

S 190 Nak

Fiskeridirektoratet
Biblioteket

eks. 2

Slik holdes torskefisket lønnsomt

Av:

**Odd Nakken, Havforskningsinstituttet
Stein Ivar Steinshamn, Norges Handelshøyskole
Per Sandberg, Fiskeridirektoratet**

Juni 1994

Sammendrag

De fiskeripolitiske målsettingene gir føringer for hvordan den norsk-arktiske torskestammen skal forvaltes. Vi drøfter hvilken forvaltningsstrategi som synes å oppfylle disse målsettingene på en best mulig måte. Dette gjøres ved først å drøfte variasjonen i de prosesser som bestemmer sammensetning og størrelse av torskebestanden. Deretter viser vi hvordan biologisk og økonomisk avkastning av torskebestanden avhenger av beskatningsgraden. Analysen leder til at en optimal beskatningsgrad for den norsk-arktiske torskestammen ligger i intervallet 17 - 30%. Dette tilsvarer en fiskedødelighet i intervallet $F = 0.20 - 0.40$. Av hensyn til jevn og god rekruttering, og av hensyn til god tilgjengelighet i Lofotfisket bør gytebestanden være av en størrelse på minst 500.000 tonn.

Innhold

1.	Innledning	3
2.	Fiskeripolitiske målsettinger	3
3.	Beslutningssystemet for ressursuttak	4
4.	Biologisk produksjon og avkastning	5
4.1	Rekruttering til fiskbar bestand	6
4.1.1	Yngelens tilgang på mat.	6
4.1.2	Beitepress	6
4.1.3	Gytebestandens antall, alderssammensetning og kondisjon.	7
4.2	Vekst	8
4.3	Naturlig dødelighet	9
4.4	Avkastning og beskatningsgrad.	9
4.4.1	Utbytte pr. rekrutt betraktninger	10
4.4.2	Gytebestand og rekrutteringsbetraktninger	10
4.4.3	Biologisk fornuftig ressursuttak	10
5.	Økonomisk avkastning av torskebestanden	11
5.1	Fangstsesong og antall fartøy	11
5.2	Pris for torsk og fangstkostnader.	11
5.3	Presentasjon av idè og bruk av historiske data for bestanden. ...	12
5.4	Resultater og diskusjon.	13
5.5	Oppsummering	16
6.	Sammenhengen mellom gytebestanden og Lofotfisket	16
7.	Konsekvenser for forvaltningen	18
	Referanser:	20
	Appendix	21

1. Innledning

Av de tradisjonelle fiskeriene i Norge er torsk fisket fremdeles det fiskeriet som gir de største inntektene. Selv i 1990, da torsk bestanden var på et lavmål, utgjorde fangstverdien av dette fiskeslaget nærmere en fjerdedel (vel 1.1 milliarder kroner) av de totale inntekter for norske fiskere. I 1993 var førstehåndsverdien av torsk i underkant av 2 milliarder kroner.

Vår viktigste torsk bestamme (den norsk-arktiske) har et utbredelsesmønster fra Stad i sør til Svalbard i nord, og den fangstes i mesteparten av utbredelsesområdet. Størparten av fangst og verdiskapning finner sted i deler av landet med få alternative næringsveier.

Størrelsen på torsk bestanden bestemmes av naturlige svingninger, men også av hvor mye som fiskes. Størrelsen på det årlige ressursuttak er en sentral og viktig del av forvaltningen av den norsk-arktiske torsk bestammen. Valg av totalkvote (TAC) er viktig for at bestanden skal kunne gi et best mulig utbytte over tid.

Men hva som er et "best mulig utbytte" vil være avhengig av ståsted og i det følgende vil vi ta utgangspunkt i hva vi mener vil være best for storsamfunnet Norge. Det er da naturlig først å undersøke hva de fiskeripolitiske målsettingene, nedfelt av Stortinget, innebærer med hensyn til ønskelig ressursuttak. Etter å ha drøftet disse, skal vi skissere beslutningssystemet i forvaltningen. Vi gir så en oversikt over biologisk og økonomisk produksjon og avkastning i torsk bestanden. Når fiskets effekt på det langsiktige ressursuttaket er klarlagt kan vi trekke noen konklusjoner med henblikk på hvilket årlig ressursuttak som synes å gi et best mulig utbytte over tid.

I notatet vil begreper som beskatningsgrad og fiskedødelighet bli anvendt. Med beskatningsgrad menes forholdet mellom det antall fisk som fanges i løpet av et år og det antall fisk som er tilstede i bestanden ved årets begynnelse. Beskatningsgraden kan uttrykkes i prosent, og hvordan denne forholder seg til fiskedødeligheten er vist i figurene 3 og 4.

2. Fiskeripolitiske målsettinger

De fiskeripolitiske målsettingene er beskrevet i flere stortingsmeldinger de seinere år¹. Av disse er det spesielt de fire sidestilte målsettinger beskrevet i Stortingsmelding nr 93 (1982-83) "Om retningslinjer for fiskeripolitikken" som har vært retningsgivende. Disse er:

- * Hovedtrekkene i bosettingsmønsteret skal bevares
- * Ressursgrunnlaget skal vernes
- * Folk skal sikres trygge og gode arbeidsplasser

¹ Se blant annet følgende stortingsmeldinger:
Nr 93 (1982-83) Om retningslinjer for fiskeripolitikken,
Nr 46 (1988-89) Om miljø og utvikling,
Nr 32 (1989-90) Framtid i nord,
Nr 32 (1990-91) På rett kjø.

*** Den reelle lønnevnen i fiskerinæringen skal økes**

Vi kommenterte innledningsvis torskefiskets betydning som verdiskaper i kystkommuner med få alternative næringsveier. Nevnte fiskeripolitiske målsettinger forteller oss at torskefisket skal forvaltes slik at denne rollen videreføres; hovedtrekkene i bosettingsmønsteret skal bevares, samtidig som arbeidsplassene skal trygges og lønnevnen økes. For å kunne oppfølge slike mål på lang sikt, skal ressursgrunlaget vernes.

Nødvendigheten av et langsiktig perspektiv, slik at ressursgrunlaget vernes, understrekes i relevante stortingsmeldinger som er publisert siste femårsperiode. I Stortingsmelding nr 46 (1988-89) "Om miljø og utvikling" heter det:

Med utgangspunkt i vitenskapelig rådgiving å gjennomføre en langsiktig og økologisk balansert forvaltning av de levende ressursene i havet slik at kommende generasjoner også kan høste av havets ressurser.

Tilsvarende formuleringer gjentas i stortingsmeldingene nr 32 (1989-90) "Framtid i nord" og i nr 32 (1990-91) "På rett kjøl".

I henhold til disse målsettingene mener vi å være på trygg grunn når vi vil tilstrebe følgende mål for ressursuttak av torskestammen:

Torskestammen bør forvaltes slik at den gir en mest mulig stabil og høyest mulig vedvarende avkastning.

Med Lofotfiskets sentrale rolle som verdiskaper i Nord-Norge bør gytebestanden også være så stor at en hvert år sikrer et godt Lofotfiske. Men før vi drøfter hvilken beskatningsgrad som i størst mulig grad oppfyller målsettingen for forvaltning av torskestammen, skal vi gi en kort skisse av hvordan beslutningssystemet for ressursuttak fungerer.

3. Beslutningssystemet for ressursuttak

Totalkvoten (TAC) blir bestemt hvert år gjennom et fast rådgiving- og beslutningssystem. Her skal gis en kort oversikt over saksgangen:

1. Norsk-arktisk torsk befinner seg hovedsaklig i Norges økonomiske sone, Russlands økonomiske sone og i Fiskevernsonen rundt Svalbard. I tillegg opptrer bestanden tidvis i internasjonalt område, bedre kjent som "Smutthullet". Med den store utbredelsen i norske og russiske farvann er det naturlig at det er Havforskningsinstituttet i Norge (HI) og i Russland (PINRO) som gjennom årlige tokt overvåker bestanden. På disse toktene opparbeides anslag over bestandens sammensetning og størrelse.

2. Data fra toktene og fra den kommersielle fangsten bearbeides i Det internasjonale råd for havforskning (ICES), og anslag over torskebestandens størrelse presenteres hvert år i en arbeidsgrupperapport.

3. ICES' rådgivende fiskerikomité (ACFM) kvalitetskontrollerer arbeidsgrupperapporten fra ICES, og gir råd til forvaltningsmyndighetene om hvor mye som kan fiskes. I ACFM møter representanter fra ulike nasjoner og en får dermed en internasjonal aksept for de anslag som gjøres over bestandens størrelse. Dersom bestanden er innenfor trygge biologiske grenser (som tilfellet er for norsk-arktisk torsk nå for tiden) gir ACFM *opsjoner* over hvor mye som kan fiskes, og hvilke konsekvenser dette har for bestand og gytebestand ett år frem i tid.

4. Rådene eller opsjonene fra ACFM blir drøftet og vurdert i fiskeriforvaltningen og en søker å klarlegge hvilket årlig ressursuttak som vil være mest gunstig for Norge. Dette må være klarlagt før Norge i samråd med Russland fastlegger det årlige ressursuttak. Totalkvoten fordeles så mellom Norge og Russland, og en blir enige om hvor mye som kan fiskes av tredjeland (for tiden EU, Færøyene og Grønland).

Etter fiskeriforhandlingene med Russland er fullført er den norske totalkvoten klarlagt. Det norske forvaltningsregimet kan da fastlegges (fordeling på fartøygrupper, fartøykvoter, etc). Denne del av forvaltningen påvirker imidlertid ikke størrelsen på ressursuttaket direkte, og er således ikke tema for denne artikkelen. Følgende oppstilling beskriver beslutningssystemet for ressursuttak av torsk frem til TAC er fastlagt:

INNHEMING AV GRUNNLAGSDATA (TOKT-FANGSTDATA)

ARBEIDSGRUPPERAPPORT (ICES)

RÅDGIVING OM RESSURSUTTAK (ACFM)

DRØFTINGER I FISKERIFORVALTNINGEN

FISKERIFORHANDLINGER MED RUSSLAND

Torskebestanden skal altså forvaltes slik at den gir en høyest mulig vedvarende verdiavkastning for Norge. Før vi drøfter hvilken beskatningsstrategi som vil oppfylle dette, skal vi se nærmere på hvilke prosesser som styrer størrelsen av bestanden.

4. Biologisk produksjon og avkastning

Torsken er 3-5 år når den når fiskbar størrelse (minstemål 47 og 44 cm i henholdsvis norsk og russisk sone). Vekten er da 0.4 - 1.5 kg. Produksjonen i den fiskbare del av bestanden bestemmes av fire faktorer - rekruttering, vekst, naturlig dødelighet og fiske - som oppdateres løpende.

En lang rekke forskningsarbeider har kastet lys over hvordan og hvorfor disse faktorene varierer. Referansene finnes i Nakken (1993), og her gis en kortfattet oppsummering av resultatene. La oss begynne med rekruttering.

4.1 Rekruttering til fiskbar bestand

Antallet fisk som blir 3 år varierer svært mye fra år til år. Tallrikheten av den sterkeste årsklassen vi kjenner, 1970- årsklassen, var omlag 1900 millioner individer på 3 års stadiet, mens 1977-1980 årsklassene inneholdt bare 100-150 millioner individer som 3 åringer. Rekrutteringen er således svært ujevn. Flere forhold er av betydning for dette og de tre viktigste er:

- Torskeyngelens tilgang på høvelig mat i løpet av de første uker og måneder av livet.
- Beitepress på yngel og ungfisk i de to-tre første leveår.
- Gytefiskenes antall, alderssammensetning og kondisjon.

I det følgende gis en kort oppsummering av eksisterende kunnskap for hvert av disse tre punktene.

4.1.1 Yngelens tilgang på mat.

Den viktigste maten for unge torskelarver er larver av rauåte. Dersom det finnes rikelig med rauåtelarver har torskelarvene et godt næringstilbud. Torskens gyting er "kalenderbestemt". I Lofoten foregår den hvert år i tidsrommet fra midten av mars til midten av april med toppen rundt 1.april. Eggene som flyter i de øvre lag, 0-30 m dyp, klekkes etter 4-5 uker avhengig av temperaturen. De nyklekte larvene kan leve av plommesekken i 8 - 10 dager, men så må de ha rauåtelarver. Rauåtas gyting er langt mer temperaturbestemt enn torskens. I år med lav sjøtemperatur og sen vår-oppvarming gyter den så sent at det aller meste av torskelarvene har sultet i hjel før rauåtelarvene blir tilgjengelige. Mengden av torskelarver som skal overleve bestemmes altså i stor grad av tidsrommet for rauåtas gyting, og dette tidsrommet varierer fra år til år i takt med temperaturen i vannmassene. Yngelmålinger som er foretatt i august i Barentshavet siden 1965 viser at i år med sjøtemperatur over gjennomsnittet er der mye halvtårsgammel torskeyngel i Barentshavet og da er yngelen også stor. En analyse av hele serien av torskårsklasser tilbake til århundreskiftet viser at tallrike årsklasser har forekommet langt oftere i varme år enn i kalde. I den svært kalde 5 års perioden 1977-1981 var gjennomsnittlig årsklassetallrikt på 3-års stadiet omlag 1/3 part av gjennomsnittet for hele etterkrigstiden.

4.1.2 Beitepress

I likhet med all annen yngel er torskeyngelen utsatt for beiting fra større fisk og dyr, og beitepresset øker trolig om høsten når yngelen vandrer ned mot dypere lag og blir lett tilgjengelig for større fisk, først og fremst torsk. I perioder med lite lodde i Barentshavet øker beitepresset på torskeyngel og ungtorsk både fra eldre torsk og sjøpattedyr (sel). Det framgår av tabell 1 at 1985 - og 1986-årsklassene ble betydelig reduserte p.g.a. kannibalisme på 0- og 1 års-stadiet. Tabellen viser også at grønlandsselens konsum av torsk var omfattende i 1987 og 1988 da selinvasjonene til Norskekysten nådde sitt maksimum. Undersøkelser av vågehval har vist at torsk periodevis forekommer i dietten i visse områder. Dette er i alt vesentlig fisk eldre enn

0-gruppe. Vågehvalen beskattet ikke de tildels betydelige mengdene av 0-gruppe torsk som fantes pelagisk i Barentshavet sommeren 1992. Sjøpattedyrenes og torskens eget press på torskebestanden er trolig helt avhengig av mengden av sild og lodde i Barentshavet. I perioder med svært lite sild og lodde vil større fisk og dyr ete det som finnes og presset på yngel og ungfisk av alle andre arter inkludert torsk vil øke.

Tabell 1 Torskebestandens og grønlandsselens konsum av torskeyngel og ungtorsk i perioden 1984-1989. Grønlandsselens konsum er beregnet fra observasjoner under selinvasjonene i 1987 og 1988 (antall i millioner).

ÅRSKLASSE/ ALDER	KANNIBALISME				GRØNLANDSSEL
	0	1	2	3	i 1987 - 1988
1982	-	-	13	4	16 (alder 5+6)
1983	-	43	12	6	22 (alder 4+5)
1984	188	56	17	10	66 (alder 3+4)
1985	339	111	23	13	103 (alder 2+3)
1986	344	147	27	-	33 (alder 1+2)
1987	255	186	-	-	
1988	233	10	-	-	
1989	2				

4.1.3 Gytebestandens antall, alderssammensetning og kondisjon.

Torsken i Barentshavet blir kjønnsmoden ved en alder av 6-8 år. Lenge var det antatt at siden hver torsk gyter flere millioner egg så er antallet fisk som gyter av underordnet betydning for tallrikheten av årsklassen; " det vil under alle omstendigheter bli gytt nok egg, og det er overlevingen av larver og yngel som er vesentlig for hvor sterk årsklassen skal bli ". I løpet av de siste 10-30 år er synet på dette forandret. Det skyldes en økende forståelse av foreldrebestandens betydning for resultatet av gytingen. Forståelsen kan sammenfattes i følgende punkter:

1. Det er vist at torsk som gyter for andre og 3 gang gyter gjennomgående større og mer næringsrike egg enn første gangs gytere. Larvene kan derfor greie seg noe lengre tid på næring fra plommesekken og sjansen for å overleve øker. I tillegg vil eggene fra 2. og 3. gangs gytere ha en mer varierende oppdrift og derfor bli bedre spredd vertikalt og horisontalt slik at larvene ved klekking blir fordelt over større sjørom. Dette øker muligheten for at en del av larvene skal få gode oppvekstvilkår.

2. Våroppblomstring og rauåtegyting vil ikke komme samtidig i alle torskens gyteområder. En stor gytebestand av torsk som er sammensatt av mange

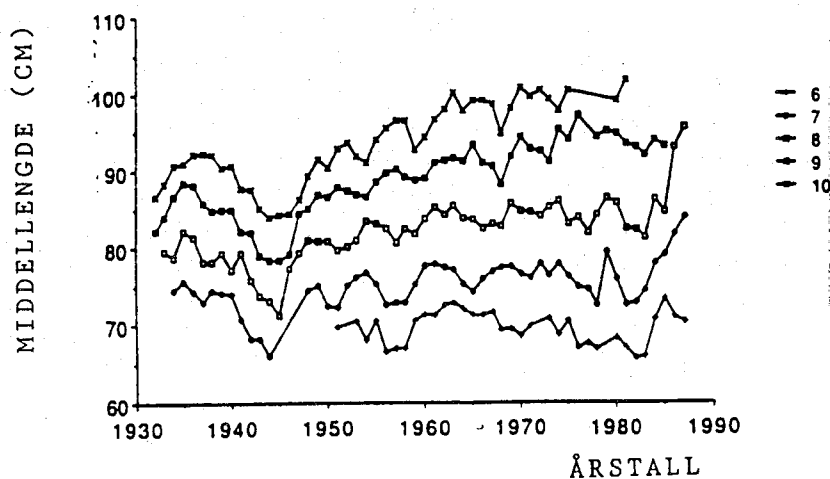
aldersgrupper - både første - og flergangsgytere - vil gyte over et større område og gjennom et lengre tidsrom enn en liten gytebestand. Følgelig øker mulighetene for at en del av larvene skal få gode overlevningsforhold med gytebestandens størrelse og gjennomsnittsalder.

Det sier seg selv at det er svært vanskelig å gi et eksakt tall for hvor stor gytebestanden av norsk-arktisk torsk bør være for å "sikre" tilfredsstillende rekruttering. Russiske og norske arbeider fra de siste 5 år konkluderer med at et rimelig tall for en minimums gytebestand er ca 500 tusen tonn. For gytebestander mindre enn dette øker faren for rekrutteringssvikt. (Jakobsen 1993, Serebryakov 1991).

4.2 Vekst

Langtidsendringer av veksten hos norsk-arktisk torsk framgår av figur 1

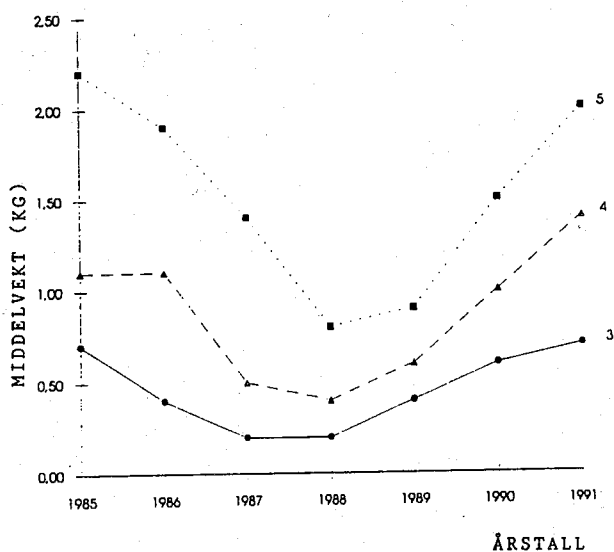
Figur 1 Middellengde av førstegangsgytere på line under Lofotfisket



Gjennomsnittslengden av førstegangsgyterne har øket i tiden etter siste verdenskrig for aldersgruppene 6-8/9 år. Korttidsvariasjonene i vekst kan være store og en legger spesielt merke til den store reduksjonen i gjennomsnittslengder i perioden 1938 - 1944, da middellengdene i alle aldersgrupper 6 - 10 år ble redusert med 8 - 10 cm. Pålitelige vekstdata for denne perioden mangler, men reduksjonene i lengde tilsvarende en vektreduksjon på omlag 40 prosent for 65 - 70 cm fisk. En tilsvarende vektreduksjon fant sted for ungfisken, 3-5 år gammel, i Barentshavet i siste halvdel av 1980-årene (se figur 2). Da gikk vekten av 5 åringene ned med omlag 50 prosent i løpet av en 3 års periode.

Figur 2

Middelvekt av 3, 4 og 5 år gammel torsk i Barentshavet i februar for perioden 1985-1991



Begge disse periodene med sterkt redusert vekst hos torsk falt sammen med at lodda var borte. I siste halvdel av 1980-åra spiste torsken i stor utstrekning små pelagiske krepsdyr (amfipoder) og eget avkom som erstatning for lodda, men næringsverdien av slik mat er utilstrekkelig sammenlignet med lodde. En stor bestand av ungsild i Barentshavet kunne ha avdempet vekstreduksjonen i 1986 - 1987. Ungsildbestanden ble imidlertid raskt oppspist og kondisjon og vekst hos torsk ble meget lav. Imidlertid, etter at loddebestanden tok seg opp igjen i 1989 - 1990, økte veksten hos torsk svært raskt (Fig. 2). Utviklingen av gjennomsnittslengder under siste verdenskrigen (Fig 1) viser et lignende forløp; individstørrelsene økte meget raskt i midten av 1940-årene. Vi vet at gytelodda var helt borte fra Finnmarkskysten i perioden 1938 - 1942 og dette gir grunn til å tro at den observerte reduksjonen i vekst hos torsk også den gangen var forårsaket av matsvikt p.g.a. mangel på lodde.

4.3 Naturlig dødelighet

Som vi har sett foran er naturlig dødelighet stor og svært varierende for yngel og småfisk. For fiskbar torsk er den langt lavere og mer konstant. Russiske arbeider tyder på at dødeligheten er lavest for fisk "i sin beste alder", 4-11 år, og at den så øker litt med økende alder. I bestandsberegningene settes dødelighet til omlag 17 prosent pr. år ($M=0.2$) for all fisk som er 3 år og eldre². Observasjonene under selinvasjonene i 1987 og 1988 kan tyde på at dødeligheten da øket noe også for 3-6 år gammel fisk p.g.a. beitepress fra sel (Tab. 1).

4.4 Avkastning og beskatningsgrad.

Foran er det vist at den årlige produksjonen i bestanden av norsk arktisk torsk varierer svært mye. For det første vil antall rekrutter som tilføres den fiskbare del av bestanden variere over en skala på 1 til 20 som følge av varierende mattilgang på yngelstadiet og skiftende beitepress på yngel og ungfisk. I tillegg vil veksten av fiskbar

² Se Appendix for videre forklaring av naturlig dødelighet (M).

fisk variere i takt med mattilgangen. Beitepress på yngel og vekstsvikt hos eldre fisk inntrådte samtidig i siste halvdel av 1980-årene, forårsaket av mangel på byttefisk i Barentshavet. Store bestander av byttefisk (lodde og sild) vil følgelig motvirke både dramatiske vekstreduksjoner i fiskbar bestand og rekrutteringsvikt i framtidig fiskbar bestand. En relativt stor gytebestand av norsk arktisk torsk vil også motvirke svikt i rekrutteringen til framtidig fiskbar bestand. Likevel, i et langtidsperspektiv vil spesielt rekrutteringen variere svært mye fra år til år og spørsmålet blir hvordan en skal innrette seg for at avkastningen (fangsten) skal bli størst mulig og mest mulig stabil. Svært mange studier har belyst dette spørsmålet i løpet av de siste 40 år. To betrakningsmåter er brukt; **Utbytte pr. rekrutt** og **Gytebestand pr rekrutt**.

4.4.1 Utbytte pr. rekrutt betraktninger

Slike betraktninger brukes til å beregne hvor stort utbytte pr. rekrutt en har fått/får/kan påregne å få med ulike beskatningsgrader og ved forskjellige beskatningsmønstre, og gjennomføres ved de årlige bestandsundersøkelsene i ICES. For norsk arktisk torsk viser alle slike beregninger at avkastningen øker med økende minstemål opptil godt over 50 cm. Beregningene viser også at en gjennomsnittlig beskatningsgrad på 20-27 prosent ($F = 0.25 - 0.35$) for fisk som er 5 år og eldre, vil gi størst utbytte pr. rekrutt.

4.4.2 Gytebestand og rekrutteringsbetraktninger

Her betraktes hvordan antall rekrutter har forholdt seg til gytebestandens størrelse de enkelte år, og den beskatningsgraden som tilsvarende et tilnærmet midlere forhold mellom antall rekrutter og gytebestand beregnes. For norsk arktisk torsk viser resultatet at en vedvarende beskatningsgrad større enn 33 prosent ($F = 0.46$) vil føre til at bestand og avkastning minker (Jakobsen, 1992).

4.4.3 Biologisk fornuftig ressursuttak

Resultatene fra begge betrakningsmåtene foran bygger på data fra hele perioden etter siste verdenskrig. De er selvsagt beheftet med visse usikkerheter; først og fremst knyttet til ufullstendige vekstdata for hele perioden og til usikkerhet om hvor sterk beskatningen har vært spesielt på de yngste aldersgruppene av sterke årsklasser (utkast i 1950-1970 årene). Disse usikkerhetene er likevel ikke store nok til å trekke hovedresultatene i tvil:

A. Langtidsbyttet av norsk arktisk torsk blir størst når

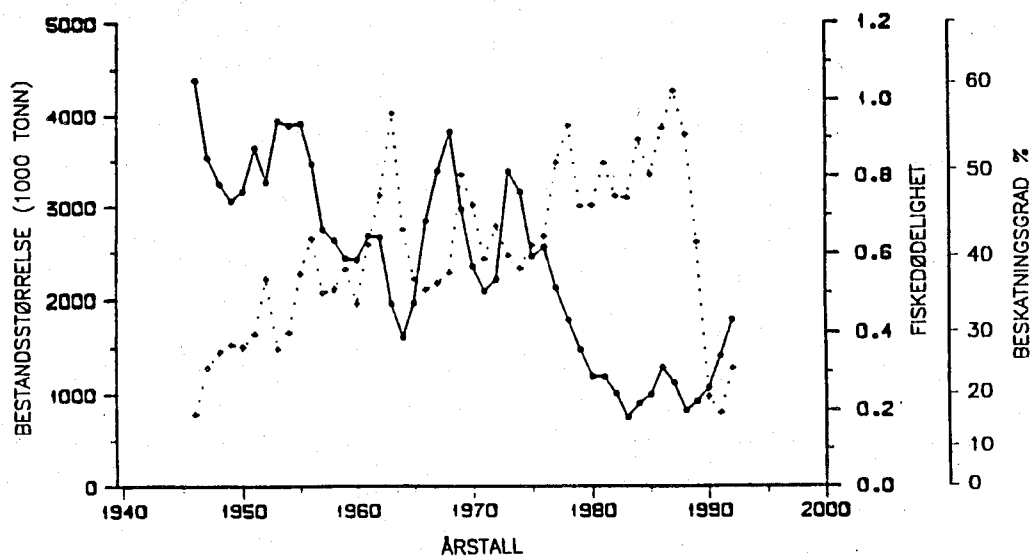
- minstemålet er 50 cm eller noe større
- beskatningsgraden av 5 år og eldre fisk er i området 20 - 30 prosent ($F=0.25 - 0.35$).
- beskatningsgraden innrettes slik at gytebestanden er 500 tusen tonn eller større.

B. Bestand og utbytte minker når beskatningsgraden vedvarende er høyere enn 33 prosent ($F=0.46$).

Figur 3 viser hvordan bestand og beskatningsgrad har utviklet seg i etterkrigstiden. Gjennom en årrekke på mer enn 30 år var beskatningsgraden vesentlig høyere enn 33 prosent ($F=0.46$) og bestanden minket selv om svært god rekruttering i korte perioder førte til midlertidig bestandsvekst.

Figur 3

Utvikling av bestandsstørrelse (heltrukket linje) og beskatningsgrad (prikket linje) for perioden 1946-1992



5. Økonomisk avkastning av torskbestandene

Ressursuttak av den norsk-arktiske torskestammen deles grovt sett 50/50 mellom Russland og Norge. Av disse andelene tildeles tredjeland også fangst, men i dette notatet skal vi legge til grunn den forenkende forutsetning at Norge tildeles 50% av ressursuttaket. Forenklingen kan forsvares ettersom det kvantumet som tildeles tredjeland ikke gis bort, men byttes bort mot andre fiskeslag. Ressursbevarende tiltak vil ofte innebære et kortsiktig tap og en langsiktig vinning. I notatet settes dermed Norges andel av både tap og vinning lik, og konsekvensene for Norge av en forvaltningsstrategi finnes ved den norske andelen av ressursuttakene.

5.1 Fangstsesong og antall fartøy

Mye av det norske fisket er konsentrert i første halvår når Lofotfisket og vårtorskefisket utenfor Finnmark gjennomføres. I løpet av året deltar totalt ca 8.000 fartøy med konvensjonelle redskap og 120 trålere. Omlag 1/3 av den norske kvoten tildeles og tas med trål, mens 2/3 tas med konvensjonelle redskap (garn, line, juksa eller snurrevad).

Størsteparten av fangsten blir levert sløyd og hodekappet for viderebehandling på land. En liten andel av torsken selges videre i fersk tilstand (10%). Det øvrige fryses, saltes eller henges, og som kjent går brorparten av torsken til eksport.

5.2 Pris for torsk og fangstkostnader.

Vi ønsker å se på den samfunnsøkonomiske avkastning en kunne hatt fra

torskebestanden og sammenlikne med den vi faktisk har hatt³. Avkastningen defineres som fiskernes inntekter minus variable kostnader⁴.

For å finne den samfunnsøkonomiske avkastningen som en funksjon av beskatningsgraden i fisket, trenger vi, i tillegg til biologiske data, å knytte inntekt og kostnader til begrepene fangst og beskatningsgrad.

Inntekten finnes enkelt ved å multiplisere fangsten hvert år med prisen ved førstehåndsomsetning. Nominelle priser for torsk finnes i Fiskeristatistikk (NOS 1993) og er her blitt omgjort til faste 1988-priser ved hjelp av konsumprisindeksen.

Sammenhengen mellom variable kostnader og fangst er et mer komplisert spørsmål som er utførlig gjort rede for i Steinshamn (1993). Der etableres en sammenheng ved å beregne kostnader pr innsatsenhet, og deretter beregne fiskedødeligheten som en lineær funksjon av fangsttinningsgraden⁵. Et poeng her som får betydning for valg av optimal beskatningsgrad, er at jo større bestanden er, desto lavere beskatningsgrad trengs for å ta en viss fangstmengde og følgelig vil kostnadene være desto lavere ved å fange en gitt mengde.

5.3 Presentasjon av idé og bruk av historiske data for bestanden.

Konkret ønsker vi å finne den langsiktige samfunnsøkonomiske avkastningen fra bestanden som en funksjon av beskatningsgraden. Ideen her er at vi går tilbake til 1980 og ser på perioden 1980 - 1992, men at vi samtidig eliminerer noe av usikkerheten om framtiden, dvs. vi forutsetter at vi kjenner den faktiske utviklingen i rekruttering til bestanden og vekst. Spørsmålet er da, hva ville den optimale beskatningsgraden være hvis denne skulle være konstant over hele perioden?

For å analysere dette bruker vi en årsklasse-modell, og vi trenger da følgende: Data for antall fisk i hver årsklasse i startåret (1980), data for rekrutteringen i hvert av de følgende år, dvs. antall fisk i den yngste årsklassen som det fiskes fra (for torsk vanligvis satt til tre år), data for individuell vekt i hver aldersgruppe, data for selektiviteten i fisket (hvordan redskapen fisker på de ulike aldersgruppene) og endelig data for naturlig dødelighet. Her tenker en seg at selektiviteten og den naturlige dødeligheten er uendret over tid. Alle dataene som er nevnt over unntatt seleksjonsmønster finnes i ICES' arbeidsgrupperapport (Anon. 1994). Den naturlige dødeligheten er satt til 0.2.

³ Samfunnsøkonomisk nytte defineres vanligvis som summen av konsumentoverskudd og produsentoverskudd. Siden det meste av fangsten (over 90%) går til eksport, tillater vi oss her å se bort fra konsumentoverskuddet og bare se på produsentoverskuddet.

⁴ De faste kostnadene har bare betydning for valg av optimal fangstkapasitet og ikke for den faktiske innsatsen, dvs. hvordan denne kapasiteten anvendes. Det er det sistnevnte vi vil konsentrere oss om her.

⁵ Følgende lineære forhold fremkommer da:

$$C(F) = 456,6 + 2345,1F.$$

Denne likningen framkommer ved at en beregner kostnaden per tråltimer og så estimerer fiskedødeligheten som en lineær funksjon av antall tråltimer. Kostnadene som blir beregnet ut fra denne formelen er i millioner 1988-kroner. C = kostnader, F = fiskedødelighet.

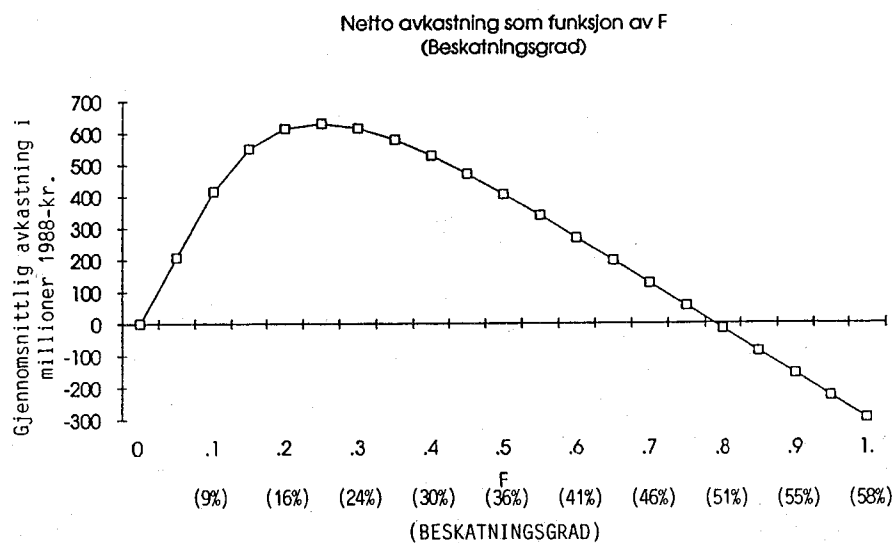
Dataene for antall individer i hver årsklasse i startåret samt rekruttering er basert på såkalt VPA (Virtual Population Analysis), tabell 3.14b i Anon. (1994). Individuell vekt er hentet fra Ibid. tabell 3.5 (Input data to the assessment and prediction. Weight (kg.) at age in the catch). Seleksjonsmønsteret er hentet fra Steinshamn (1993), tabell 1. Dette seleksjonsmønsteret er utregnet på en slik måte at det best mulig skal simulere det faktiske fisket som fant sted i perioden, dvs. kombinasjonen av trål og kystfiske, gitt at vi bare har en F-verdi for hvert år (og ikke en for hver aldersgruppe).

Av øvrige forutsetninger kan det nevnes at en forutsetter at verken rekruttering til bestanden, naturlig dødelighet eller individuell vekt påvirkes av bestandsstørrelsen og dermed indirekte av et endret beskatningsmønster. Hvilke konsekvenser disse forutsetningene har vil bli kort kommentert under.

5.4 Resultater og diskusjon.

Resultatene fra denne analysen er illustrert i figurene 4 - 7. Figur 4 illustrerer den gjennomsnittlige samfunnsøkonomiske avkastning som en funksjon av forskjellige konstante fiskedødeligheter i hele perioden 1980 - 92. Den økonomiske avkastningen for Norge er som nevnt satt til 50% av avkastningen av hele bestanden siden dette er en ressurs som deles med Russland og delingsforholdet stort sett har vært konstant 50-50. Vi ser at kurven som viser økonomisk avkastning har en jevn form med maksimum på $F=0.26$. Den prosentvise beskatningsgraden dette tilsvare er vist i parentes. En slik beskatningsgrad vil innebære en kraftig reduksjon i forhold til det som faktisk har vært tilfelle i perioden der gjennomsnittlig F har vært 0.70. Optimal beskatningsgrad vil gi en gjennomsnittlig avkastning i perioden for Norge på ca. 630 mill. kroner pr år, hvilket er ca 110 millioner kroner høyere enn kalkulert faktisk avkastning i perioden. Denne konstante fiskedødeligheten vil gi en del variasjoner i den økonomiske avkastningen fra år til år, men mindre enn variasjonene i det faktiske fisket.

Figur 4 **Netto avkastning som funksjon av fiskedødelighet F. Beskatningsgrad som korresponderer til hver fiskedødelighet er angitt i parentes under.**

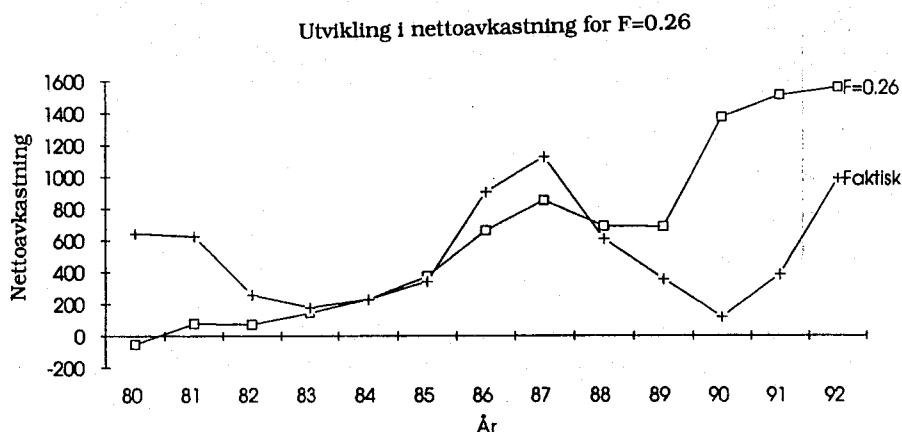


Årsaken til at kurven i Figur 4 er såvidt "pen" er dels at svingningene i pris har vært forholdsvis små, og dels at der ikke er noen direkte endring i kostnadsfunksjonen over tid. Selv om kostnadsfunksjonen muligens endrer seg noe over tid, finner vi det mest tjenlig å se bort fra dette i den praktiske analysen.

Figur 5 illustrerer utviklingen i nettoavkastningen over tid ved den optimale beskatningsstrategien og ved det faktiske beskatningsmønsteret som ble gjennomført i perioden. En ser at til å begynne med ville det optimale beskatningsmønsteret gi lavere avkastning enn det faktiske mønsteret, så jevner forholdet seg mer og mer ut, og mot slutten av perioden gir $F=0.26$ betraktelig høyere avkastning enn det faktiske. Dette skyldes bl.a. at vekstpotensialet til den sterke 83-årsklassen blir mye bedre utnyttet ved en slik lav F -verdi enn ved den faktiske.

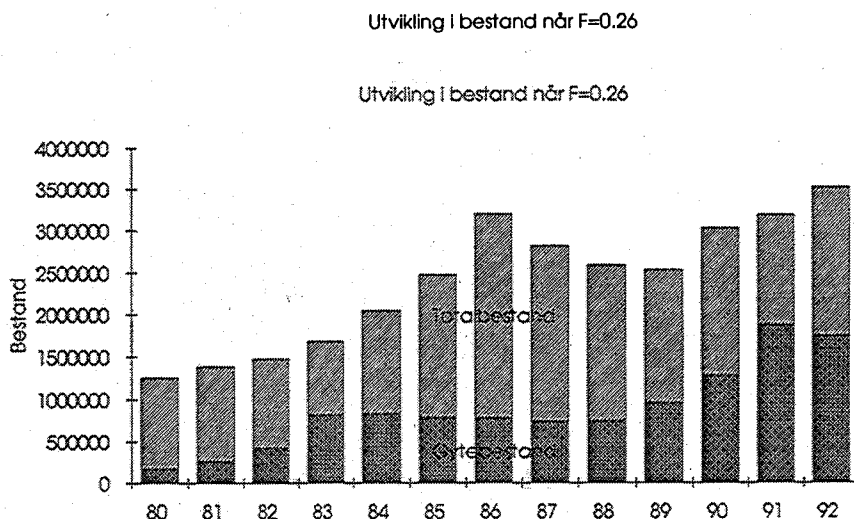
Dersom den lavere beskatningsgraden ($F=0.26$) også hadde blitt anvendt for perioden 1970-1980 ville netto avkastning ha ligget langt over den faktiske i hele 10-årsperioden 1980-1990 (Ulltang 1987). En ville da ha utnyttet vekstpotensialet også i de relativt sterke årsklassene 1970 - 1975.

Figur 5 **Utvikling i årlig nettoavkastning ved $F=0.26$ og ved faktisk beskatningsmønster i perioden 1980 - 1992**



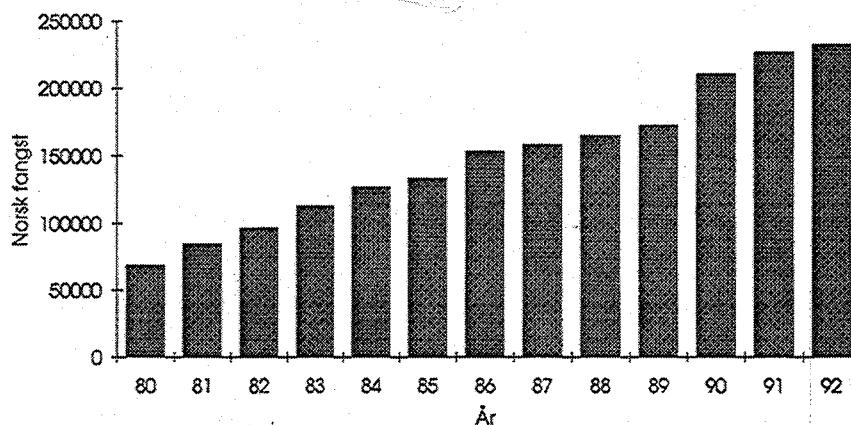
Oppbygning av totalbestanden og gytebestanden når $F=0.26$ er illustrert i Figur 6.

Figur 6 **Utvikling i totalbestand og gytebestand ved $F=0.26$ for perioden 1980 - 1992**



Som en ser vil ikke bestanden bygge seg spesielt raskt opp selv med en så lav beskatningsgrad, men istedet bygge seg gradvis opp til et nivå på ca. tre millioner tonn som den vil svinge rundt mot den faktiske bestanden som var knapt to millioner tonn i 1992. Gytebestanden vil nå et nivå på 1.75 millioner tonn mot faktisk ca. en million tonn i 1992. Figur 7 viser utviklingen i den norske fangsten ved den optimale beskatningsgraden. Denne bygger seg gradvis opp fra under 75.000 tonn i 1980 til i underkant av 250.000 tonn fra 1991, hvilket innebærer TAC fra 150.000 tonn til i underkant av 500.000 tonn. Ved en anvendelse av $F=0.26$ fra f.eks. 1970 ville TAC i begynnelsen av 80-årene vært langt større (se punkt 4.4.3).

Figur 7 **Utvikling i norsk fangst ved $F=0.26$ for perioden 1980 - 1992**



For øvrig er resultatet med hensyn på hvor stor den optimale beskatningsgraden bør være lite følsomt for mindre endringer både i priser, kostnader og rekrutteringsmønsteret. Forutsetningene som ble gjort om at der ikke eksisterer bestandsavhengighet i biologien kan dra i begge retninger med hensyn til optimal beskatningsgrad.

Lavere beskatning betyr større bestand. Da bestanden var stor i tidligere år (Fig.3) var den individuelle veksten lavere (Fig. 1) og alder ved kjønnsmodning høyere enn i 1980-årene. Det er derfor sannsynlig at bestandsveksten, spesielt for gytebestanden i realiteten ville ha blitt noe mindre enn vist i figur 6.

På den annen side vil en større bestand kunne føre til sikrere og bedre rekruttering. Som en ser vil de biologiske konsekvensene av en større bestand slå begge veier og er under ingen omstendigheter sterke nok til å rokke ved konklusjonen om at beskatningsgraden i gjennomsnitt bør holdes langt lavere enn i perioden 1950-1989 (Fig.3).

I disse betraktningene er det ikke tatt hensyn til eventuelle kostnader ved at en større torskebestand vil spise mer av andre kommersielle arter. Torsken lever i stor utstrekning av lodde, sild og reker og vil i perioder med mangel på slik mat også spise betydelige mengder torske- og hyseyngel. Det økte konsumet av disse artene som en økt torskebestand (lavere beskatningsgrad) kan medføre, vil følgelig utgjøre en viss kostnad i den utstrekning dette konsumet fører til tap av fangst. Dette vil kunne

forskyve toppunktet på nettoavkastningskurven i figur 4 noe mot høyre (høyere beskatningsgrad). Omfanget av en slik forskyvning vil bl.a. måtte klargjøres med beregningsmodeller som omfatter flere arter og bestander (flerbestandsmodeller), og som det foregår forskning på ved flere institusjoner i Norge og utlandet.

5.5 Oppsummering

På bakgrunn av at den faktiske fiskedødeligheten i gjennomsnitt for aldersgruppene 5 - 10 i perioden 1980 - 1992 ifølge Anon. (1994) har variert fra 0.23 til 1.02 med et gjennomsnitt på 0.70, og at det kun er på 90-tallet størrelsen på fiskedødeligheten har vært lavere enn dette, synes det rimelig robust å konkludere dette avsnittet med at beskatningsgraden over perioden har vært alt for høy målt ut fra samfunnsøkonomiske kriterier. En senking av beskatningsgraden fra faktisk nivå til optimalt nivå ville økt gjennomsnittlig netto avkastning med ca 110 millioner kroner, fra ca 520 til 630 millioner kroner pr år, eller med vel 21%. Analysen viser også at en med lavere beskatningsgrad i tillegg til å få høyere nettoavkastning også kan forvente en mer stabil utvikling i fangst og inntekt. Konklusjonene over underbygges også i Ulltang (1987).

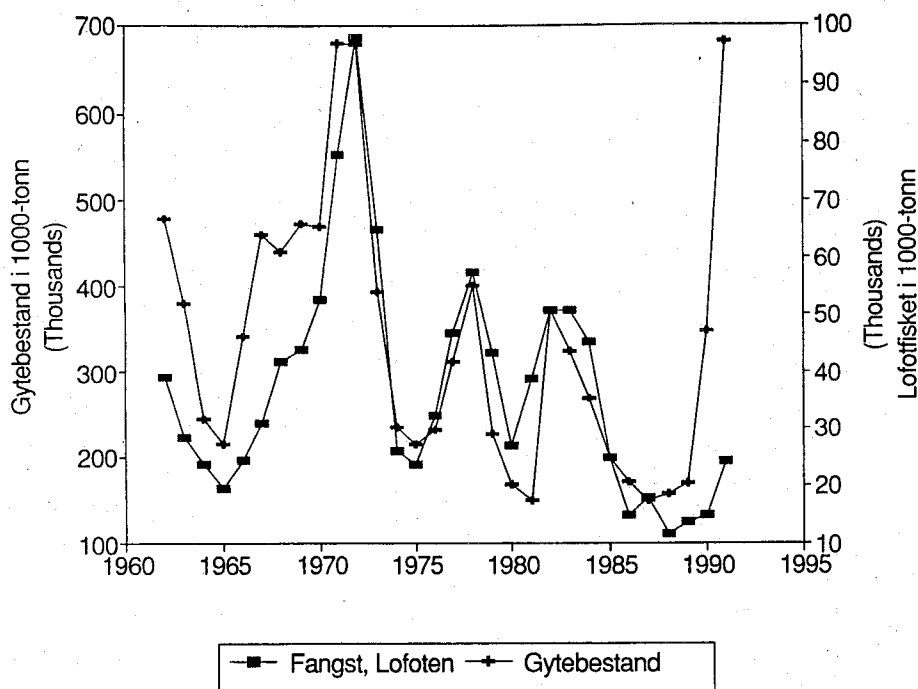
Tidsperioden som er undersøkt begynte med en langt lavere bestand enn hva vi har i 1994. Dette innebærer at den optimale beskatningsgraden i perioder hvor bestanden er stor i start-året kan ligge noen prosent høyere enn for perioden 1980-1992, men dette kommer vi tilbake til i avsnitt 7.

6. Sammenhengen mellom gytebestanden og Lofotfisket

Den gytemodne torsken kommer hvert år inn til Norskekysten for å gyte, og under Lofotfisket er det denne gytebestanden det drives fangst på. Det er rimelig å forvente at når gytebestanden er stor vil tilgjengeligheten av torsk være bra og det ligger til rette for et godt Lofotfiske.

Nærmere undersøkelser av størrelsen på gytebestanden, slik denne er estimert i ICES arbeidsgrupperapport av 1992 (Anon. 1992), og oppgaver over det årlige Lofotfisket viser at det foreligger en slik sammenheng, se figur 8.

Figur 8. Årlige variasjoner i Lofotfisket og i gytebestand av norsk-arktisk torsk i perioden 1962-1991.



Av figuren kan vi lese tre forhold:

- Det eksisterer en langsiktig god sammenheng mellom Lofotfisket og gytebestand. Når gytebestanden er høy, vil tilgjengeligheten av torsk i Lofoten være god, og en kan forvente et godt Lofotfiske.
- I løpet av 30-årsperioden har fartøyene som deltar i Lofotfisket blitt langt mer effektive, blant annet som følge av innføring av ekkolodd og juksamaskin. Dette gjenspeiles i figuren ved at kurven for fangst i Lofoten ligger under kurven for gytebestand i begynnelsen av perioden mens den ligger over eller lik i slutten av perioden.
- I 1990 ble TAC for norsk-arktisk torsk redusert dramatisk. Samtidig ble det innført fartøykvoter i den konvensjonelle fartøymassen. Reguleringene begrenset dermed Lofotfisket, og vi ser av figuren at kurven for fangst disse årene ligger langt under kurven for gytebestand.

Den langsiktige sammenhengen som viser at en høy gytebestand er en forutsetning for et godt Lofotfiske er sterk, men ikke fullstendig entydig⁶. Flere forhold enn gytebestandens størrelse definerer omfanget av Lofotfisket: Selve innsiget kan variere

⁶ En kan måle samvariasjonen ved statistiske metoder, og angi denne på en skala fra 0 til 1. For perioden 1970-1989, innenfor hvilken den teknologiske utvikling eller stramme reguleringer ikke forventes å forklare store deler av utviklingen i oppfisket kvantum, var samvariasjonen 0.85. Innenfor denne tidsperioden forklarer altså størrelsen på gytebestanden 85% av variasjonen i oppfisket kvantum i Lofotfisket.

med temperaturen eller fisket kan bli hindret av dårlig vær, fartøyene kan være bundet av sine fartøkvoter eller markedet kan være overmettet med fisk. Men på lang sikt vil sammenhengen være klar. Det viser også følgende tabell, der størrelsen på Lofotfisket er gruppert i henhold til størrelsen på gytebestanden:

Tabell 2 Fordeling av år med høy, middels og lavt Lofotfiske i henhold til høy, middels og lav gytebestand.

Lofotfisket i tonn	Gyte bestand i tonn		
	Over 500.000	500.000-300.000	Under 300.000
Over 50.000	2	5	0
50.000 - 30.000	0	6	4
Under 30.000	0	1	10

I tabellen er årene 1990 og 1991 utelatt, ettersom Lofotfiske her ble begrenset av reguleringene. Men av de 28 år vi har inkludert i tabellen, ser vi følgende:

- De årene gytebestanden har vært større enn 500.000 tonn var Lofotfisket større enn 50.000 tonn.

- De 14 årene gytebestanden var vært under 300.000 tonn, har Lofotfisket aldri vært over 50.000 tonn. 10 av disse 14 årene har Lofotfisket vært under 30.000 tonn.

Ved forvaltning av den norsk-arktiske torskestammen er det med andre ord all mulig grunn til å legge vekt på å opprettholde en stor gytebestand for å sikre god tilgjengelighet og dermed et godt Lofotfiske.

7. Konsekvenser for forvaltningen

I 1990 ble beskatningsgraden for torsk redusert (se figur 3), og bestanden er for tiden innenfor trygge biologiske grenser. ACFM gir derfor *opsjoner* over hvor mye som kan fiskes hvert år. Det er forvaltningens oppgave å velge blant disse opsjonene. Selv om målsettingen for forvaltning av torskebestanden er klar (se avsnitt 2), vil naturlige (men ukjente) endringer i vekst, dødelighet eller rekruttering til bestanden innebære at effekten av fisket alltid vil være forbundet med en viss usikkerhet. At konsekvensene av ressursuttak alltid vil innebære en viss grad av usikkerhet, er ikke nytt. Slik har det alltid vært, og slik vil det fortsatt være selv om nye og bedre forskningsresultater reduserer usikkerheten.

I denne artikkelen har vi gjennomgått de historiske data over torskebestanden og effekten av fisket. Gjennomgangen viser at dersom en lavere beskatningsgrad hadde vært anvendt ville det økonomiske utbyttet over tid blitt høyere og mer stabilt. Dette skyldes i all hovedsak at fangstkvantumet ville ha vært høyere og mer stabilt.

For den perioden som er studert gir analysene størst utbytte ved en beskatningsgrad

på 22 prosent ($F=0.26$). Ved å velge andre 10-års bolker i etterkrigstiden vil dette tallet variere noen prosenter; topp-punktet på kurven som viser netto avkastning i figur 4 vil forskyve seg litt mot høyre og/eller venstre på grunn av forandringer i fiskens vekst og i beskatningsmønsteret. Men topp-punktet vil alltid ligge innenfor intervallet 17-30 prosent ($F=0.20 - 0.40$).

Den ujevne rekrutteringen i bestanden gjør det nødvendig med en viss fleksibilitet i valg av beskatningsgrad; både for å oppnå stabilitet i fangstutbyttet og for å sikre gytebestanden og tilgjengeligheten i Lofotfisket. Hensynet til fleksibilitet er trolig ivaretatt dersom en lar beskatningsgraden variere innenfor nevnte intervall. Vi kan derfor sette opp følgende retningslinjer for forvaltning av den norsk-arktiske torskebestanden:

Tabell 3 Retningslinjer for forvaltning av bestanden av norsk arktisk torsk

	Beskatningsgrad	Gytebestand
Fornuftig ressursuttak	17-30% ($F=0.20-0.40$)	≥ 500.000 tonn
Hensyn til Lofotfisket		≥ 500.000 tonn

Referanser:

Anon (1993) Report of the Arctic Fisheries Working Group (ICES, Copenhagen 25. August - 3 September 1992)

Anon (1994) Report of the Arctic Fisheries Working Group (ICES, Copenhagen 24. August - 2 September 1993)

Jakobsen, T. 1992. Biological reference points for North-East Arctic cod and haddock. ICES J.mar.Sci., 49:155-166.

Jakobsen, T. 1993. Management of Northeast Arctic Cod - past, present, - and future? Proceedings Symp. Management strategies for exploited fish populations, Anchorage, Alaska, October 21-23, 1992.

Nakken, O. 1993. Causes of trends and fluctuations in the Arcto-Norwegian cod stock. ICES-Symp. on cod and climate change, Reykjavik, Iceland, August 1993, paper no. 12.

Norsk offisiell statistikk, 1993. Fiskeristatistikk 1990 - 1991. Utgitt av Statistisk Sentralbyrå.

Serebryakov, V.P. 1991. Predicting yearclass strength under uncertainties related to survival in the early life history of some North Atlantic commercial fish. NAFO Sci.Coun.Studies, 16:49-55.

Steinshamn, S.I. (1993) Torsk som nasjonalformue: En disaggregert modell. SNF-rapport nr. 61/1993 (Stiftelsen for samfunns- og næringslivsforskning, Bergen).

Ulltang, Ø. (1987) Potential Gains from Improved Management of the Northeast Arctic Cod Stock. Fisheries Research 5: 319-330.

Appendix

Beskatningsgraden slik den er definert foran står i et entydig forhold til fiskedødeligheten F forutsatt konstant naturlig dødelighet. Fiskedødeligheten er definert som den momentane fangstgenererte endringen i bestanden, og definisjonen av denne blir gjerne klarere ved at en viser hvordan oppdateringen av bestanden samt fangsten beregnes. Oppdatering av bestanden skjer etter følgende formel

$$N_{i+1,j+1} = N_{ij} e^{-(s_i F_j + M)}$$

N_{ij} er her antall fisk av alder i på tidspunkt j , s_i er en selektivitetsparameter som viser hvor mye av fiskedødeligheten i år j , F_j , som rammer årsklasse i . M er den momentane naturlige dødeligheten i bestanden. I likhet med ICES arbeidsgrupperapport ser vi eksplisitt på årsklassene 3 til 15+. 15+ vil si fisk som er 15 år og eldre. Den eldste aldersgruppa består altså av det som overlever både av 14-åringer og av 15+ klassen året før:

$$N_{15,j+1} = N_{14,j} e^{-(s_{14} F_j + M)} + N_{15,j} e^{-(s_{15} F_j + M)}$$

Fangst målt i antall fisk av alder i på tidspunkt j , C_{ij} , er gitt ved

$$C_{ij} = \frac{s_i F_j}{s_i F_j + M} N_{ij} (1 - e^{-(s_i F_j + M)})$$

Utbytte fra bestanden et enkelt år målt i biomasse finnes da ved å multiplisere vektoren for fangst i antall med vektoren som angir gjennomsnittlig individuell vekt for hver årsklasse dette året. Dette summeres så over alle årsklasser.