg mykje i eit optimalt regulert fiske.

<sup>28</sup> I kapittel 5 rekna med ut  $\lim_{p \rightarrow \infty} Y$  for spesialtilfellet med ein standard Schaefer produktfunksjon. Sjølv om me ikkje lenger ser på dette spesialtilfellet bruker me dei same grenseverdiane som me fann i føregåande kapittel. Desse viser seg nemleg å gjelde også i vårt tilfelle.

## Sensitivitetsanalyse

Etter å ha estimert tilbodskurvane kan me undersøkje kor sensitivt tilbode kvantum er for endringar i ulike estimerte parametarar. Dette vert her gjort ved at tilbode kvantum for tre ulike prisar vert rekna ut. Dei tre prisane som vert brukte er faktiske prisar til fartyeigar i 1995, 1996 og 2001. Desse tre åra vart valde, fordi dei til saman representerar heile skalaen av prisar ein har oppnådd for nordsjøsild det siste tiåret. I 1995 var prisen relativt låg, i 1996 var den litt høgare enn gjennomsnittleg og i 2001 var prisen høg samanlikna med tidlegare år. For kvar av desse prisane vil tilbode kvantum verte rekna ut for ulike parameterverdiar. Ved å endre ein og ein parameterverdi, medan dei andre vert haldne uendra, kan me så sjå kor sensitivt resultatet er for ulike val av parameterverdiar<sup>29</sup>.

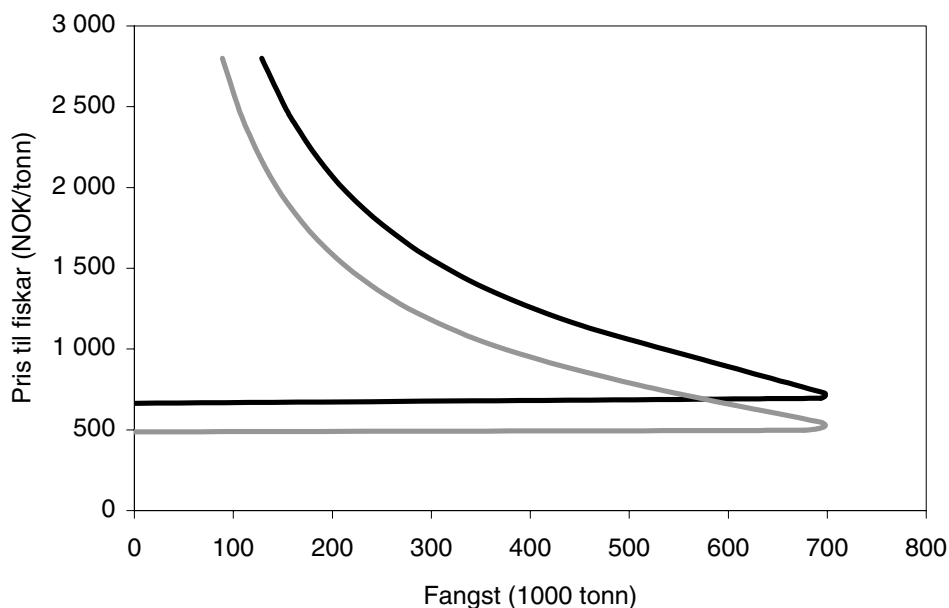
### Parametrane i produktfunksjonen

Likevektsfangsten i fritt fiske endrar seg relativt mykje for endringar i  $g$  og  $b$ . Ein reduksjon i  $g$  på 5% til  $g = 0,534$  fører til ein auke i likevektsfangsten på 39% for  $P = 880$  NOK/tonn og ein auke på 45% for  $P = 1280$  og for  $P = 2460$ . Dette skuldast at det no kostar meir å fiske ned bestanden, slik at det ikkje vil vere lønsamt å fiske den ned på eit så lågt nivå som ein gjorde i utgangspunktet. Ein større bestanden gir i neste omgang høgare likevektsfangstar. Ein auke i  $g$  medfører av same grunn at likevektsfangsten vert kraftig redusert. Effekten av ein reduksjon på 5% i  $g$  er vist i figur 6.4. Endringar i  $b$  gir om lag dei same utslaga i tilbode kvantum som endringar i  $g$ .

For både  $b$  og  $g$  finn me at dersom dei vert reduserte, så vil den minste prisen som gir positivt tilbode auke. I eksempelet i figur 6.4 aukar den minste prisen som gir fangst større enn null frå om lag 481 til 658 NOK per tonn. Endringar i  $a$  har ikkje så stor effekt på tilbodet som endringar i dei to andre parametrane. Ei endring i denne parameteren medfører nemleg at likevektsfangsten endrar seg relativt sett om lag like mykje som  $a$ . Dersom det har skjedd teknologiske endringar i ringnotfisket etter nordsjøsild vil det som tidlegare nemnt gi seg utslag i parameteren  $a$ . Uvissa omkring denne parameteren kan dermed ha litt å seie for tilbodet ved fritt fiske.

---

<sup>29</sup> Resultata frå sensitivitetsanalysen er viste i vedlegg V.3.

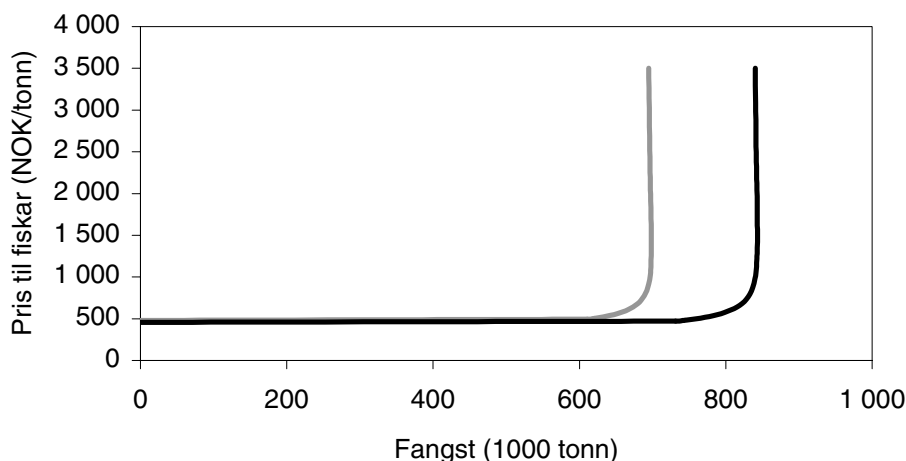


**Figur 6.4:** Effekten av ein reduksjon i  $g$ ; likevektstilbodskurve ved fritt fiske for  $g = 0,562$  (grå kurve) og  $g = 0,534$ .

I motsetnad til tilbodskurva for fritt fiske, så er ikkje tilbodskurva for optimalt regulert fiske særleg sensitiv for endringar i parametrane til produktfunksjonen. Endringar i  $a$  har i dette tilfellet svært liten effekt på tilbodet. Eksempelvis fører ein reduksjon på 20% i  $a$  til at likevektsfangsten berre vert redusert med om lag ein prosent. Effekten av endringar i parametrane  $b$  og  $g$  er også små så lenge det ikkje fører til at kostnadane med å fiske overstig prisen. I så tilfelle vil tilbode kvantum verte redusert til null. Dette vil som i tilfellet med fritt fiske skje dersom enten  $g$  eller  $b$  vert redusert med 10% og prisen er låg (det vil seie 880 NOK per tonn).

### **Biologiske parametrar**

Endringar i dei biologiske parametrane har størst effekt på tilbodet i optimalt regulert fiske. Den relative endringa i likevektsfangsten som følgje av ei endring i enten vekstrata eller bereevna er om lag like stor som den relative endringa i dei biologiske parametrane. Til dømes fører ei positiv endring i  $r$  på 20% til at tilbode kvantum aukar med 20,7% dersom prisen er 880 NOK per tonn og 20,93% dersom prisen er 2460 NOK per tonn. Figur 6.5 viser effekten av ein auke i  $r$  på 20% for tilbodskurva for eit optimalt regulert fiske.

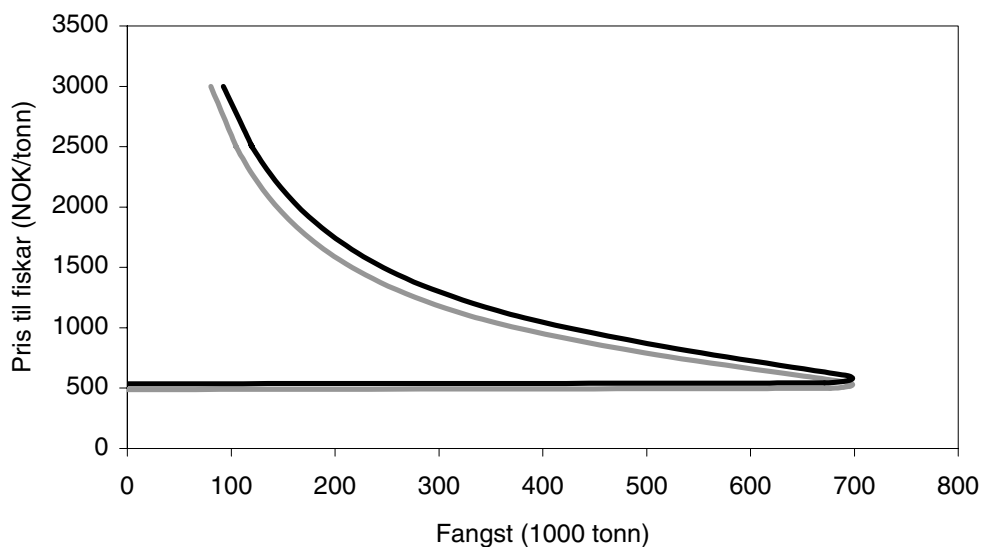


**Figur 6.5:** Effekten av ein auke i  $r$ ; likevektstilbodskurver ved optimalt regulert fiske for  $r = 0,53$  (grå kurve) og  $r = 0,64$ .

I tilfellet med fritt fiske har endringar i bereevna liten effekt på tilbode kvantum. Ein reduksjon i  $L$  på 20% medfører til dømes at likevektsfangsten vert redusert med mellom ein og fire prosent for dei tre aktuelle prisane. Endringar i vekstrata har ein noko større effekt på likevektsfangstane, men effekten er likevel liten samanlikna med tilsvarande for optimalt regulert fiske. Ei endring i vekstrata på ti prosent medfører ei endring i tilbodet på om lag seks prosent.

### **Kostnaden**

Moderate endringar i kostnaden har svært liten effekt på tilbodskurva i optimalt regulert fiske. Eksempelvis medfører ei kostnadsendring på ti prosent at tilbode kvantum endrar seg med under ein halv prosent for dei tre aktuelle prisane. Tilbodet ved lågare prisar er mest sensitivt for kostnadsendringar. Endringar i kostnaden medfører nemleg endringar i kva som er den minste prisen som gir tilbod større enn null. Ein kostnadsauke på ti prosent i høve til utgangspunktet medfører til dømes at prisen fartyeigarane må ha for å fiske aukar frå 481 til 529 NOK per tonn. Men så lenge prisane ikkje er for låge vil kostnadsendringar ha liten effekt på tilbodet ved optimalt regulert fiske.



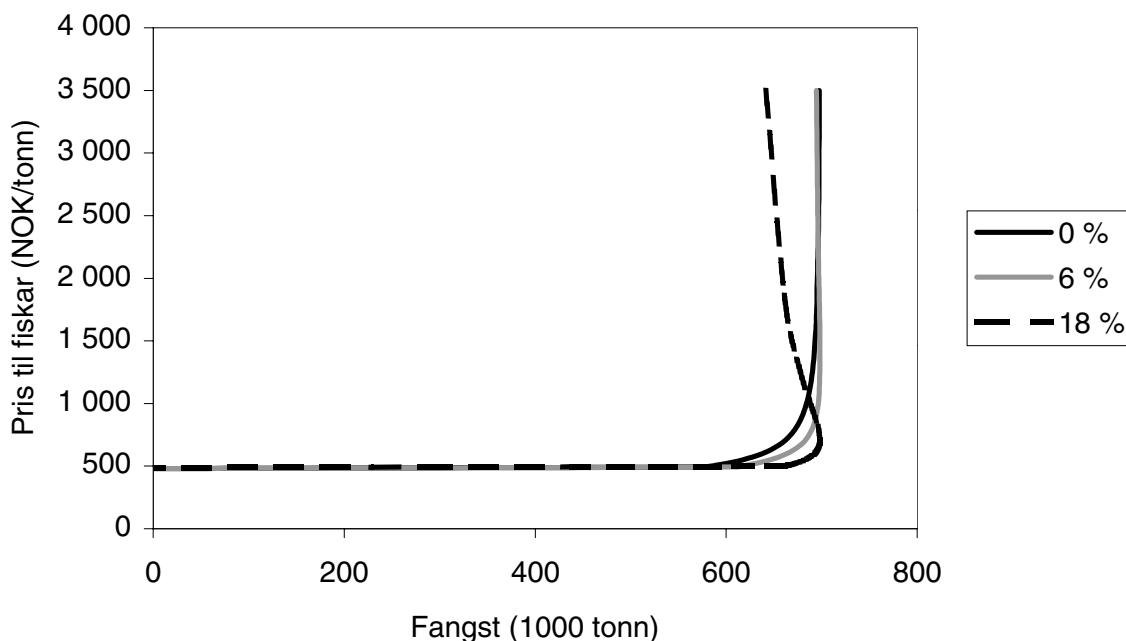
**Figur 6.6:** Effekten av ein auke i  $c$ ; likevektstilbodskurver ved fritt fiske for  $c = 1.059.500$  (grå kurve) og  $c = 1.165.450$ .

Effekten av kostnadsendringar er større for tilbodet ved fritt fiske. Endringar på ti prosent vil for dei aktuelle prisane gi endringar i likevektfangsten på mellom tolv og femten prosent. Figur 6.6 viser korleis ein auke på ti prosent i kostnaden skiftar likevektstilbodskurva ved fritt fiske. Som ved optimalt regulert fiske vil også her den minste prisen som gir positivt kvantum auke frå 481 NOK per tonn til 529 NOK per tonn dersom kostnaden aukar med ti prosent. Effekten av ein kostnadsauke på ti prosent er dermed at den minste prisen som gir positivt kvantum også aukar med ti prosent.

### **Diskonteringsrata**

Endringar i diskonteringsrata har som kjent ingen effekt på tilbodet ved fritt fiske, etter som fiskarane då ikkje tek omsyn til framtida i det heile. Dei handlar dermed som om diskonteringsrata er uendeleg stor. I eit optimalt regulert fiske vil derimot diskonteringsrata ha innverknad på tilbodet. Men sensitivitetsanalysen viser at denne effekten er beskjeden for dei aktuelle prisane. I figur 6.7 er effekten av endringar i diskonteringsrata på tilbodskurva for optimalt regulert fiske vist grafisk. Ei halvering av diskonteringsrata til  $\rho = 0,03$  medfører at tilbode kvantum vert redusert med 0,9% eller 0,3% dersom prisen er 880 eller 1280 NOK per tonn. Dersom prisen er 2460 NOK per tonn vil tilbode kvantum auke med 0,3%. Ein auke i diskonteringsrata til  $\rho = 0,18$  fører til at likevektfangsten vert redusert for alle dei tre nemnde

prisane. Endringa vert størst for den høgaste prisen. Figur 6.7 viser også at til høgare diskonteringsrate me brukar, til lågare vert prisen som gir fangst lik  $MSY$ . Dersom diskonteringsrata vert 42% eller høgare vil det uavhengig av pris vere lønsamt å redusere bestanden så mykje at ein aldri vil kunne fiske den maksimale likevektsfangsten  $MSY = 698.275$  tonn. Men i praksis vil ein sjeldan eller aldri oppleve at samfunnet si diskonteringsrate vert så høg.



**Figur 6.7:** Effekten på likevektsskurva for optimalt regulert fiske ved endringar i diskonteringsrata.

Konklusjonen etter å ha gjennomført sensitivitetsanalysen er at tilbodskurva ved fritt fiske er mest sensitiv for endringar i parametrane til produktfunksjonen, i sær for endringar i  $b$  og  $g$ . Endringar i kostnaden vil også gi utslag, og då særleg for låge prisar. Kostnadsendringar gir også store utslag for tilbodet ved optimalt regulert fiske dersom prisane er låge. Tilbodskurva for eit optimalt regulert fiske er elles mest sensitiv for endringar i dei biologiske parametrane.

I dette kapitlet har me estimert dei to tilbodskurvane som vart utleia i kapittel 5. Me har også undersøkt kor sensitive desse tilbodskurvane er for endringar i dei ulike parametrane. Men trass i at me har vidd tilbodskurvane for optimalt regulert og fritt fiske så mykje merksemd, representerar dei i røynda ytterpunktane når det gjeld reguleringsystem. Som Homans og Wilen (1997) påpeikar finst det omtrent ingen verkelege fiskeri som enten er heilt utan reguleringar



eller som er optimalt regulerte. I neste kapittel vil me difor også sjå på konsekvensane av dei faktiske reguleringane av nordsjøsildefisket, både slik dei er no og slik dei har vore dei siste tiåra.

## 7. Konsekvensar av ulike reguleringsystem

I dette kapitlet vil me sjå på konsekvensane av reguleringar i form av totale kvotar for fangst av nordsjøsild. Me vil vurdere både dei faktiske reguleringane som har vore i fiskeriet dei siste tiåra og dei estimerte tilbodskurvane for optimalt regulert og fritt fiske. I kapittel 3 såg me at dei samla kvotane var relativt høge frå slutten av 1980-talet til midten av 1990-talet. Kvotane vart så kraftig reduserte og har fram til 2002 halde seg på eit forholdsvis lågt nivå. På grunn av dette skiljet vil me fyrst sjå på reguleringane frå opphevinga av moratoriet tidleg på 1980-talet og fram til 1996, før me i neste omgang vurderar reguleringsystem etter at EU og Noreg kutta kvotane i 1996.

### Reguleringar i åra etter opphevinga av moratoriet

Forbodet mot fiske etter nordsjøsild vart hausten 1981 oppheva i den sørlege delen av Nordsjøen, medan forbodet i den sentrale og nordlege delen av Nordsjøen varte til 1983. I 1983 var den samla bestanden av nordsjøsild 2,7 millionar tonn. Frå dette året og utover auka fangstane kraftig til dei nådde toppen med ein fangst på 888.000 tonn i 1988<sup>30</sup>. Me fann i kapittel 6 at den høgaste likevektsfangsten ein kan ha av nordsjøsild er 698.275 tonn per år. Det er dermed lett å sjå at fangstane fleire av åra i den aktuelle perioden var alt for høge dersom ein ville unngå å fiske bestanden ned igjen.

Basert på pris- og kostnadsdata for 1984 kan me rekne ut tilpassinga ved optimalt regulert og fritt fiske. Dette kan så samanliknast med utviklinga ein hadde i fangstar utover på 1980-talet. I 1984 var nordsjøsildfisket sin del av dei variable kostnadane 473.800 NOK per sesong per farty<sup>31</sup>, medan den justerte prisen var 585 NOK per tonn. Prisen for nordsjøsild heldt seg dessutan om lag på dette nivået fram til 1988. Tabell 7.1 viser likevektstilpassinga ved optimalt regulert og fritt fiske basert på dei nemnde data.

---

<sup>30</sup> Jf. kapittel 2.

<sup>31</sup> Før 1992 skilde ikkje Fiskeridirektoratet mellom ringnotfarty med og utan kolmulesesong i lønsemdundersøkingane. Kostnadsdata som vert brukt frå åra før 1992 gjeld difor ringnotfarty med tillaten lastekapasitet 8000 hl og over, med og utan kolmulesesong.

**Tabell 7.1: Likevektstilpassing ved optimalt regulert og fritt fiske,  $P = 585$  NOK/tonn og  $c = 473.800$  NOK.**

	<b>Fangst (Y)</b>	<b>Bestand (X)</b>	<b>Innsats (K)</b>
Fritt fiske	261 100	550 000	322
Optimalt regulert	698 300	2 647 900	347

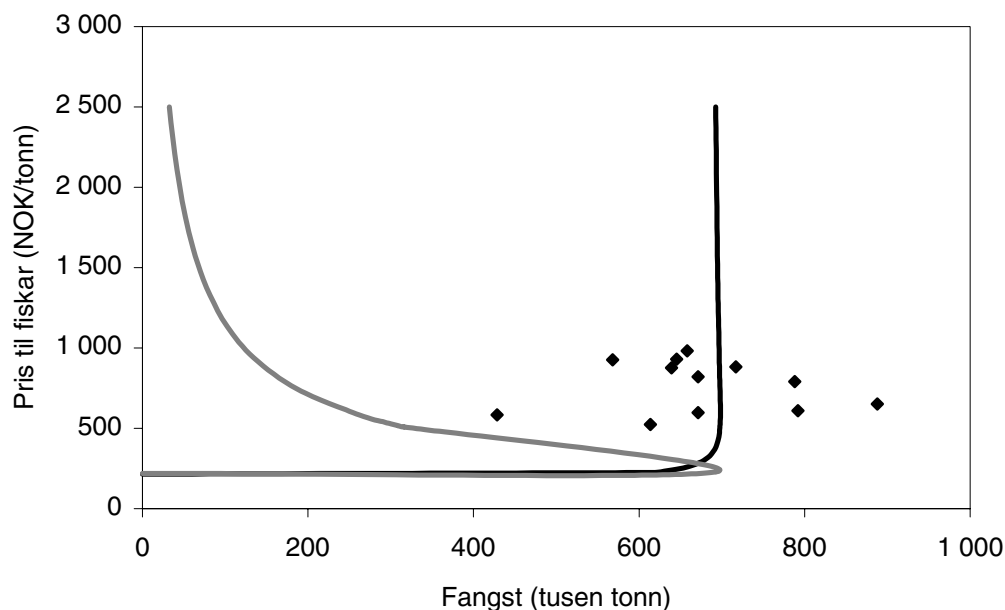
Av tabell 7.1 ser me at ein likevektsbestand på 2,65 millionar tonn ville ha maksimert den økonomiske avkastinga frå bestanden. Dette er om lag den bestanden ein hadde i 1983. Eit optimalt regulert fiske ville difor medført samla landingar på 698.000 tonn per år etter dette. Men slike landingar hadde ein ikkje. I staden vart landingane etter kvart så store at bestanden gradvis vart redusert heilt til Noreg og EU i 1996 vart samde om kraftige reduksjonar i TAC for å redde den. Utviklinga fram til 1996 minnar difor minst like mykje om fritt fiske som om optimalt regulert fiske. Utan nokon form for reguleringar i fisket ville ein nemleg ha redusert bestanden til eit likevektsnivå på 550.000 tonn. Dette ville gitt eit tilbod på om lag 260.000 tonn nordsjøsild per år<sup>32</sup>.

Trass i at fisket etter nordsjøsild ikkje var i likevekt frå 1984 til 1995 har me i figur 7.1 teikna inn likevektstilbodskurva for optimalt regulert fiske og fritt fiske saman med dei faktiske kombinasjonane av pris og kvantum for kvart av åra i perioden. I denne perioden fiska ein bestanden kraftig ned. Det betyr at ein tok ut høgare fangstar frå bestanden enn det som hadde vore mogleg i ei likevekt. Av den grunn kan me ikkje samanlikne dei observerte punkta direkte med dei to tilbodskurvane. Dei to tilbodskurvane er dessutan tufta på kostnadsnivået i 1984<sup>33</sup>, medan prisane som er brukte er nominelle.

Frå figur 7.1 ser me at for dei observerte prisane i perioden ville likevektsfangstane i eit optimalt regulert fiske ha halde seg rundt MSY, medan likevektsfangstane i eit uregulert fiske ville vore låge som følgje av at ein ville ha redusert bestanden kraftig. Dei faktiske reguleringane i perioden 1984 til og med 1995 liknar difor ikkje særleg mykje verken på eit optimalt regulert fiske eller eit fiske heilt utan reguleringar. Dei observerte kombinasjonane av fangst og pris i figuren stadfestar også at fangstane i fleire av åra var større enn MSY.

<sup>32</sup> Bjørndal og Conrad (1987) set opp ein diskret modell for dynamikken ved fritt fiske og viser at ein slik modell gir større sannsyn for 'overshooting' og mogleg utrydding enn om ein opererar med kontinuerleg tid. I vårt tilfelle er det dermed moglegheiter for at bestanden ved fritt fiske hadde blitt utrydda på grunn av 'overshooting' i staden for at ein enda opp i likevektsløysinga med ein totalbestand på 550.000 tonn.

<sup>33</sup> Kostnadane auka med vel 17% frå 1984 til 1995.



**Figur 7.1:** *Tilbodskurve for optimalt regulert fiske (svart kurve) og fritt fiske i 1984 ( $c = 473.800$ ), samt faktiske kombinasjonar av pris og fangst i åra 1984-1995 ( $\diamond$ ).*

Dei faktiske reguleringane ein hadde i perioden frå moratoriet vart avslutta tidleg på 1980-talet og fram til Noreg og EU vart einige om å redusere kvotane i juni 1996, var ikkje optimale i den forstand at dei medførte størst mogleg økonomisk avkastning frå bestanden. På den andre sida var fisket heller ikkje heilt utan reguleringar. Dersom det hadde vore tilfellet ville truleg bestanden vorte fiska ned mykje raskare enn det han faktisk vart. Sjølv om reguleringssystemet i denne perioden tillet fiskarane å lande fangstar som var større enn det som var berekraftig, avgrensa det samstundes fiskarane frå å lande endå større kvanta. Truleg kan reguleringssystemet i perioden best beskrivast som regulert fritt fiske (Homans og Wilen, 1997).

### Reguleringar frå 1996 og utover

I 2002 passerte biomassen til gytefiskken av nordsjøsilg grensa som Noreg og EU har avtalt at den skal halde seg over. Dette kan bety at ein byrjar å nærme seg ei stabilisering av fangstar og bestand rundt eit ønskt nivå. Ut frå dette kan me undersøkje korleis reguleringane i form av samla fangstkvorar er i høve til dei estimerte likevektstilbodskurvane. Frå 1996 til og med 2002 har Noreg og EU sine avtalte fangstar av nordsjøsilg vore heilt i tråd med råda frå

ACFM<sup>34</sup>. Av den grunn er det nærliggjande å tru at avtalt TAC mellom Noreg og EU også for 2003 vil følgje tilrådingane frå ACFM. Dette vil i så tilfelle bety ein auke i TAC til ein samla kvote på 450.000 tonn nordsjøsild frå ICES-områda IV og VIIId dette året.

Dei estimerte tilbodskurvane viser som kjent kombinasjonar av fangstar og prisar i likevekt. Me kan difor ikkje gjere samanlikningar mellom dei faktiske reguleringane og dei estimerte tilbodskurvane for åra frå 1996 til og med 2002. Gjennom denne perioden var nemleg kvotane låge for at bestanden skulle vekse mot eit avtalt nivå<sup>35</sup>. Fyrst når ein har stabilisert seg på dette nivået med relativt små endringar i fangst og bestand frå år til år, vil det vere fornuftig å samanlikne med dei estimerte tilbodskurvane.

Kostnadane har endra seg relativt mykje frå 1998 til 2000. Også prisane har variert ein del gjennom åra. Dette betyr at det som var ei optimal tilpassing i 1998 ikkje nødvendigvis vil vere det i dei andre åra. Likevektstilpassingane ved optimalt regulert og fritt fiske basert på prisar og kostnadar for dei tre åra 1998, 1999 og 2000 er viste i tabell 7.2.

Me ser av tabell 7.2 at likevektstilpassinga ved fritt fiske varierar mykje meir mellom dei tre åra enn tilsvarande for optimalt regulert fiske. Dersom fisket hadde vore heilt utan reguleringar ville ein nærast ha utrydda bestanden med prisar og kostnadar som i 1998. I dei to andre åra var kostnadane høgare slik at ein ikkje ville ha ønsker om å redusere bestanden fullt så mykje som i 1998. Men ein totalbestand på i underkant av 600.000 tonn som tabellen viser at fritt fisket ville gitt for åra 1999 og 2000, er ikkje mykje i høve til den estimerte bereevna på 5.270.000 tonn. Me veit dessutan at ICES opererar med eit minste biologiske akseptable nivå for gytebestanden av nordsjøsild på 800.000 tonn. For å sikre at bestanden ikkje bryt saman bør difor totalbestanden vere atskillig større enn 800.000 tonn. Ut frå dette ser me at nordsjøsilda kunne stått i fare for å verte utrydda dersom fisket hadde vore heilt utan reguleringar.

Likevekta i eit optimalt regulert fiske inneber som tabell 7.2 viser, ein totalbestand på om lag 2,6 millionar tonn. Optimal bestandsstorleik endrar seg dessutan lite mellom dei tre åra som er

---

<sup>34</sup> Jf. tabell 3.1.

<sup>35</sup> Jf. forvaltingsavtalen mellom Noreg og EU (kapittel 3).

tatt med i tabellen sjølv om både pris og kostnader endrar seg ein del. I 2000 var totalbestanden av nordsjøsild 3,1 millionar tonn. Trass i dette har ein halde fram med relativt låge kvotar i åra 2001 og 2002 for å byggje bestanden opp ytterlegare. Slik prisane og kostnadane var i 2000 ville ein totalbestand på 2,66 millionar tonn vore det som gav størst økonomisk avkastning i følgje tilbodskurva for optimalt regulert fiske. Dette ville gitt årlege fangstar på om lag 698.000 tonn. Fangstane ville dermed vore nesten like store som *MSY*.

**Tabell 7.2: Optimal tilpassing og tilpassing ved fritt fiske gitt prisar og kostnader i 1998, 1999 og 2000. Prisar i NOK per tonn, variable kostnader i NOK, fangst og bestand i tonn og innsats i talet på ringnotekvivalentar.**

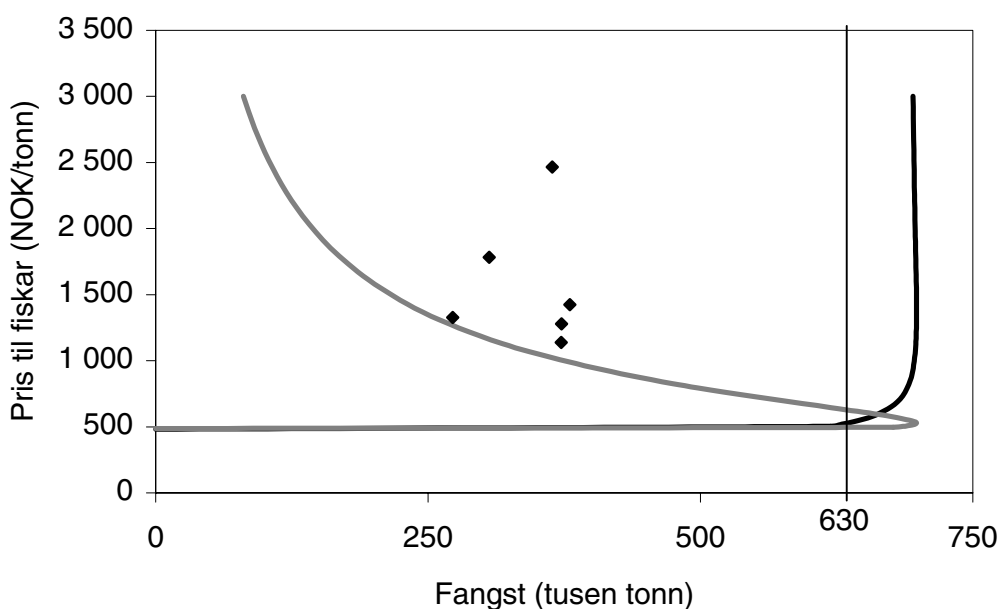
	1998	1999	2000
Pris (p)	1 423	1 137	1 280
Kostnad (c)	564 700	970 600	1 059 500
Fritt fiske:			
Fangst ( $Y_{\infty}$ )	95 300	280 500	269 000
Bestand ( $X_{\infty}$ )	186 300	596 800	568 900
Innsats ( $K_{\infty}$ )	240	329	325
Optimalt regulert fiske:			
Fangst ( $Y^*$ )	695 700	698 200	698 200
Bestand ( $X^*$ )	2 475 100	2 668 300	2 656 200
Innsats ( $K^*$ )	356	346	347
Røynda <sup>a</sup> :			
Fangst	380 200	372 300	372 400
Bestand	2 189 700	2 454 400	3 118 900

<sup>a</sup> Kjelde: ICES, 2002a.

Tabell 7.2 viser at dersom kostnader og pris held seg som i 2000, så vil eit optimalt regulert fiske innebære at 347 ringnotfarty eller ringnotekvivalentar deltek i nordsjøsildfisket. Dette betyr at kvart ringnotfarty i gjennomsnitt vil kunne fiske i overkant av 2.000 tonn nordsjøsild kvart år. I 2001 var dei samla fangstane av nordsjøsild på 364.000 tonn. Ved å gå ut frå at kvar ringnotekvivalent fiska like mykje som det gjennomsnittlege norske ringnotfartyet gjorde dette året, finn me at 498 ringnotekvivalentar deltok i fisket etter nordsjøsild i 2001. Innsatsen i 2001 var dermed atskillig større enn den hadde vore i eit optimalt regulert fiske. Samstundes

var dei samla fangstane mindre, noko som betyr at gjennomsnittleg fangst per ringnotekvivalent var monaleg mindre i det verkelege fisket enn ved optimale reguleringar.

Figur 7.2 viser likevektstilbodskurvane for optimalt regulert og fritt fiske basert på kostnadsdata frå 2000. I figuren er også dei observerte kombinasjonane av fangstar og prisar teikna inn, men også i dette tilfellet må me understreke at desse punkta ikkje representerar likevektskombinasjonar. Dei venta fangstane dersom Noreg og EU held fram med å følgje tilrådingane frå ACFM er teikna inn som ei rett linje for  $Y = 630.000$  tonn. Figuren viser at berre dersom prisen for nordsjøsild vert svært låg, nærare bestemt ned mot 500 NOK per tonn, så vil tilbode kvantum vere tilnærma upåverka av kva reguleringssystem ein har.



**Figur 7.2:** Tilbodskurve for optimalt regulert fiske (svart kurve) og fritt fiske i 2000 ( $c = 1.059.500$ ), samt faktiske kombinasjonar av pris og fangst i åra 1996-2001 (♦).

Me såg i kapittel 4 at oppnådde prisar for nordsjøsild har auka kraftig frå 2000. I 2001 enda ein opp med ein gjennomsnittspris for nordsjøsild på 3,79 NOK per kg. Dette tilsvarar ein justert pris til fartyeigar på 2463 NOK per tonn, og er den høgaste nominelle prisen ein har hatt i heile perioden frå moratoriet starta i 1977. Prisane fiskarane har oppnådd så langt i fyrste halvdel av 2002 tydar på at dette høge prisnivået har halde seg. Av den grunn vil me no sjå korleis tilbodet ved dei ulike reguleringsregima vert endra dersom me legg til grunn at prisen på 2463 NOK per tonn vil halde seg konstant i all framtid. Per i dag gjeld den siste

tilgjengelege lønsemdsundersøkinga frå Fiskeridirektoratet året 2000, av den grunn vil me ta utgangspunkt i kostnadane for dette året<sup>36</sup>.

Tabell 7.3 viser likevektstilpassinga ved optimalt regulert og fritt fiske dersom dagens prisar og kostnadar held seg uendra. Også her finn me at eit uregulert nordsjøsildefiske nærast vil utrydde bestanden. Ein totalbestand på 210.000 tonn er langt under det som skal til for at bestanden skal vere trygg. Når det gjeld tilfellet med optimalt regulert fiske, vil bestanden i likevekt vere litt mindre enn det me fann då me tok utgangspunkt i gjennomsnittsprisen for 2000. Auken i pris frå 2000 har som kjent vore stor, noko som gjer det lønsamt å redusere bestanden noko. Fangstane i likevekt vert difor også litt mindre. Men resultata viser at den årlege likevektsfangsten for eit optimalt regulert fiske ikkje endrar seg stort som følgje av auken i pris.

**Tabell 7.3: Likevektstilpassing ved optimalt regulert og fritt fiske.  $c = 1.059.500$ ,  $p = 2463$ . Fangst og bestand i tonn, innsats i talet på ringnotekvivalentar.**

	Fangst (Y)	Bestand (X)	Innsats (K)
Fritt fiske	107 000	210 300	249
Optimalt regulert fiske	696 000	2 487 800	355

Det faktum at Noreg og EU ikkje auka TAC verken for 2001 eller 2002, betyr truleg at dei ønskjer ei stabilisering med ein totalbestand som er høgare enn den som i følgje den bioøkonomiske modellen maksimerar økonomisk avkasting frå bestanden. ACFM-rapporten for 2002 (ICES 2002b) inneheld ulike scenario for fangstar og gytebestand i 2003, basert på ulike fiskemortalitet dette året. Her viser ein mellom anna ulike kombinasjonar av fiskemortalitet i flåtegruppene A til D<sup>37</sup> som gir ein samla fiskemortalitet for nordsjøsildebstanden i tråd med avtalen mellom Noreg og EU. Felles for dei ulike scenarioa er at dei resulterer i ein gytebestand på om lag 2,2 millionar tonn og samla fangstar på mellom 620 og 635 tusen tonn. Dersom me tek utgangspunkt i at Noreg og EU held fram med å følgje

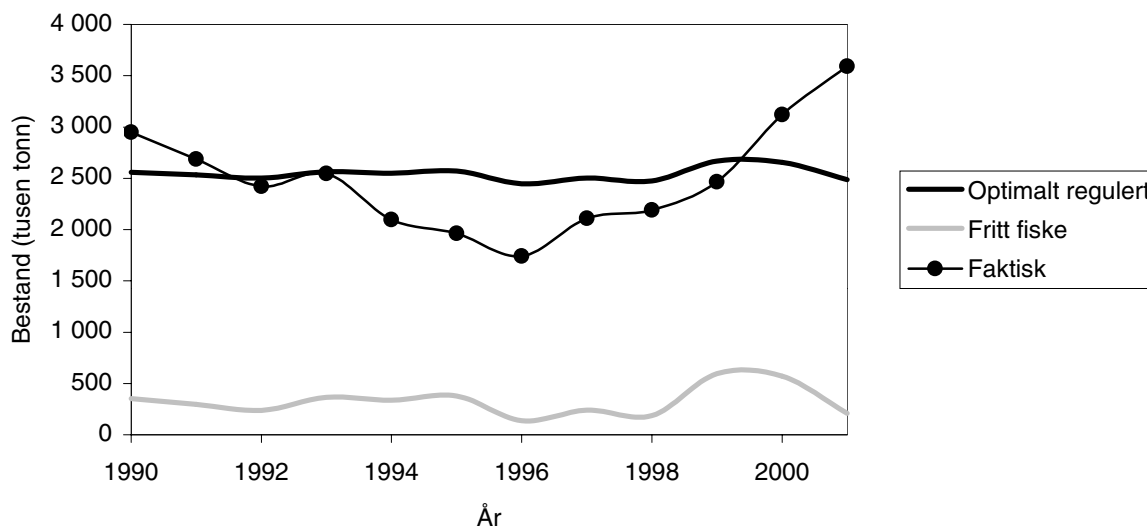
<sup>36</sup> Disse kostnadane vert ikkje justerte for generell prisstiging frå 2000, fordi kostnadar knytt til drivstoff utgjer ein forholdsvis stor del. I følgje Statistisk Sentralbyrå har nemleg prisen på drivstoff vorte redusert med om lag åtte prosent frå 2000 til fyrste kvartal 2002. Denne prisreduksjonen vil dermed motvirke prisstiginga på andre innsatsfaktorar.

<sup>37</sup> Jf. kapittel 3.



tilrådingane frå ACFM, tilseier dette at dei vil stabilisere seg på eit nivå med fangstar på om lag 630 tusen tonn per år. Ved hjelp av den logistiske vekstfunksjonen kan me rekne ut kva likevektsbestand som gir årlege fangstar på dette nivået. Ved å bruke estimert bereevne og vekstrate finn me at totalbestanden då må vere 3,5 millionar tonn.

Reguleringsystemet ein har hatt frå 1996 ser dermed ut til å resultere i eit lågare tilbod av nordsjøisild enn det ein kunne hatt om fisket hadde vore optimalt regulert. Ved å redusere bestanden litt vil ein kunne ta større årlege likevektsfangstar enn det tilrådingane frå ACFM legg opp til. Situasjonen ser difor ut til å ha endra seg mykje etter at EU og Noreg vart einige om forvaltingsavtalen for nordsjøisild. I tida før denne avtalen såg me at det vart landa så mykje nordsjøisild at bestanden vart redusert frå år til år, og frå og med 1992 låg totalbestanden under likevektsbestanden ved optimalt regulert fiske. Etter at ein la om forvaltingsregimet byrja bestanden å nærme seg likevektsbestanden ved optimalt regulert fiske igjen, og frå 2000 har totalbestanden vore større enn den optimale likevektsbestanden. Denne utviklinga er vist i figur 7.3.

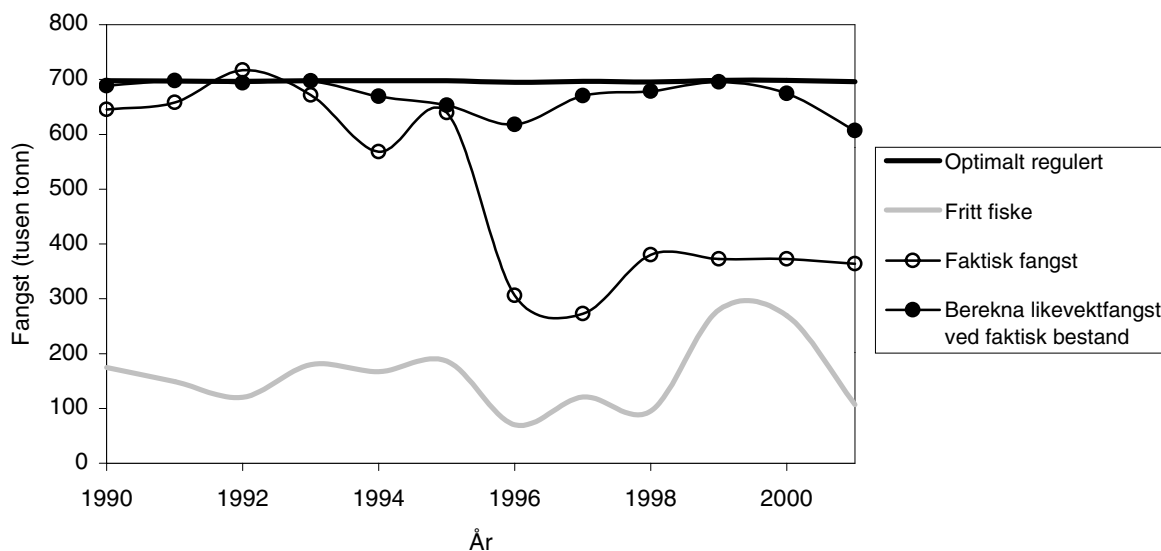


**Figur 7.3: Likevektsbestand ved optimalt regulert og fritt fiske, samt faktisk totalbestand, 1990-2001<sup>a</sup>.**

<sup>a</sup> Likevektsbestand ved optimalt regulert og fritt fiske for 2001 er tufta på kostnadsdata for 2000.

Figur 7.3 viser ein tydelig effekt på totalbestanden av at reguleringsystemet vart lagt om i 1996. Omlegginga av reguleringsystemet kjem også klart fram i figur 7.4 som viser likevektsfangstar ved optimalt regulert og fritt fiske, samt faktisk fangst og berekna

likevektsfangst ut frå faktisk bestand<sup>38</sup>. Figuren viser at eit optimalt regulert fiske gir størst tilbod av nordsjøisild, medan fritt fiske gir det lågaste tilbodet. Me ser også at det er stor avstand mellom dei faktiske fangstane og berekna likevektsfangstar ut frå faktisk bestand, noko som viser at fiskeriet ikkje har vore i likevekt i perioden. Denne skilnaden er som venta særleg stor etter 1996.



**Figur 7.4: Likevektsfangstar ved optimalt regulert og fritt fiske, faktiske fangstar og berekna likevektsfangstar ut frå faktisk bestand, 1990-2000.**

<sup>38</sup> Likevektsfangst ( $Y_F$ ) ut frå faktisk bestand ( $X_F$ ) er berekna på følgjande måte:  $Y_F = r \cdot X_F \left(1 - \frac{X_F}{L}\right)$

## 8. Oppsummering og konklusjon

Val av reguleringsystem kan ha stor verknad på tilbodet av nordsjøsil. Alt etter korleis fisket vert regulert har me sett at tilbodet i likevekt kan variere mellom ingenting dersom bestanden vert utrydda, og eit tilbod på 690-700 tusen tonn per år. Ein av grunnane til dette er dei effektive fangstmetodane ein nyttar i nordsjøsilfisket. Desse gjer at det kan vere lønsamt for kvar einskild fiskar å fiske frå bestanden sjølv om den er på eit svært lågt nivå.

I denne rapporten har me utleia og estimert tilbodskurver for optimalt regulert fiske og fritt fiske ut frå ein Cobb-Douglas produktfunksjon. Etter å ha estimert dei to tilbodskurvane for nordsjøsilfisket gjennomførte me ein sensitivetsanalyse. Denne analysen viste at kostnadsendringar kan ha stor effekt på tilbodet både ved optimalt regulert og fritt fiske for låge prisar. Me fann elles at tilbodskurva for eit optimalt regulert fiske er mest sensitiv for endringar i dei biologiske parametrane, medan endringar i parametrane til produktfunksjonen har størst innverknad på tilbodskurva ved fritt fiske.

Tilbodskurvane som vart utleia og estimerte for optimalt regulert og fritt fiske representerar ytterpunkta når det gjeld reguleringsystem. I det fyrste tilfellet maksimerast avkastinga frå bestanden, medan det andre tilfellet inneber at ein ikkje oppnår avkasting frå bestanden i det heile. Tilbodet ved dei to reguleringsystema er dermed også forskjellig. Me har sett at eit optimalt regulert fiske vil gi årlege fangstar opp mot den maksimale likevektsfangsten på 698.275 tonn. Ved fritt fiske vil tilbodet vere mykje lågare og likevektsløysinga vil variere meir med prisen og kostnadsnivået. Likevektsbestanden ved fritt fiske er dessutan så låg at det er moglegheiter for at nordsjøsil kan bli utrydda dersom fisket vert regulert på denne måten.

I røynda finn me få eksempel på fiskeri der ein enten har optimalt regulert eller fritt fiske. Me har sett at dei reguleringane som har vore i nordsjøsilfisket etter moratoriet vart oppheva i 1981 ligg ein stad mellom dei to nemnde ytterpunkta. Data som har vorte presenterte viser dessutan eit tydeleg skilje mellom korleis fisket vart regulert før og etter 1996. Omlegginga i 1996 fekk konsekvensar for tilbodet av nordsjøsil. Før omlegginga opererte ein med forholdsvis høge fangstar, noko som gav eit svært høgt tilbod av nordsjøsil i ein periode på 1980-talet. Men sidan desse fangstane medførte ei gradvis nedfisking av bestanden, gjekk tilbodet nedover år for år frå 1988.

Frå 1996 til og med 2002 har kvotane og dermed også tilbodet vore relativt lågt. Dette for å byggje opp bestanden til eit høgare nivå. Totalbestanden har frå 2001 vore større enn den likevektsbestanden eit optimalt regulert fiske medfører. Dette resulterer i at tilbodet per år vert mindre enn om fisket hadde vore optimalt regulert. På den andre sida ville tilbodet vore endå mindre dersom fisket hadde vore heilt utan reguleringar.

Modellen som ligg til grunn for resultatane me har kome fram til byggjer på ei rekkje forenklande føresetnader. Det er difor mange moglegheiter for utvidingar og vidare analyse. I modellen vår har me til dømes gått ut frå at både pris og kostnader er konstante. Ei mogleg utviding vil difor vere å endre på denne føresetnaden. Ved at me føreset konstant pris, får me berre eit skjæringspunkt mellom tilbodskurva og etterspurnadskurva. Dersom derimot prisen hadde vore gitt ved ein avtakande etterspurnadsfunksjon, ville det på grunn av den bakoverbøyde fasongen til tilbodskurva vore moglegheiter for fleire skjæringspunkt mellom denne og etterspurnadskurva.

Me har også sett at den naturlege veksten i bestanden ikkje er deterministisk slik vår modell føreset. Ved å setje opp ein stokastisk modell ville ein difor fått ei meir realistisk framstilling av røynda. Ein annan moglegheit for vidare analyse kan vere å ta omsyn til verknadane andre bestandar har på nordsjøsildebstanden ved å setje opp ein fleirbestandsmodell.

## Referansar

- Anon. (2001), "Agreed Record of Conclusions of Fisheries Consultations between the European Community and Norway for 2002", Annex V: "Arrangement on the Management and allocation of Herring of North Sea origin", Brussel desember 2001.
- Arnason, R., G. Magnusson, og S. Agnarsson (2000), "The Norwegian Spring Spawning Herring Fishery: A Stylised Game Model", *Marine Resource Economics*, Vol. 15, Issue 4: 293-319.
- Bjørndal, T. (1987), "Production Economics and Optimal Stock Size in a North Atlantic Fishery", *Scandinavian Journal of Economics* 89: 145-164.
- Bjørndal, T. (1988), "The Optimal Management of North Sea Herring", *Journal of Environmental Economics and Management* 15: 9-29.
- Bjørndal, T. og J.M. Conrad (1987), "The dynamics of an open access fishery", *Canadian Journal of Economics*, No. 1: 74-85.
- Bjørndal, T. og G.R. Munro (1998), "The Economics of Fisheries Management: A Survey", i T. Tietenberg og H. Folmer (red.), "The International Yearbook of Environmental and Resource Economics 1998", Edward Elgar: 153-188.
- Clark, C.W. (1990), "Mathematical Bioeconomics", New York: Wiley & Sons.
- Clark, C.W. og G.R. Munro (1975), "The Economics of Fishing and Modern Capital Theory: A Simplified Approach", *Journal of Environmental Economics and Management* 2: 92-106.
- Conrad, J.M. og C.W. Clark (1987), "Natural Resource Economics – Notes and problems", Cambridge University Press.
- Copes, P. (1970), "The Backward-bending Supply Curve of the Fishing Industry", *Scottish Journal of Political Economy* 17: 69-77.
- Corton, A. (2001), "Northern distribution of North Sea herring as a response to high water temperature and/or low food abundance", *Fisheries Research* 50: 189-204.
- Doubleday, W.G. (1976), "Environmental fluctuations and fisheries management", International Commission for the North West Atlantic Fisheries Selected Papers 1: 141-150.
- EU-kommisjonen (2002), "Communication from the commission on the reform of the Common Fisheries Policy ("Roadmap")", COM(2002) 181 final.
- Finansdepartementet (2000), "Veiledning i samfunnsøkonomiske analyser".

- Fiskeridirektoratet (1999), "Lønnsomhetsundersøkelser for helårsdrevne fiskefartøy 8 meter største lengde og over 1998".
- Fiskeridirektoratet (2000), "Lønnsomhetsundersøkelser for helårsdrevne fiskefartøy 8 meter største lengde og over 1999".
- Fiskeridirektoratet (2001), "Lønnsomhetsundersøkelser for helårsdrevne fiskefartøy 8 meter største lengde og over 2000".
- Fiskeridirektoratet, "Norsk fangst av nordsjøsilde 1977 - 2001", 30.05.2002, Excel-fil.
- Fiskeridirektoratet, "Ringnot driftsresultat", 07.06.2002, Excel-fil.
- Gordon, H.S. (1954), "The Economic Theory of a Common Property Resource: The Fishery", *The Journal of Political Economy*, Vol. 62, Issue 2: 124-142.
- Hannesson, R. (1993), "Bioeconomic Analysis of Fisheries", Fishing News Books.
- Hannesson, R. og S.I. Steinshamn (1991), "How to set catch quotas, constant effort or constant catch?", *Journal of Environmental Economics and Management* 20: 71-91.
- Havforskningsinstituttet (2000), "Havets ressurser".
- Homans, F.R. og J.E. Wilen (1997), "A Model of Regulated Open Access Resource Use", *Journal of Environmental Economics and Management* 32: 1-21.
- ICES (2001), Advisory Committee on Ecosystems: "Status of North Sea Fisheries".
- ICES (2002a), "Report of the Herring Assessment Working Group for the Areas South of 62°N", ICES CM 2002/ACFM:12.
- ICES (2002b), "Report of the ICES Advisory Committee on Fishery Management"
- Intrafish 10.06.2002, "Prisfesten er over". Frå Internett: [www.intrafish.no](http://www.intrafish.no).
- Meldingar frå fiskeridirektøren; J-158-2001, J-270-2001 og J-99-2002.
- Munro, G.R. og A.D. Scott (1985), "The Economics of Fisheries Management", i A.V. Kneese og J.L. Sweeney (red.), "Handbook of Natural Resource and Energy Economics", vol. II, Amsterdam: North-Holland: 623-676.
- Norges Sildesalgslag (1990-2000), Årsmeldingar.
- Norges Sildesalgslag, "Tall og fakta". Frå Internett: [www.sildelaget.no/tof](http://www.sildelaget.no/tof).
- Stortingsmeldingar; nr. 18 (1977-78), nr. 93 (1982-83), nr. 58 (1991-92) og nr. 51 (1997-98).
- Årland, K. og T. Bjørndal (2002), "Fisheries Management in Norway – an overview", *Marine Policy* 26: 307-313.

## Vedlegg

### V.1. Gytebestand, totalbestand og landingar (i tonn), 1960-2001

År	Gytebestand	Total bestand	Landingar
1960	1 911 811	3 778 955	696 200
1961	1 684 621	4 387 806	696 700
1962	1 136 203	4 419 877	627 800
1963	2 207 286	4 648 231	716 000
1964	2 046 742	4 813 525	871 200
1965	1 462 521	4 357 548	1 168 800
1966	1 289 112	3 325 185	895 500
1967	923 195	2 817 910	695 500
1968	414 076	2 522 428	717 800
1969	424 520	1 905 778	546 700
1970	374 758	1 922 103	563 100
1971	266 324	1 849 816	520 100
1972	288 554	1 549 902	497 500
1973	233 666	1 156 502	484 000
1974	162 321	912 842	275 100
1975	82 110	681 720	312 800
1976	78 696	360 318	174 800
1977	48 797	212 560	46 000
1978	66 361	227 349	11 000
1979	108 857	384 694	25 100
1980	133 007	633 405	70 764
1981	197 901	1 162 085	174 879
1982	281 046	1 847 388	275 079
1983	435 943	2 724 667	387 202
1984	682 523	2 870 295	428 631
1985	703 223	3 468 522	613 780
1986	683 046	3 478 147	671 488
1987	904 630	3 937 023	792 058
1988	1 198 630	3 570 910	887 686
1989	1 247 511	3 291 174	787 899
1990	1 174 169	2 949 417	645 229
1991	960 957	2 686 998	658 008
1992	680 708	2 422 438	716 799
1993	448 835	2 547 324	671 397
1994	502 526	2 096 133	568 234
1995	480 400	1 963 441	639 146
1996	483 788	1 739 867	306 157
1997	584 344	2 107 773	272 627
1998	781 524	2 189 692	380 178
1999	935 096	2 464 359	372 341
2000	943 389	3 118 870	372 420
2001	1 428 052	3 590 636	364 029

Kjelde: *Herring Assessment Working Group, ICES 2002a.*

## V.2. Bereking av likevektstilbodskurve for optimalt regulert fiske

Hamilton-funksjonen til optimeringsproblemet er:

$$(1) \quad \tilde{H}(X_t, Y_t, \mu_{t+1}) = pY_t - c \left( \frac{Y_t}{aX_t^g} \right)^{\frac{1}{b}} + \frac{1}{1+\rho} \cdot \mu_{t+1} (F(X_t) - Y_t),$$

Naudsynte fyrsteordens vilkår for eit optimum er (Conrad og Clark, 1987):

$$(i) \quad \frac{\delta \tilde{H}}{\delta Y} = 0$$

$$(ii) \quad \frac{\delta \tilde{H}}{\delta X} = \mu_t - \frac{\mu_{t+1}}{1+\rho}$$

$$(iii) \quad \frac{\delta \tilde{H}}{\delta \left( \frac{\mu_{t+1}}{1+\rho} \right)} = X_{t+1} - X_t$$

Fyrsteordens vilkåra til (1) vert difor som følgjer:

$$(2) \quad \frac{\delta \tilde{H}}{\delta Y} = p - \frac{c}{bY_t} \left( \frac{Y_t}{aX_t^g} \right)^{\frac{1}{b}} - \frac{\mu_{t+1}}{1+\rho} = 0$$

$$(3) \quad \frac{\delta \tilde{H}}{\delta X} = \frac{cg}{bX_t} \left( \frac{Y_t}{aX_t^g} \right)^{\frac{1}{b}} + \frac{\mu_{t+1}}{1+\rho} F'(X_t) = \mu_t - \frac{\mu_{t+1}}{1+\rho}$$

$$(4) \quad \frac{\delta \tilde{H}}{\delta \left( \frac{\mu_{t+1}}{1+\rho} \right)} = F(X_t) - Y_t = X_{t+1} - X_t$$

Me ønskjer å finne ei likevektsløysing, dvs. ei tilpassing der det ikkje er endring i variablane frå periode til periode. Me kan løyse (2) for  $\mu$  på følgjande måte:



$$(5) \quad \mu = (1 + \rho) \cdot \left[ p - \frac{c}{bY} \left( \frac{Y}{aX^g} \right)^{\frac{1}{b}} \right]$$

Ved å løyse likning (3) for  $\mu$  får me:

$$(6) \quad \mu = \frac{cg}{bX} \left( \frac{Y}{aX^g} \right)^{\frac{1}{b}} \cdot \frac{1 + \rho}{\rho - F'(X)}$$

Den deriverte av vekstfunksjonen er gitt ved:

$$(7) \quad F'(X) = r - \frac{2rX}{L}$$

Ved hjelp av likningane (5), (6) og (7) finn me følgjande uttrykk for prisen,  $p$ :

$$(8) \quad p = \frac{c}{bY} \left( \frac{Y}{aX^g} \right)^{\frac{1}{b}} + \frac{\frac{cg}{bX} \left( \frac{Y}{aX^g} \right)^{\frac{1}{b}}}{\rho - r + \frac{2rX}{L}}$$

I likevekt må dessutan følgjande samanheng mellom  $X$  og  $Y$  halde:

$$(9) \quad F(X) = rX \left( 1 - \frac{X}{L} \right) = Y$$

Tilbodet ved optimalt regulert fiske er dermed gitt ved at likningane (8) og (9) held samstundes.

**V.3. Sensitivitetsanalyse**

Korleis vert likevektsfangsten påverka av endringar i parametranne?

Tilbodet av nordsjøsilid ved bruk av det opphavlege estimatet er ført opp med utheva skrift.

**Fritt fiske**

<b>Kostnaden, c.</b>	<b>Pris = 880</b>	<b>Pris = 1280</b>	<b>Pris = 2460</b>
953 550	384 540	232 747	92 075
989 300	403 034	244 864	97 100
<b>1 059 500</b>	<b>439 155</b>	<b>268 960</b>	<b>107 181</b>
1 165 450	492 649	305 938	122 899

<b>Vekstrata, r.</b>	<b>Pris = 880</b>	<b>Pris = 1280</b>	<b>Pris = 2460</b>
0,48	410 630	252 356	100 769
<b>0,53</b>	<b>439 155</b>	<b>268 960</b>	<b>107 181</b>
0,58	466 675	284 979	113 363
0,64	498 538	303 523	120 517

<b>Bereevna, L.</b>	<b>Pris = 880</b>	<b>Pris = 1280</b>	<b>Pris = 2460</b>
4 216 000	420 267	263 627	106 482
4 743 000	430 983	266 617	106 871
<b>5 270 000</b>	<b>439 155</b>	<b>268 960</b>	<b>107 181</b>
5 797 000	445 607	270 847	107 432

<b>Produktfunksjon; a.</b>	<b>Pris = 880</b>	<b>Pris = 1280</b>	<b>Pris = 2460</b>
0,04926	533 314	335 442	135 680
0,05541	482 535	298 807	119 843
<b>0,06157</b>	<b>439 155</b>	<b>268 960</b>	<b>107 181</b>
0,06773	402 132	244 270	96 853

<b>Produktfunksjon; g.</b>	<b>Pris = 880</b>	<b>Pris = 1280</b>	<b>Pris = 2460</b>
0,506	0	561 542	230 218
0,534	611 602	391 241	155 708
<b>0,562</b>	<b>439 155</b>	<b>268 960</b>	<b>107 181</b>
0,618	215 094	130 729	53 681

<b>Produktfunksjon; b.</b>	<b>Pris = 880</b>	<b>Pris = 1280</b>	<b>Pris = 2460</b>
1,220	0	606 119	265 706
1,288	621 300	405 319	164 031
<b>1,356</b>	<b>439 155</b>	<b>268 960</b>	<b>107 181</b>
1,492	219 564	131 897	53 194

## Optimalt regulert fiske

Diskonteringsrata, $\rho$ .	Pris = 880	Pris = 1280	Pris = 2460
0,00	678 595	690 697	696 592
0,03	687 544	696 101	698 266
<b>0,06</b>	<b>693 707</b>	<b>698 230</b>	<b>696 102</b>
0,12	698 271	693 183	680 589
0,18	693 616	676 798	650 901

Kostnaden, c.	Pris = 880	Pris = 1280	Pris = 2460
953 550	696 081	698 248	695 588
989 300	695 392	698 273	695 767
<b>1 059 500</b>	<b>693 707</b>	<b>698 230</b>	<b>696 102</b>
1 165 450	690 230	697 909	696 570

Vekstrata, r.	Pris = 880	Pris = 1280	Pris = 2460
0,48	628 462	632 397	629 734
<b>0,53</b>	<b>693 707</b>	<b>698 230</b>	<b>696 102</b>
0,58	758 966	764 023	762 371
0,64	837 298	842 940	841 796

Bereevna, L.	Pris = 880	Pris = 1280	Pris = 2460
4 216 000	549 899	558 026	557 472
4 743 000	622 129	628 211	626 808
<b>5 270 000</b>	<b>693 707</b>	<b>698 230</b>	<b>696 102</b>
5 797 000	764 839	768 102	765 365

Produktfunksjon; a.	Pris = 880	Pris = 1280	Pris = 2460
0,04926	686 573	697 416	696 905
0,05541	690 991	697 995	696 484
<b>0,06157</b>	<b>693 707</b>	<b>698 230</b>	<b>696 102</b>
0,06773	695 428	698 273	695 758

Produktfunksjon; g.	Pris = 880	Pris = 1280	Pris = 2460
0,506	0	684 833	698 231
0,534	676 671	695 972	697 364
<b>0,562</b>	<b>693 707</b>	<b>698 230</b>	<b>696 102</b>
0,618	698 150	696 705	693 759

Produktfunksjon; b.	Pris = 880	Pris = 1280	Pris = 2460
1,220	0	665 913	697 863
1,288	668 263	694 157	697 760
<b>1,356</b>	<b>693 707</b>	<b>698 230</b>	<b>696 102</b>
1,492	697 893	696 213	693 344