

INSTITUTT FOR FISKERIFAG UNIVERSITETET I TROMSØ

Johannes Hamre:
**FISKEBESTANDEN I NORSKE FARVANN
NATURGRUNNLAG OG BESKATNING**



Serie B: Nr. 1/80

ISSN 0332-6896

SKRIFTSERIE FRA INSTITUTT FOR FISKERIFAG

Institutt for fiskerifag ser det som en av sine oppgaver å sikre produksjon og distribusjon av god fiskerifaglig litteratur.

Denne skriftserien er et av de tiltakene vi håper vil føre oss et skritt nærmere realiseringen av dette målet.

Instituttet tar sikte på å publisere litteratur av høyst varierende karakter: Både resultater fra biologisk og samfunnsvitenskapelig grunnforskning og mer populærvitenskapelige artikler vil ha sin naturlige plass i serien. Det samme vil undervisningskompendier, konferanserapporter ol. ha. Også studentarbeider kommer i noen grad til å bli inkludert i skriftserien. Bearbeidingsgraden vil med andre ord variere en del, fra avsluttende vitenskapelige avhandlinger og artikler til arbeidsnotater og debattinnlegg. Instituttet er naturligvis ikke ansvarlig for innholdet i de enkelte publikasjoner.

Institutt for Fiskerifag har funnet det hensiktsmessig å organisere skriftserien i 5 deler etter de fagområder instituttet er sammensatt av. Ulike fargekombinasjoner markerer den inndelingen som er valgt. Oversikten over fagområdene blir slik når vi også inkluderer sekretariatets publikasjonsbehov:

- Serie A: Næringsmiddelmikrobiologi
- Serie B: Fiskeressursbiologi.
- Serie C: Fiskeriøkonomi.
- Serie D: Fiskeriorganisasjon.
- Serie E: Fiskeriteknologi.
- Serie F: Administrasjon.

Instituttets sekretariat har denne adresse:

Institutt for Fiskerifag
Universitetet i Tromsø
Postboks 790
9001 TROMSØ
Tlf. (083) 70011, linje 120.

FORELESNINGSKOMPENDIUM

I

FISKERIBIOLOGI

AV

JOHANNES HAMRE

INNHOILDSFORTEGNEISE

	Side
FORORD	
I INNFØRING I BESKATNINGSTEORI.	1
Bestand i likevekt.	1
Fangst i antall	2
Fangst i vekt (volum)	8
VPA-metoden	9
Prognosen	16
Alternative fangststrategier.	19
Nettotilvekst og optimalt utbytte i vekt.	23
Beskatning og økonomi	24
II. FISKEBESTANDER OG BESKATNING.	27
Innledning.	27
PELAGISK FISK.	28
✓ MAKRELL	28
Bestandsstruktur.	28
Utbredelse og vandring.	28
✓ NORDSJØMAKRELL	30
Beskatning.	30
Reguleringer.	33
Regulering av fiskemønster.	33
Sesongvis fangstbegrensning	34
Regulering av beskatningsgrad	36
Områderegulering.	37
Potensielt langtidsutbytte.	37
✓ IRSK MAKRELL	38
Beskatning.	38
Reguleringer.	40
SILD	40
✓ NORDSJØSILD	41
Bestandsstruktur.	41
Utbredelse og vandring.	41
Beskatning.	43
Reguleringer.	47
Potensielt langtidsutbytte.	48

U NORSK VÅRGYTENDE SILD	48
Bestandsstruktur.	48
Livsmønster før 1970.	49
Livsmønster i 70-årene.	51
Beskatning.	52
Regulering.	60
Potensielt langtidsutbytte.	60
BRISLING	61
Bestandsstruktur.	61
Utbredelse og vandring.	61
Beskatning.	63
Reguleringer.	66
Potensielt langtidsutbytte.	66
LODDE	67
Bestandsstruktur.	67
LODDE I BARENTSHAVET	68
Utbredelse og livsmønster	68
Fangst.	69
Bestand	71
Beskatning.	75
Reguleringer.	77
Potensielt langtidsutbytte.	78
LODDE VED ISLAND	80
Utbredelse og vandring.	80
Beskatning.	80
Reguleringer.	81
BUNNFISK	81
TORSK	82
Bestandsstruktur.	82
NORSK-ARKTISK TORSK	83
Utbredelse og livsmønster	83
Beskatning.	83
Reguleringer.	87
Potensielt langtidsutbytte.	89
NORDSJØTORSK	90

HYSE	91
Bestandsstruktur.	91
NORSK-ARKTISK HYSE	92
Utbredelse og livsmønster	92
Beskatning.	92
Reguleringer.	93
Potensielt langtidsutbytte.	93
HYSE I NORDSJØEN	95
SEI.	97
Bestandsstruktur.	97
Sei nord for 62°N	98
Livsmønster	98
Beskatning.	98
Potensielt langtidsutbytte.	100
Sei i Nordsjøen og Skagerak	100
Beskatning.	100
Potensielt langtidsutbytte.	102
UER.	104
Bestandsstruktur.	104
Utbredelse og livsmønster	104
Beskatning.	105
Potensielt langtidsutbytte.	108
BLÅKVEITE.	111
Bestandsstruktur.	111
NORSK-ARKTISK BLÅKVEITE.	111
Utbredelse og livsmønster	111
Beskatning.	112
Potensielt langtidsutbytte.	113
VEDLEGG.	115

FORORD

Dette kompendium inneholder et sammendrag av forelesninger i Fiskeribiologi for Fiskerikandidatstudiet ved Universitetet i Tromsø. Emne er fiskebestandene i norske farvann som grunnlag for beskatning og kurset skal gi studentene en innføring i aktuelle forvaltningsspørsmål vedrørende fiskeressursene. Kurset er blitt holdt ved avslutningen av fiskeribiologistudiet i vårsemesteret det andre studieåret.

Kompendiet har to deler. En innføring i beskatningsteori, som er utarbeidet for dette studium som et teoretisk grunnlag for brukere av litteratur innen ressurstaksering. Det er en forenklet beskrivelse av en bestandsmodell som knytter sammen de faktorer som bestemmer bestandens tilstand og forandringer i antall og vekt (rekruttering, vekst og dødelighet). Hvordan disse faktorene måles, forutsettes kjent.

Annen del omhandler beskatningshistorikk, nåværende beskatningstilstand og potensielt fremtidsutbytte for de viktigste fiskebestandene i norske farvann. Datamaterialet denne delen bygger på, er i det alt vesentligste hentet fra såkalte arbeidsgrupperapporter utarbeidet av Det Internasjonale Havforskningsråd (ICES). Slike rapporter utarbeides årlig av internasjonalt sammensatte forskergrupper i ICES' regi. De beskriver beskatningstilstanden for fiskebestandene innen ICES-området (se vedlegg), og utarbeider prognoser for den effekt ulike fangststrategier (kvoter, minstemål etc.) vil ha på bestandene. Disse rapportene tjener som det faglige grunnlag for ICES' rådgivende funksjon i beskatningsspørsmål.

Andre kilder er interne forskningsrapporter og Havforskningsinstituttets egne ressursoversikter som utgies årlig. De fleste tabellene i kompendiet med fangstoppgaver fordelt på land de siste 10 årene er tatt fra Havforskningsinstituttets siste ressursoversikt (1979-80).

Figurene er tegnet av Oddgeir Alvheim, og manuskripter er maskinskrevet av Jessie Pereira.

Bergen, mars 1980

Johs. Hamre

I. INNFØRING I BESKATNINGSTEORI

Bestand i likevekt

En ubeskattet fiskebestand som er i en naturlig likevekttilstand har en biomasse som varierer omkring en middelvei. Likevekt inntreer når tilført biomasse pr. tidsenhet er lik den totale dødelighet i vekt. Tilført biomasse eller populasjonens vekst er bestemt av antall rekrutter som tilføres bestanden og den individuelle vekst. Dødeligheten i vekt er antall fisk som dør multiplisert med middelvekten av denne. For en bestemt rekruttering og vekst vil det bestandsnivå hvor denne likevekt inntreer være bestemt av den naturlige dødelighet i populasjonen.

Når en slik bestand utsettes for beskatning øker en dødeligheten i bestanden, og en ny likevekt inntreer mellom bestand og total dødelighet. Måles bestanden i antall (N) kan en slik likevektsmekanisme illustreres med et talleksempel. La oss si at en bestand rekrutterer 1000 individer hvert år og den naturlige årlige dødelighet er 20% av den bestående bestand. Likevekt vil inntre når antall fisk som dør er lik antall fisk som rekrutteres, d.v.s.

$$1000 = N \cdot 0,20$$

$$N = 5000$$

Dersom bestanden utsettes for en årlig beskatning som øker dødeligheten til 40%, inntreer en ny likevektsituasjon gitt ved uttrykket

$$1000 = N \cdot 0,40$$

$$N = 2500$$

Likevektmekanismen i denne enkle bestandsmodell er oppnådd ved å anta at det antall fisk som dør hvert år er proporsjonal med bestandsstørrelsen. Dette er en vanlig forutsetning som benyttes for å beskrive kvantitativt den biologiske prosess som inntreer når en bestand utsettes for beskatning.

En ser at øker en dødeligheten til det dobbelte, går likevektsnivået for bestanden i antall ned til det halve. I en slik modell gjelder den regel at for en gitt rekruttering er bestandens likevektsnivå i antall omvendt proporsjonal med dødeligheten.

Fangst i antall

I beskatningsanalysen er en imidlertid mere interessert i utbytte av en fiskebestand d.v.s. i det som dør på grunn av fisket enn i bestandsnivået. Det å beskrive kvantitativt likevektsutbytte av en bestand hvor naturlig dødelighet og totaldødelighet er gitt, er en mere komplisert regneoperasjon enn det å beregne bestandsnivået. I populasjonsdynamikken har en innført de momentane dødelighetsmål for å beskrive en logisk akseptabel sammenheng mellom naturlig dødelighet og fiskedødelighet. Denne kan også illustreres ved hjelp av den enkle bestandsmodell vi har brukt ovenfor.

Problemet vi først må løse er å beregne den fiskedødelighet som svarer til økningen i den totale dødelighet fra 20% til 40% som fisket medførte. Kaller vi fiskedødeligheten i prosent for X kan vi sette opp følgende ligning:

$$2500 \cdot 0,40 = 2500 \cdot 0,20 + 2500 \cdot 0.X - 2500 \cdot 0,20 \cdot 0.X$$

$$0,40 = 0,20 + 0.X - 0,20 \cdot 0.X$$

$$X = 25$$

Resonnementet bak denne betraktning er følgende. Den totale dødelighet ($2500 \cdot 0,40$) er lik den del av bestanden som ville ha dødd en naturlig død dersom den var ubeskattet ($2500 \cdot 0,20$), pluss det antall som ville blitt fisket uten naturlig dødelighet ($2500 \cdot 0.X$), minus den del som ikke fikk anledning til å dø en naturlig død fordi den ble fisket ($2500 \cdot 0,20 \cdot 0.X$). Denne sammenheng mellom total dødelighet (a), naturlig dødelighet (m) og fiskedødelighet (f) lar man gjelde generelt og uavhengig av bestandsstørrelsen:

$$a = m + f - m \cdot f \quad (1)$$

Summen av naturlig dødelighet og fiskedødelighet er således større en total dødelighet når en regner i annuelle dødelighetsmål. Dette er logisk akseptabelt fordi det eksisterer et konkurranse-forhold mellom fiske og naturlig dødelighet som virker slik at jo mere vi fisker jo mindre fisk får anledning å dø en naturlig død. Dette må komme til uttrykk i den regneoperasjon som tallfester fangsten i forhold til det som totalt dør.

Siden de annuelle dødelighetsmål ikke kan summeres må disse omgjøres til tilsvarende dødelighetskoeffisienter som er summerbare. Det er det en oppnår ved å innføre de momentane dødelighetskoeffisienter som er definert slik:

$$e^{-Z} = 1 - a$$

$$e^{-F} = 1 - f$$

$$e^{-M} = 1 - m$$

hvor a , f og m er mål for tidsbestemt (årlig) total dødelighet, fiskedødelighet og naturlig dødelighet, og Z , F og M de tilsvarende momentane dødelighetskoeffisienter.

I en beskattet fiskebestand har vi antatt at det er følgende sammenheng mellom a , m og f (ligning 1):

$$a = m + f - m \cdot f$$

Setter vi inn de momentane mål får vi:

$$1 - e^{-Z} = (1 - e^{-M}) + (1 - e^{-M}) \div (1 - e^{-M}) \cdot (1 - e^{-F})$$

$$e^{-Z} = e^{-F} \cdot e^{-M} = e^{-(F+M)}$$

$$Z = F+M$$

Momentan total dødelighet Z er således per definisjon lik summen av fiskedødeligheten F og naturlig dødelighet M .

Vi kan nå beregne hvor mye som blir fisket (C) av det som totalt dør når total dødelighet (a) er 40%, naturlig dødelighet (m) er 20% og fiskedødeligheten (f) er 25%:

$$C = \frac{F}{F + M} \cdot N \cdot a = \frac{F}{F + M} \cdot N \cdot (1 - e^{-Z}) \quad (2)$$

$$C = \frac{0.29 \cdot 2500}{0.29 + 0.22} (1 - 0.60) = 569$$

De momentane dødelighetskoeffisienter som svarer til de årlige fanger vi i tabeller over eksponential-funksjoner e^{-X} eller ved hjelp av en logaritmetabell:

$$Z = \ln (1 - 0,40) = 0,51$$

$$F = \ln (1 - 0,25) = 0,29$$

$$M = \ln (1 - 0,20) = 0,22$$

Ligning (2) kaller vi fangstligningen i antall. Den uttrykker sammenhengen mellom fangst og bestand i antall når bestanden utsettes for to konkurrerende dødelighetsfaktorer, fiskedødelighet F og naturlig dødelighet M, og hvor begge er antatt å være proporsjonale med bestandsstørrelsen. Uttrykket $\frac{F}{F+M}$ kalles beskatningsgraden og angir fangsten i forhold til det som totalt dør.

Fangstligningen kan også utledes ved integrasjon. Vi har hittil beregnet forandringene i en bestand ved å sammenligne bestands-situasjonen i begynnelsen av et tidsintervall (her ett år) med bestanden i slutten av intervallet (ved begynnelsen av neste år).

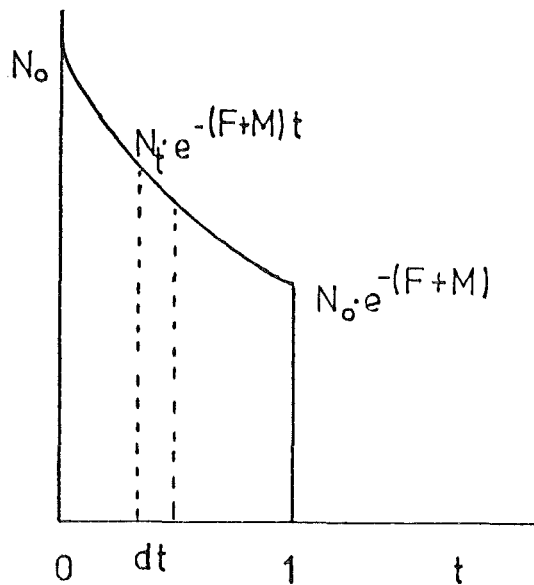
Hvis vi forutsetter at forandringen (reduksjonen) i N foregår kontinuerlig over hele tidsintervallet med en konstant reduksjonsfaktor $\div (F+M)$, vil det si at den tidsderiverte av N skal være proporsjonal med N:

$$\frac{dN}{dt} = -(F+M) \cdot N_t$$

som ved integrasjon gir:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-(F+M)t}$$

N_0 er utgangsbestanden d.v.s. verdien av N når $t = 0$.



Hvis vi tenker oss at vi deler opp tidsintervallet 0 til 1 i mindre intervaller dt , vil det antall fisk som fanges i intervallet t til $t + dt$ være $F \cdot N_t \cdot dt$. Adderer vi antallet fra hvert del-intervall dt får vi totalfangsten C

$$C = \int_{t=0}^{t=1} F \cdot N_t \cdot dt = \int_{t=0}^{t=1} F \cdot N_0 \cdot e^{-(F+M)t} \cdot dt$$

$$C = \frac{F \cdot N_0}{F + M} (1 - e^{-(F+M)}) \quad (3)$$

som er det samme uttrykk for fangsten som gitt i ligning (2).

Uttrykket for fangsten gitt ved ligning (3) gjelder for et hvert tidsintervall hvor reduksjonen i N er lik $-(F+M) \cdot N$.

For tidsintervallet $t = t_r$ til t blir C :

$$C = \int_{t_r}^t F \cdot N_r \cdot e^{-(F+M)(t-t_r)} dt$$

$$C = \frac{F \cdot N_r}{F + M} (1 - e^{-(F+M)(t-t_r)}) \quad (4)$$

Hvor N_r er antallet når $t = t_r$.

Dersom N_r er antall rekrutter (R) som rekrutteres ved tiden t_r kan vi ved hjelp av (4) beregne fangsten av en årsklasse over et visst antall år t:

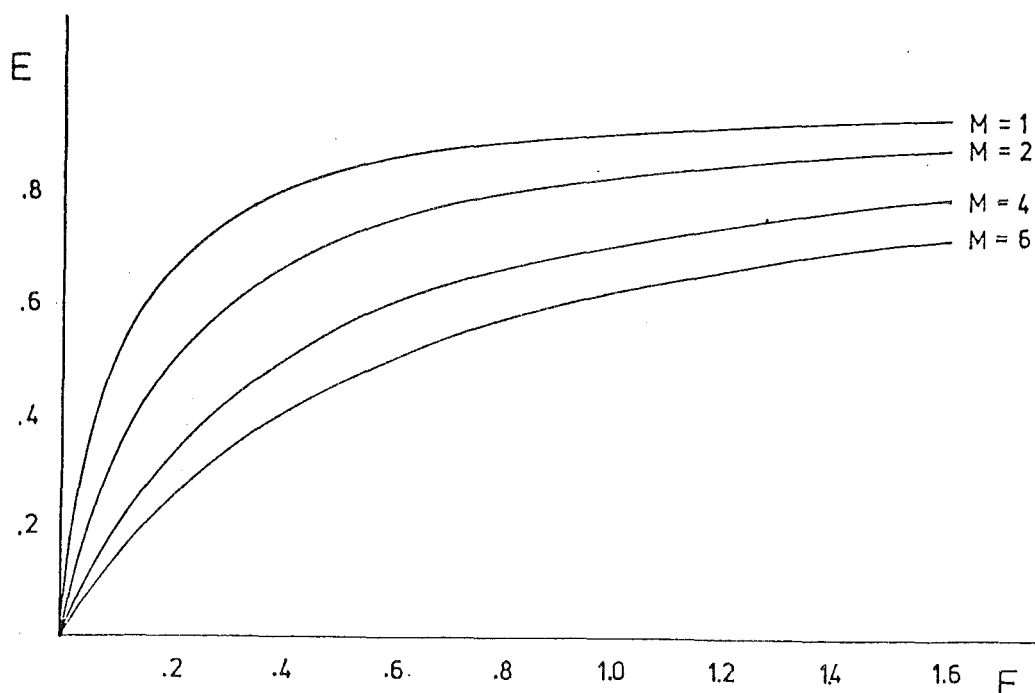
$$C = \frac{F \cdot R}{F + M} (1 - e^{-(F+M)(t-t_r)})$$

Går t mot uendelig, d.v.s. integrerer vi over hele livstiden til årsklassen, går siste ledd i parantesen mot 0 og uttrykk for C reduseres til:

$$C = \frac{F \cdot R}{F + M} \quad (5)$$

Likevekt mellom bestand og beskatning inntreer når $R=N(1 - e^{-Z})$. Fra ligningene (2) og (5) kan vi derfor trekke den konklusjon at ved likevekt mellom bestand og beskatning er utbytte av en årsklasse gjennom hele livet lik det årlige utbytte av alle årsklassene som inngår i bestanden.

Uttrykket $\frac{F}{F+M} = E$ kalles beskatningsgraden (eng. rate of exploitation). Tenker vi oss en bestand hvor naturlig dødelighet hovedsakelig skyldes beiteeffekt fra andre rovdyr, gir beskatningsgraden et logisk uttrykk for det konkurranseforhold som oppstår mellom oss og de naturlige beitedyrene når vi introduserer et fiskeri. Er beiteeffekten på forhånd høy betyr en viss fiskedødelighet mindre for bestanden enn om beiteeffekten var liten. Derfor er også beskatningsgraden mindre med samme F når M er stor. I nedenforstående figur er fremstilt grafisk sammenhengen mellom E, F og M.



Figur 1. Beskatningsgrad (E) som funksjon av fiskedødelighet (F) for ulike verdier av naturlig dødelighet (M).

Av figuren ser vi at ved en fiskedødelighet på 0,4 ($f = 33\%$) utgjør beskatningen bare 40% av den totale dødelighet når $M = 0,6$, mens samme fiskedødelighet utgjør 80% av den totale dødelighet dersom $M = 0,1$. Det er klart at i sistnevnte tilfelle er bestanden mye hardere beskattet enn i det førstnevnte, skjønt om fiskedødeligheten er den samme. Høy naturlig dødelighet er karakteristisk for tropiske fiskeslag. De vokser og dør forttere enn i kaldere farvann. De er derfor mere robuste mot beskatning enn våre fiskeslag. Men de må til gjengjeld fiskes mye hardere for å gi maksimalt utbytte. Hos oss, hvor årlig naturlig dødelighet hos fisk regnes å være omlag 20% oppnår en vanligvis maksimalt likevektsutbytte ved en momentan fiskedødelighet på 0,3 ($f = 25\%$) det vil si en beskatningsgrad på 60%. I tropiske farvann hvor M kan være 0,5 ($m = 39\%$) eller mer, må man opp i en fiskedødelighet på over 0,8 ($f = 50\%$) for å oppnå en beskatningsgrad som gir tilnærmet maksimalt utbytte. Karakteristisk for fiske i varmere hav er således at en oppnår relativt høyt utbytte av små bestander, mens det maksimale likevektsutbytte hos oss er lite i forhold til bestandsstørrelsen. Lodde er et unntak på grunn av massedød etter gyting.

Fangst i vekt (volum)

Det å beregne det teoretiske likevektsutbytte i vekt er en langt mere tidkrevende regneoperasjon enn fangst i antall. I prinsippet er imidlertid fremgangsmåten den samme. En tenker seg levetiden delt inn i så små tidsintervaller dt at vekten av fisken innen hvert intervall er å anse som konstant. Utbytte i vekt dy i intervallet $t, t+dt$ er da gitt ved:

$$dy = F \cdot N_t \cdot V_t \cdot dt$$

hvor V_t er gjennomsnittsvekten av fisken ved tiden t . Den totale vekt i tidsintervallet $t = t_r$ til t får en ved integrasjon

$$Y = \int_{t_r}^t F \cdot N_t \cdot V_t \cdot dt \quad (6)$$

For å kunne integrere denne ligningen, må vekten V_t formuleres som en funksjon av t i en slik form at uttrykket lar seg integrere. Dette lar seg gjøre ved å innføre von Bertalanffys vekstligning i (6). Vi skal ikke her gå nærmere inn på denne integrasjonsprosess, fordi den integrerbare utbytteligning, Beverton og Holt bestandsmodell, blir nå så sjeldent brukt i bestandsanalyser. Man anvender bare prinsippene i modellen i det selve integreringsprosessen utføres ved hjelp av regnemaskiner. Vi skal i det følgende skissere ved eksempel hvordan en slik modell bygges opp og hvordan den anvendes i praktisk fiskeribiologi som grunnlag for regulert beskatning.

Modeller som beskriver sammenhengen mellom utbytte og bestand er det redskap en bruker for å forutsi hvilke forandringer i utbytte en kan forvente dersom en ved reguleringer i fisket forandrer beskatningen. I modellene inngår størrelser (parametre) som angir rekruttering (R), vekst eller observert vekt på alder (\bar{V}_t), naturlig dødelighet (M) og fiskedødelighet (F). Vekst og naturlig dødelighet antas å være konstante parametre uavhengig av beskatningen. Rekrutteringen kan påvirkes indirekte ved beskatningen fordi fiske påvirker gytebestandens

størrelse. For de fleste fiskearter er det imidlertid grunn til å anta at over et visst bestandsnivå er rekrutteringen uavhengig av bestandsstørrelsen og dermed også av beskatningen.

Å regulere et fiske vil si å begrense eller styre fiskedødeligheten. Vi skiller mellom to former for regulering:

1. Regulere F til et ønsket nivå, regulere beskatningsgraden. Dette gjøres ved å sette fangstkvoter, eller begrense fiskeinnsatsen på annen måte.
2. Fordele F på aldersgrupper og i tid (sesong) slik at en drar størst mulig nytte av fiskens vekstmønster. Det å regulere beskatningsmønsteret (også kalt fiskemønsteret) gjøres ved minstemål, maskeviddebegrensning i fiskeredskap og/eller sesongvise fiskeforbud, for eksempel etter gyting eller når fisken har sultet og biomassen er lav. Fiskemønsteret kan også reguleres ved å frede oppvekstområder for småfisk.

I utgangspunktet er problemet ved en eventuell regulering først å beskrive det tidsaktuelle forhold mellom bestand og beskatning, og det beskatningsmønster som har ført til den aktuelle bestandssituasjon. Det er denne tidligere fangststrategi en eventuelt vil forandre for om mulig å øke det fremtidige utbytte. Bruk av fangstligning (3) for det formål å beskrive et historisk beskatningsmønster kalles en cohort analyse eller en VPA (virtual population analysis). Ved hjelp av en VPA bygger man opp en bestandsmodell som beskriver historien bak den tidsaktuelle sammenheng mellom bestand og beskatning. Modellen brukes så til å beregne det forventede fremtidsutbytte og tilsvarende bestand ved andre mulige beskatningsmønstre (varierende F). Dette kalles modellens prognose.

VPA-metoden

VPA-metoden bygger på data fra fangststatistikken, alderssammensetningen i fangstene og et mål for naturlig dødelighet. Tidsrammen er en generasjon, eller det antall år en årsklasse

er inne i den fangstbare bestand. Fangststatistikken gir den årlige totale fangst i vekt vanligvis. Ved hjelp av regelmessige prøver av fangstenes alderssammensetning beregnes fangst per aldersgruppe i vekt og antall. Tabell 1 viser hvordan fangstdataene grupperes for en slik analyse (eksemplet er konstruert etter mønster av en gjennomsnittlig makrellårs-klasse i 1960-årene). Fangst i vekt er gitt i 1000 tonn, og fangst i antall i millioner individer.

Dersom all dødelighet skyldes fisket ville en utfra denne tabellen kunne beregne årsklassens størrelse på de ulike alderstrinn ved kun å summere fangsten kumulativt fra høyre mot venstre i tabellen. Som 5-åringer ville det således ha vært 94 mill. fisk i årsklassen og fiskedødeligheten ville vært 51 prosent. Parallelt med fiskedødeligheten virker imidlertid naturlig dødelighet, og VPA-metodens målsetting er å beregne utgangsbestanden for hver årsklasse når fangsten og naturlig dødelighet er kjent. Dette lar seg gjøre ved å bruke fangstligningen (3):

$$C_t = E_t \cdot N_t (1 - e^{-Z_t}) \quad (7)$$

hvor indeksen t angir alderstrinn. N_t er antall ved begynnelsen av alderstrinn t.

Sammenhengen mellom antallet i en årsklasse i to påfølgende år er gitt ved uttrykket:

$$N_{t+1} = N_t \cdot e^{-Z_t} \quad (8)$$

Dividerer vi ligning (8) med (7) får vi:

$$\frac{N_{t+1}}{C_t} = \frac{e^{-Z_t}}{E_t (1 - e^{-Z_t})} \quad (9)$$

Ligning (9) er VPA-metodens grunnformel. Den sier at forholdet mellom antallet i en årsklasse ved begynnelsen av et år og

Tabell 1. Fangststatistikk i vekt (C i 1000 tonn) fra en årsklasse på alderstrinn 1 til 8 år.

\bar{V}_t = middelvekt på alder, F = beregnet fiskedødelighet, N_t = beregnet bestand i antall og B = beregnet bestand i vekt.

M = 0.2

Alder t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum	$\sum_{t=3}^t$
$C \cdot 10^{-6}$ i kg		39,6	75,4	70,0	41,2	21,3	13,1	5,8	3,1		269,5	
\bar{V}_t i kg		.120	.240	.340	.400	.440	.470	.490	.510			
$C \cdot 10^{-6}$ antall		330	314	206	103	48	28	12	6		1047	
F_t		0,25	0,40	0,49	0,50	0,45	0,53	0,45	0,45			
$N_t \cdot 10^{-6}$	2015	1650	1053	578	290	144	75	36	19	10	5870	1152
$B_t \cdot 10^{-6}$ i kg		198,0	252,7	196,5	116	63,4	35,3	17,6	9,7	5,1	894,3	443,6

-11-

fangstene i foregående år er lik forholdet mellom overlevningskoeffisienten og den dødelighets-koeffisient som skyldes fisket i det foregående år. Utregnede verdier for høyre side i ligning (9) er gitt i tabellen på neste side.

VPA-metoden tilbakeberegner N og startes i siste året årsklassen har gitt målbar fangst. I Tabell 1 tilsvarende dette $t = 8$. Årsklassens antall som 9-åringer (N_9) må en velge for å komme i gang med analysen. Den feil en gjør i valg av utgangsbestand i VPA betyr lite, dersom utgangsbestanden velges liten nok. Velger vi for eksempel $N_9 = 10$ mill. individer, som her synes å være et rimelig tall sett i forhold til fangsten i de tidligere aldersgrupper. Vi velger $M = 0,20$, og beregner først Z_8 utfra ligning (9). Det gir $Z_8 = 0,65$.

Det neste trinn er å beregne N_8 (ligning 8):

$$N_8 = \frac{N_9}{e^{-Z_8}} = \frac{10}{0,522} = 19$$

og i henhold til ligning (9) får vi:

$$\frac{N_8}{C_7} = \frac{e^{-Z_7}}{E_7(1-e^{-Z_7})} = 1,58$$

Fra tabellen side 13 finner vi at når

$$\frac{e^{-Z}}{E(1-e^{-Z})} = 1,58 \quad \text{er } F = 0,45 \text{ d.v.s. at:}$$

$$F_7 = 0,45 \quad \text{og} \quad Z_7 = 0,65$$

Tabell for beregning av fiskedødelighet og bestand ved VPA-metoden.

M = 0.20.

F	Z	e^{-Z}	$E(1-e^{-Z})$	$\frac{e^{-Z}}{E(1-e^{-Z})}$	F	Z	e^{-Z}	$E(1-e^{-Z})$	$\frac{e^{-Z}}{E(1-e^{-Z})}$
0.01	0.21	.811	.001	89.9	0.67	0.87	.419	.447	.936
0.02	0.22	.803	.018	44.7	0.68	0.88	.415	.452	.917
0.03	0.23	.795	.027	29.6	0.69	0.89	.411	.457	.899
0.04	0.24	.787	.036	22.1	0.70	0.90	.407	.462	.881
0.05	0.25	.779	.044	17.6	0.71	0.91	.403	.466	.863
0.06	0.26	.771	.053	14.6	0.72	0.92	.399	.471	.847
0.07	0.27	.763	.061	12.4	0.73	0.93	.395	.475	.830
0.08	0.28	.756	.070	10.8	0.74	0.94	.391	.480	.814
0.09	0.29	.748	.078	9.58	0.75	0.95	.387	.484	.799
0.10	0.30	.741	.086	8.57	0.76	0.96	.383	.489	.784
0.11	0.31	.733	.095	7.75	0.77	0.97	.379	.493	.769
0.12	0.32	.726	.103	7.07	0.78	0.98	.375	.497	.755
0.13	0.33	.719	.111	6.49	0.79	0.99	.372	.501	.741
0.14	0.34	.712	.119	6.00	0.80	1.00	.368	.506	.727
0.15	0.35	.705	.127	5.57	0.81	1.01	.364	.510	.714
0.16	0.36	.698	.134	5.19	0.82	1.02	.361	.514	.702
0.17	0.37	.691	.142	4.86	0.83	1.03	.357	.518	.689
0.18	0.38	.684	.150	4.57	0.84	1.04	.353	.522	.677
0.19	0.39	.677	.157	4.30	0.85	1.05	.350	.526	.665
0.20	0.40	.670	.165	4.07	0.86	1.06	.346	.530	.653
0.21	0.41	.664	.172	3.85	0.87	1.07	.343	.534	.642
0.22	0.42	.657	.180	3.66	0.88	1.08	.340	.538	.631
0.23	0.43	.651	.187	3.48	0.89	1.09	.336	.542	.620
0.24	0.44	.644	.194	3.32	0.90	1.10	.333	.546	.610
0.25	0.45	.638	.201	3.17	0.91	1.11	.330	.550	.600
0.26	0.46	.631	.208	3.03	0.92	1.12	.326	.553	.590
0.27	0.47	.625	.215	2.90	0.93	1.13	.323	.557	.580
0.28	0.48	.619	.222	2.78	0.94	1.14	.320	.561	.570
0.29	0.49	.613	.229	2.67	0.95	1.15	.317	.565	.561
0.30	0.50	.607	.236	2.57	0.96	1.16	.313	.568	.552
0.31	0.51	.600	.243	2.47	0.97	1.17	.310	.572	.543
0.32	0.52	.595	.250	2.38	0.98	1.18	.307	.575	.534
0.33	0.53	.589	.256	2.30	0.99	1.19	.304	.579	.526
0.34	0.54	.583	.263	2.22	1.00	1.20	.301	.582	.517
0.35	0.55	.577	.269	2.14	1.01	1.21	.298	.586	.509
0.36	0.56	.571	.276	2.07	1.02	1.22	.295	.589	.501
0.37	0.57	.566	.282	2.01	1.03	1.23	.292	.593	.493
0.38	0.58	.560	.288	1.94	1.04	1.24	.289	.596	.486
0.39	0.59	.554	.295	1.88	1.05	1.25	.287	.599	.478
0.40	0.60	.549	.301	1.82	1.06	1.26	.284	.603	.471
0.41	0.61	.543	.307	1.77	1.07	1.27	.281	.606	.463
0.42	0.62	.538	.313	1.72	1.08	1.28	.278	.609	.456
0.43	0.63	.533	.319	1.67	1.09	1.29	.275	.612	.450
0.44	0.64	.527	.325	1.62	1.10	1.30	.273	.616	.443
0.45	0.65	.522	.331	1.58	1.11	1.31	.270	.619	.436
0.46	0.66	.517	.337	1.53	1.12	1.32	.267	.622	.430
0.47	0.67	.512	.343	1.49	1.13	1.33	.264	.625	.423
0.48	0.68	.507	.348	1.45	1.14	1.34	.262	.628	.417
0.49	0.69	.502	.354	1.42	1.15	1.35	.259	.631	.411
0.50	0.70	.497	.360	1.38	1.16	1.36	.257	.634	.405
0.51	0.71	.492	.365	1.35	1.17	1.37	.254	.637	.399
0.52	0.72	.487	.371	1.31	1.18	1.38	.252	.640	.393
0.53	0.73	.482	.376	1.28	1.19	1.39	.249	.643	.387
0.54	0.74	.477	.382	1.25	1.20	1.40	.247	.646	.382
0.55	0.75	.472	.387	1.22	1.25	1.45	.235	.659	.356
0.56	0.76	.468	.392	1.19	1.30	1.50	.223	.673	.331
0.57	0.77	.463	.398	1.16	1.35	1.55	.212	.686	.309
0.58	0.78	.458	.403	1.14	1.40	1.60	.202	.698	.289
0.59	0.79	.454	.408	1.11	1.45	1.65	.192	.710	.270
0.60	0.80	.449	.413	1.09	1.50	1.70	.183	.721	.254
0.61	0.81	.445	.418	1.06	1.55	1.75	.174	.732	.238
0.62	0.82	.440	.423	1.04	1.60	1.80	.165	.742	.222
0.63	0.83	.436	.428	1.02	1.65	1.85	.157	.752	.209
0.64	0.84	.432	.433	.997	1.70	1.90	.150	.761	.197
0.65	0.85	.427	.438	.976	1.75	1.95	.142	.770	.184
0.66	0.86	.423	.443	.955	1.80	2.00	.135	.779	.173

Slik fortsetter en tilbakeberegningen av N og F:

$$N_7 = \frac{N_8}{e^{-Z_7}} = \frac{19}{0,522} = 36$$

$$\frac{N_7}{C_6} = \frac{1^{-Z_6}}{E_6(1-e^{-Z_6})} = 1,29$$

$$F_6 = 0,53 \quad Z_6 = 0,73$$

o.s.v.

I Tabell 1 er gitt de beregnede verdiene av N_t og F_t for $t = 0$ til $t = 8$. Årsklassens styrke på 0-gruppestadiet (N_0) blir 2015 millioner individer. Det er åpenbart at N_0 ville ha forandret seg relativt lite om vi hadde startet analysen med andre verdier av N_9 . I Figur 2a er vist den relative forskjell (logaritmisk skala) i beregnet N_t ved $N_9 = 5$ og $N_9 = 15$ millioner individer.

VPA-metoden regnes som en sikker metode til å beregne historisk beskatning og bestandsnivå dersom det foreligger en pålitelig fangststatistikk og biologisk prøvemateriale for å fordele fangsten på aldersgrupper. Når det gjelder naturlig dødelighet kan denne parameter være vanskelig å beregne nøyaktig. En feil i M gir imidlertid relativt små utslag i de beregnede verdier av N og F dersom beskatningsgraden er høy, da fangsten i så tilfelle blir den dominerende reduksjonsfaktor i bestanden. Metoden gir således mere pålitelige resultater jo sterkere bestanden er beskattet. I Figur 2b er vist den relative forskjell i beregnet N_0 ved å velge ulike verdier av M i eksempelet ovenfor. En ser at en feil i M ved denne beskatning gir et betydelig utslag i N_0 , men mindre utslag i de fullt beskattede aldersgruppene. I prognosen vil imidlertid slike feil i N_0 delvis kompenseres av feilens utslag i E.

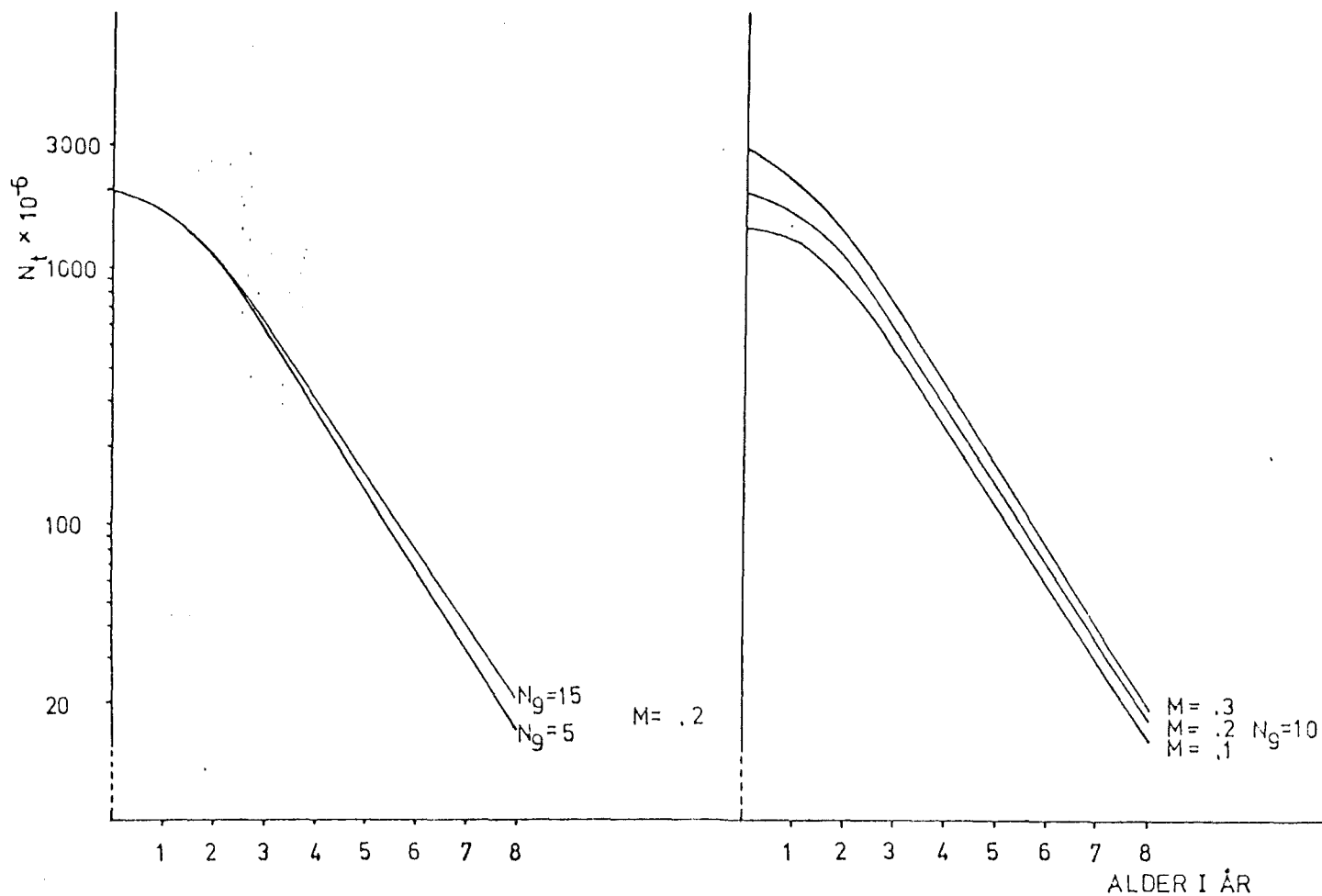


Fig. 2a. Tilbakeberegnet antall pr. aldersgruppe (N_t) ved valg av utgangsbestand (N_g) i forholdet 1:3.

Fig. 2b. Tilbakeberegnet antall pr. aldersgruppe (N_t) ved valg av naturlig dødelighet (M) i forholdet 1:3.

Videre kan en beregne det aktuelle fiskemønster bestanden har vært utsatt for, d.v.s. hvordan fisket har beskattet de ulike aldersgrupper relativt. Dersom full rekruttering til fisket betegnes F_f , er rekrutteringen til den fangstbare bestand gitt ved uttrykket:

$$I_t = \frac{F_t}{F_f}$$

hvor indeksen I_t angir den del av aldersgruppen t som er rekruttert til fisket. Tabell 1 gir $I_0 = 0$, $I_1 = 0,5$ og $I_2 = 0,8$, for $F_f = 0,5$ (full rekruttering på 3-åringstrinnet).

Prognosen

En har tidligere vist at ved konstant rekruttering er det årlige likevektsutbytte av en bestand lik utbyttet av en årsklasse gjennom hele livet. Er summen av utbytte fra en årsklasse større enn det årlige gjennomsnittsutbytte, er årsklassen over middels styrke, er summen mindre er årsklassen under middels styrke. Ved å foreta lignende beregninger av flere påfølgende årsklasser som i Tabell 1, kan en tilbakeberegne styrken av det vi kan kalle en normal-årsklasse.

Hvis vi antar at Tabell 1 fremstiller en slik normalårsklasse, blir summen av fangstene i tabellens første rekke det årlige langtidsutbytte av bestanden, og summen av 6. rekke bestandens biomasse (\div 0-gruppen) ved denne beskatningsform. Antar vi at kjønnsmodning inntreffer på 3-års trinnet, får vi den tilsvarende gytebestand ved å summere over aldersgruppene eldre enn 3 år. Det vi nå ønsker å studere er hvordan utbytte og bestand vil forandre seg dersom bestanden fortsetter å rekruttere 2015 millioner individer på 0-gruppe stadiet, men at beskatningen forandres ved å regulere fisket. Til denne beregning bruker vi også fangstligningen (3), men i motsatt tidsretning. VPA-metoden regnet seg bakover i tiden, denne bruk av fangstligningen gir en prognose:

$$C_t = N_t \cdot E_t (1 - e^{-Z_t})$$

$$N_{t+1} = N_t \cdot e^{\div Z_t}$$

Vi vil først studere utbytte og bestand som funksjon av F_f d.v.s. beskatningsgraden når M er gitt. Vi begynner med $N_0 = 2015$ og forutsetter samme beskatningsmønster som i Tabell 1, d.v.s. $I_0 = 0$, $I_1 = 0,5$ og $I_2 = 0,8$. For $F_f = 0,1$ får vi:

$$C_0 = 0$$

$$N_1 = N_0 \cdot e^{-0,20} = 2015 \cdot 0,819 = 1650$$

$$C_1 = N_1 \cdot \frac{(0,1 \cdot 0,5)}{2,20 + 0,05} (1 - e^{-0,25}) = 73$$

$$N_2 = N_1 \cdot e^{-0,25} = 1285$$

$$C_2 = N_2 \cdot \frac{(0,8 \cdot 0,1)}{0,20 + 0,08} (1 - e^{-0,28}) = 90$$

$$N_3 = N_2 \cdot e^{-0,28} = 972$$

$$C_3 = N_3 \cdot \frac{0,1}{0,2 + 0,1} (1 - e^{-0,30}) = 84$$

o.s.v.

Uttrykket $E(1 - e^{-Z})$ leses ut av tabellen side 13 for de aktuelle verdier av F.

Man får da en tilsvarende tabell som Tabell 1 over fangst og bestand pr. aldersgruppe i antall. Multipliseres med middelvekt og summeres bidragene fra hver aldersgruppe, får en årlig vedvarende utbytte og bestand ved en beskatningsgrad svarende til $F_f = 0,1$ og beskatningsmønster uforandret. En foretar samme regneoperasjon for $F_f = 0,2, 0,3, 0,4$ o.s.v., og får frem en serie beregnede verdier for utbytte og bestand ved gradvis økende beskatning. Disse fremstilles grafisk med fiskedødeligheten som abscisse og utbytte eller gytebestand som ordinat. Denne fremstilling er vist i Figur 3, kurve I. Den nåværende beskatningssituasjon ($F_f = 0,50$) er merket av på kurve I med et kryss.

Kurven II og III i Figur 3 viser beregnet utbytte og gytebestand dersom vi forandrer beskatningsmønsteret slik at all fisk under 2 år og 3 år fredes henholdsvis (minstemålsregulering). Utbytte og bestand for ulike F-verdier beregnes på

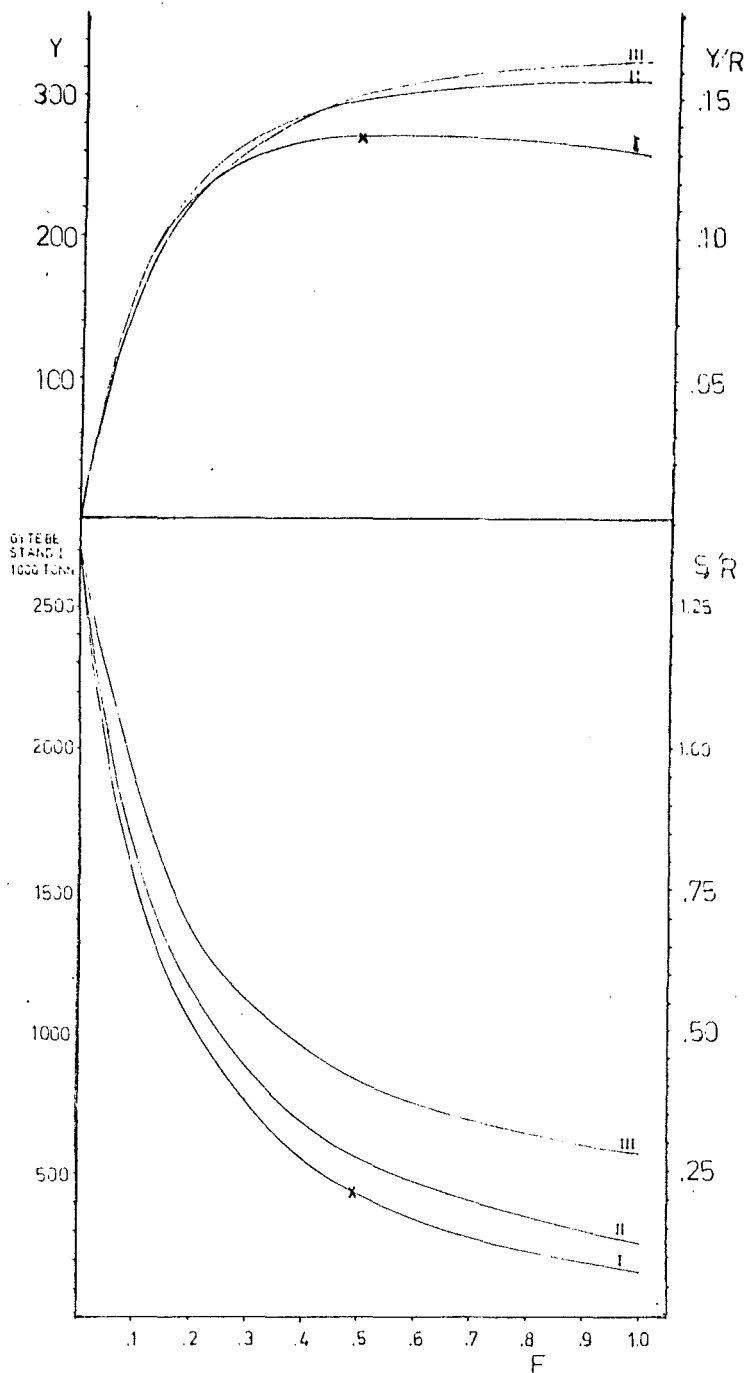


Fig. 3. Utbytte (Y) og gytebestand (S) i 1000 tonn som funksjon av fiske-dødelighet (F) ved 3 forskjellige beskatningsmønstre (se tekst).

lignende måte som for kurve I, men med $I_1 = I_0 = 0$ for kurve II, og $I_2 = I_1 = I_0 = 0$ for kurve III. Minste fangstbare alder betegnes ofte med t_C . Er $t_C = 2$ er $I_1 = I_0 = 0$.

Figur 3 angir beregnet utbytte og tilsvarende gytebestand i 1000 tonn, med varierende beskatning når det rekrutteres gjennomsnittlig 2015 millioner individer årlig. En mere vanlig fremstillingsform er i enheter pr. rekrutt, det vil si enheter uavhengig av rekrutteringen. Kurvene blir de samme, man forandrer bare skalaen ved å dividere enheten med antall rekrutter, i dette tilfelle 2015 millioner individer. Utbytte og gytebestand per rekrutt (i kg) er angitt i skalaen til høyre i figuren. Merk at utbytte og bestand pr. rekrutt refererer til rekruttering på et gitt alderstrinn, i dette tilfelle 0-gruppe fisk. Dersom 0-gruppen ikke inngår i fangsten (som her), velger en ofte å referere til antall på 1-gruppe stadiet. Da måtte en dividere skalaenheten med 1650.

Av hensyn til omfanget av de regneoperasjoner en må foreta for å kunne fremstille kurvene i Figur 3, har vi her valgt året som enhet. For praktisk bruk bygges modellene på kortere tidsintervall, ofte månedlige observasjoner på vekst og dødelighet (fangst). Man kan da også studere virkningen av sesongregulering og minstemålsreguleringer i tilsvarende korte vekstintervall. Regneoperasjonen blir i prinsippet den samme, men blir meget omfattende og må utføres maskinelt.

Alternative fangststrategier

Behovet for å regulere fisket på en bestand bestemmes av den tidsaktuelle beskatningssituasjon. Målsetningene kan være forskjellige og følgelig også de fangststrategier en velger for å oppnå disse. Gruppert etter målsetning faller de aktuelle strategier i tre hovedgrupper, optimaliseringsstrategi, sikringsstrategi og redningsstrategi.

En optimaliseringsstrategi har som mål å oppnå maksimalt langtidsutbytte. Langtidsutbytte er per definisjon det utbytte bestanden gir per tidsenhet når det er likevekt mellom bestand og beskatning. Fangst- og bestandskurvene i Figur 3 er beregnet i henhold til en slik likevekt og kan således tjene som hjelpemiddel til å velge den fangststrategi som gir maksimalt

langtidsutbytte MSY (eng. maximum sustainable yield). Valget gjelder såvel fiskemønster som beskatningsgrad. Disse er innbyrdes avhengige, noe som kompliserer maksimeringsproblemet. I praksis forenkles imidlertid problemet svært ofte ved at valgmulighetene når det gjelder beskatningsmønster er begrenset. På den annen side er det alltid beskatningsmønsteret det først vil være aktuelt å regulere. En regulering av beskatningsgraden blir først aktuell etter at bestanden er overbeskattet, d.v.s. at langtidsutbyttet kan økes ved å redusere beskatningsgraden. Den F-verdi som gir MSY betegnes F_{max} . Overbeskatning vil si at $F > F_{max}$.

Av Figur 3 fremgår det at i dette tilfelle vil det være lite å vinne i utbytte per rekrutt (10%) ved å totalfredede fisk som er 2 år eller mer. Derimot vil en fredning av 2- og 3-åringer øke gytebestanden betraktelig (25% og 100% henholdsvis). Når det gjelder beskatningsgraden ser en at i den aktuelle beskatnings-situasjon er denne altfor høy ($F = 0,5$). Ved å senke F til 0,3 vil en stort sett beholde samme utbytte per rekrutt, mens gytebestanden vil øke med 65%. Som en ser foreligger det her en rekke alternative fangststrategier som med F -verdier over 0,3 vil gi små endringer i utbytte per rekrutt dersom en freder 1-åringene.

Langtidsutbytte er proporsjonalt til rekrutteringene, som er bestemt av forholdet gytebestand/rekruttering. Kjente en dette forhold kunne en regne seg frem til MSY for en hvilken som helst fangststrategi. Men sammenhengen gytebestand/rekruttering er usikker for alle bestander og derfor er man i praksis henvist til andre målsetninger for reguleringer i fiske enn MSY. For å sikre rekrutteringen velger en ofte fangststrategier som gir høy gytebestand uten at utbytte per rekrutt reduseres vesentlig. Minstemålsreguleringer vil her alltid være aktuelle fordi de øker både utbytte og bestand vanligvis.

En ser av Figur 3 at ved moderate beskatningsgrader øker gytebestanden meget raskt når F avtar. Et valg av optimal fangststrategi vil derfor oftest være først å velge det optimale fiskemønster som er fangst-teknisk mulig og så vurdere

hvor mye en vil "ofre" i utbytte per rekrutt for å holde en høy gytebestand. Som en slags veiledende F-verdi i denne sammenheng er foreslått den beskatningsgrad hvor en videre økning i F gir mindre økning i marginalutbytte enn 10% av marginalveksten for de laveste F-verdier. Denne verdi er kalt F optimal og betegnes ofte $F_{0.1}$. I Figur 3 vil $F_{0.1}$ være omlag 0,3 for kurve I og 0,4 for kurve II/III.

Men også gytebestandens størrelse kan være veiledende i valg av F. En bestemmer seg for visse sikringsnivå. Slike minimumsnivå kan defineres utfra observert rekruttering på relativt lave bestandsnivå. I så fall vil det fiskemønster som er praktisk gjennomførbart være sterkt avgjørende for den beskatningsgrad en bør anvende. Skulle for eksempel observasjoner av forholdet rekruttering - foreldrebestand indikere at gytebestanden i vårt eksempel ikke burde reduseres under 800 000 tonn, måtte fiskedødeligheten senkes til $F = 0,25$ dersom fiskemønsteret ikke kunne forandres, til $F = 0,3$ dersom forandringen måtte begrenses til fredning av 0 og 1 åringene (kurve II), mens man kunne opprettholdt beskatningsgraden dersom det var praktisk mulig også å totalfredet 2-åringene. Den siste reguleringsform ville utvilsomt gitt det høyeste utbytte.

Slike sikringsstrategier kan således godt ha som mål å opprettholde bestandsnivåer som er høyere enn MSY ($F_{0,1}$ istedenfor F_{max}). Et høyt bestandsnivå med tilsvarende lave F-verdier har mange fordeler fremfor å fiske intenst på en liten bestand. De viktigste fordelene er disse:

1. Større tilgjengelighet og dermed større fangst per innsatsenhet, d.v.s. bedre lønnsomhet.
2. Årlige variasjoner i rekrutteringen gir mindre utslag i det årlige utbyttet, d.v.s. større stabilitet.

3. Større gjennomsnittsvekt på fisken som fanges og dette betinger vanligvis bedre pris.
4. Stor bestand øker utbredelsesområdet og gir bedre spredning i fisket.

Redningsstrategier er aktuelle når bestanden er overbeskattet og målsetningen er å øke gytebestanden. Trues en bestand med utryddelse er totalfredning den eneste aktuelle redningsstrategi. Men også ved lavere grader av overbeskatning er det aktuelt å velge fangststrategier som tar sikte på å bygge opp bestanden over en viss periode. At en bestand vokser betinger at gytebestanden er i vekst, d.v.s. at avkommets biomasse i kjønnsmoden alder er større enn foreldrebestanden. For å sikre vekst må fangsten være mindre enn tilveksten i gytebestanden og istedenfor å regulere fangsten i forhold til bestandsstørrelsen lar man tilveksten i gytebestanden bestemme hvorvidt det er grunnlag for fangst og hvor mye. Dette prinsipp er anvendt i reguleringen av atlanto-skandisk sild. Den del av nettotilveksten en tillater fanget bestemmer da den tid det vil ta å bygge opp igjen bestanden til det ønskelige nivå.

I praksis reguleres nå beskatningsgraden for de fleste større fiskebestander ved hjelp av årlige fangstkvoter. Det er som oftest internasjonale arbeidsgrupper av forskere fra de impliserte land som utreder problemene og gir anbefalinger om hvor mye det er biologisk forsvarlig å fange av hver enkel art (går under betegnelsen "anbefalt TAC"). TAC (eng. total allowable catch) for en bestand vil alltid være knyttet til bestemte forutsetninger når det gjelder fiskemønster. I arbeidsgruppene anbefalinger vil en derfor ofte finne alternative TAC'er, alt etter hvilken beskatningsstrategi som blir gjort gjeldende. Når det totale fiskemønster blir urasjonelt, må TAC reduseres tilsvarende. Og det totale fiskemønster er ofte avhengig av fordelingen og fangstkvotene nasjonene imellom, fordi de fisker på ulike felt og med ulike redskaper (konf. artisk torsk og nordsjøsil). Nasjonale særinteresser fører

således til at man i enkelte tilfeller må vedta beskatningsmønstre som er klart urasjonelle og således i strid med havrettens prinsipp om ressursutnyttelse generelt.

Nettotilvekst og optimalt utbytte i vekt

Regneeksemplene ovenfor viser hvordan en kan analysere virkningen av forskjellige beskatningsformer med den hensikt å finne den formen som gir størst mulig utbytte. I det følgende skal vi se noe mer generelt på begrepet "optimalt utbytte".

Når det startes et fiske på en ubeskattet bestand, reduseres bestandsstørrelsen relativt fort (Fig. 3). Det samme gjelder den mengde fisk som dør en naturlig død og det skapes et overskudd som fiskes. Denne fiskbare nettotilveksten, målt f.eks. pr. år, er tilnærmet 0 både når bestanden er stor og ubeskattet, fordi det da er likevekt mellom vekst og naturlig dødelighet, og når bestanden er meget liten. Et sted mellom disse ytterpunktene er denne fiskbare nettotilveksten størst. Dette kan illustreres som i Fig. 4.

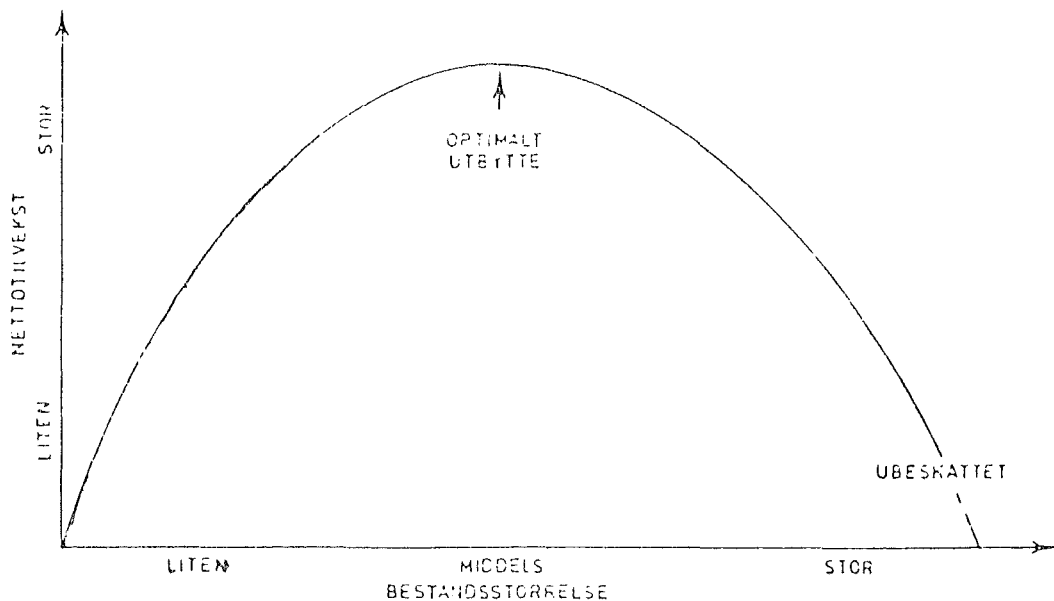


Fig. 4. Generell sammenheng mellom nettotilvekst og bestandsstørrelse.

I begynnelsesfasen, når fisket utvikles reduseres bestanden og balansen forstyrres. Etterhvert øker nettotilveksten i det rekrutteringen blir større enn naturlig dødelighet i antall. Dersom fiskedødeligheten stabiliseres, vil den økte årlige nettotilvekst etter en tid føre til at uttaket fra bestanden blir kompensert. Bestanden vil få et nytt likevektsnivå bestemt av fiskedødeligheten og karakterisert ved redusert bestandsstørrelse.

Hvis nå fisket fortsetter å øke, vil bestandens størrelse stadig avta, mens nettotilveksten tiltar etter hvert som stadig mindre fisk får anledning å dø en naturlig død. Fangstene øker til bestanden har nådd en bestemt midlere størrelse der nettotilveksten (og fangsten) er maksimal. Dette svarer til den likevektstilstanden som gir det optimale utbyttet. Her er bestanden så sterkt redusert at rekrutteringen avtar like raskt som nettotilveksten øker som følge av mindre naturlig død.

Økes fangstintensiteten videre, avtar rekrutteringen raskere og topp-punktet på kurven passerer. Både nettotilveksten og bestandsstørrelsen reduseres og fangst og bestand går mot 0 når F blir tilstrekkelig stor.

Beskatning og økonomi

Det er nær sammenheng mellom beskatning av fiskebestander og økonomi. I Fig. 5 er vist en utbyttekurve som funksjon av fangstinnsatsen målt i verdi, sammen med to linjer som viser sammenhengen mellom fangstinnsats og kostnader.

Kurven viser hvordan verdiutbyttet (venstre vertikalakse) varierer med innsatsen, idet en antar at verdien er proporsjonal med totalfangstenes størrelse.

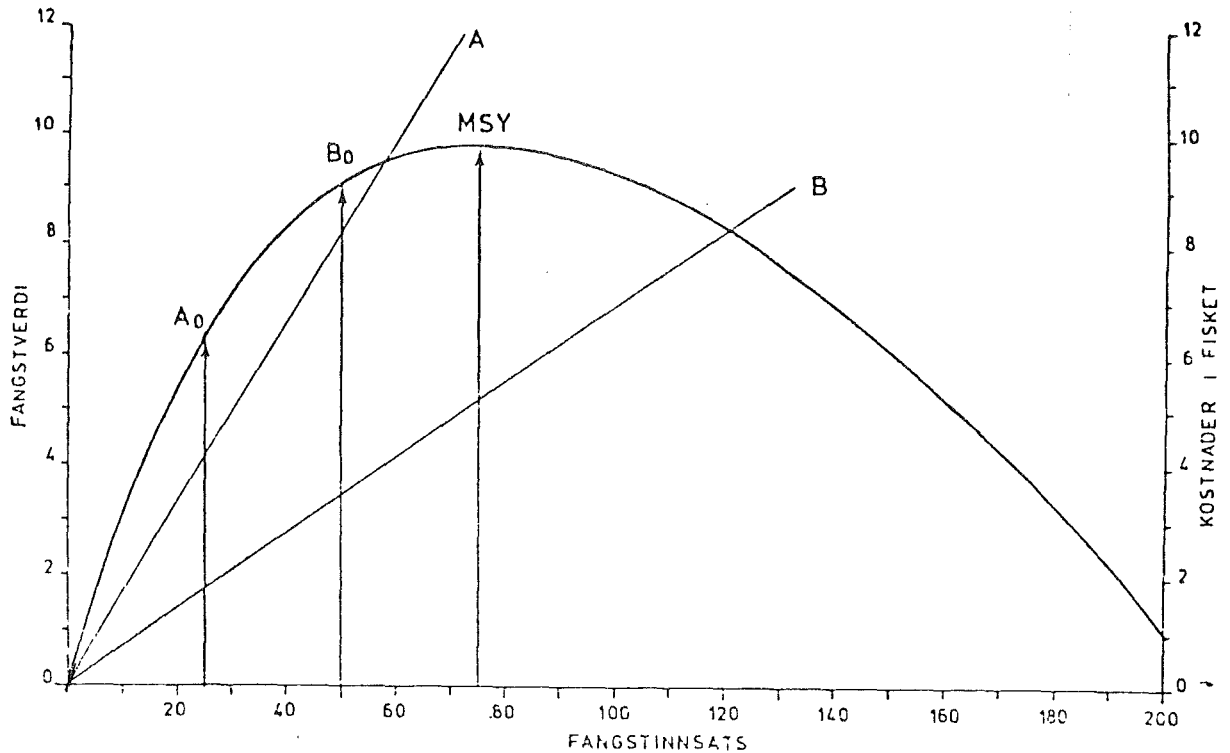


Fig. 5. For nærmere forklaring se teksten.

Linjene A og B viser kostnadene i fisket (høyre vertikalakse) for to forskjellige typer fiskerier. A er som vi ser det "dyreste" alternativ, kostnadene stiger raskt når innsatsen øker. I B-typen er kostnadene forbundet med fisket atskillig lavere.

Størrelsen av det økonomiske overskuddet av fisket framkommer som avstanden mellom kurven for fangstverdi og linjen for kostnader.

Denne avstanden måles parallelt med vertikalaksen. Hvis linjen A gjelder, får vi størst økonomisk utbytte i fisket når forskjellen mellom kostnader og fangst er størst. Dette er som en ser ved punktet A_0 , tilsvarende en fangstinnsats på 25 enheter i dette eksempelet. En merker seg at hvis kostnadene i fisket er så høye som linje A representerer, så skjæres fangstkurven til venstre for punktet som gir MSY. Dette betyr at i et slikt tilfelle er det av økonomiske grunner ikke mulig å sette inn så stor total innsats at en oppnår maksimalt langtidsutbytte. Skulle totalutbytte i dette tilfelle maksimeres,

måtte kostnadene ned eller fangstverdien økes. Det vil si at ved subsidiering av fisket i en eller annen form kunne en også oppnå å øke fangstutbytte i vekt.

Hvis derimot kostnadene er representert som i tilfelle B, så vil en oppnå størst økonomisk utbytte ved punkt B_0 . Den tilhørende fangstinnsats er da dobbelt så stor som i tilfellet A og nærmere den som gir det maksimale langtidsutbyttet (MSY). Dette er det største økonomiske utbyttet. Fisket vil være lønnsomt, men i mindre grad, helt opp til en fangstinnsats som i dette eksempelet er over 120 enheter. Først når den totale innsats overstiger dette, gir fisket økonomisk tap fordi verdien av den totale fangst er mindre enn kostnadene. Det er altså i dette eksempelet mulig å fiske med gevinst selv når fangstinnsatsen er betydelig høyere enn det som vil gi maksimalt utbytte i vekt. En slik situasjon kan medføre overbeskatning.

De økonomiske forhold i fisket har således stor innvirkning på graden av beskatningen. Det er rimelig å regne at våre fiskerier, kanskje særlig snurpefisket, hører hjemme i B typen. Videre er det klart at dersom fisket subsidieres, slik tilfellet er i de norske fiskerier, vil lønnsomheten som begrensende faktorer for beskatningen bli redusert. Og subsidiering av fisket i tidligere år, uten effektive begrensninger i fangstinnsatsen er en medvirkende årsak til de store ressursproblemer man nå har i næringen.

II. FISKEBESTANDER OG BESKATNING

Innledning

Denne del vil omhandle beskatningshistorie, potensielt langtidsutbytte og ressursforvaltning for de viktigste fiskestammene for norsk fiske. Med fiskestamme menes en selvrekrutterende enhet som i ubetydelig grad mottar eller avgir individer til andre (unit stock).

Det er vanlig å dele fiskestammene i to hovedgrupper, pelagiske og demersale fiskearter (bunnfisk). De to gruppene har forskjellige populasjonsdynamiske karakterer. De pelagiske artene er planktonetere, er relativ små men tallrike, de vokser hurtig i sommerhalvåret og oppnår tidlig kjønnsmodning. De er derfor relativt robuste mot beskatning sammenlignet med bunnfiskene, som for det meste er rovdyr, vokser mere jevnt gjennom hele året og oppnår senere kjønnsmodning. På den annen side er de pelagiske artene stimfisk som gjør dem mere tilgjengelig for ekstremt høy beskatning. De er teknisk sett mest utsatt for overbeskatning og er også de som er blitt sterkest desimert i 60- og 70-årene. Dette har sammenheng med den tekniske utvikling i snurpefisket.

I Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet (Færøyane og Island's sokler unntatt) ble det i 1965 totalt fisket 5.1 mill. tonn, hvorav 1.9 mill. tonn var bunnfisk og 3.2 mill. tonn var pelagisk fisk. Av pelagisk fisk utgjorde loddefisket i Barentshavet 0.2 mill. tonn. I 1975 ble det i samme område fisket totalt 6.8 mill. tonn, hvorav 3.9 mill. tonn var bunnfisk og 2.9 mill. tonn var pelagisk fisk. Av sistnevnte kvantum var 1.4 mill. tonn lodde. Dette viser at utbyttet i de tradisjonelle pelagiske fiskeriene (sild og makrell) har gått sterkt tilbake i denne perioden, mens utbyttet av de demersale fiske-slag har økt. Begge deler skyldes økt beskatning, tilbakegangen for sild og makrell overbeskatning.

Norsk fangst i 1975 var på 2.3 mill. tonn totalt.

PELAGISK FISK

De artene som inngår i denne gruppen er makrell (2 stammer) sild (2 stammer) brisling, og lodde (2 stammer). Disse har bidratt med omlag 70% av norsk fangst i vekt i perioden etter 1960. Makrellfisket i Nordsjøen er det fisket hos oss som er blitt underlagt de mest omfattende reguleringer i 1970-årene. Her er de fleste former for regulering blitt anvendt og makrellfisket egner seg derfor særdeles godt for praktiske eksempler på regulert beskatning.

MAKRELL

Bestandsstruktur

I det nordøstlige Atlanterhav finnes to makrellstammer. Den irske stamme som gyter vest av De britiske øyer og Nordsjøstammen som gyter i Nordsjøen og Skagerak. Det norske fisket er hovedsakelig basert på Nordsjømakrell, men i makrellfangstene som fiskes om sommeren inngår også fisk fra den irske stamme. Den irske makrellen er mest dominerende i snurpenotfangstene fra den nordvestlige del av Nordsjøen (Shetlandsområdet). Nedenforstående tabell viser beregnet innblanding av irsk makrell i Nordsjøfangstene basert på merkeforsøk:

År:	1973	1974	1975	1976	1977	1978
%:	59	42	55	46	25	30

Det er ennå uvisst hvorvidt de to stammene er genetisk forskjellige, eller om de til en viss grad blandes.

Utbredelse og vandring

Figur 6 viser hovedutbredelsesområdet for makrellen. Makrellen gyter om våren og sommeren over et stort område. Den irske stammen gyter noe tidligere enn nordsjøstammen. Etter gytingen foregår en beitevandring nordover til området rundt Shetland, både fra de irske farvann og fra Nordsjøen.

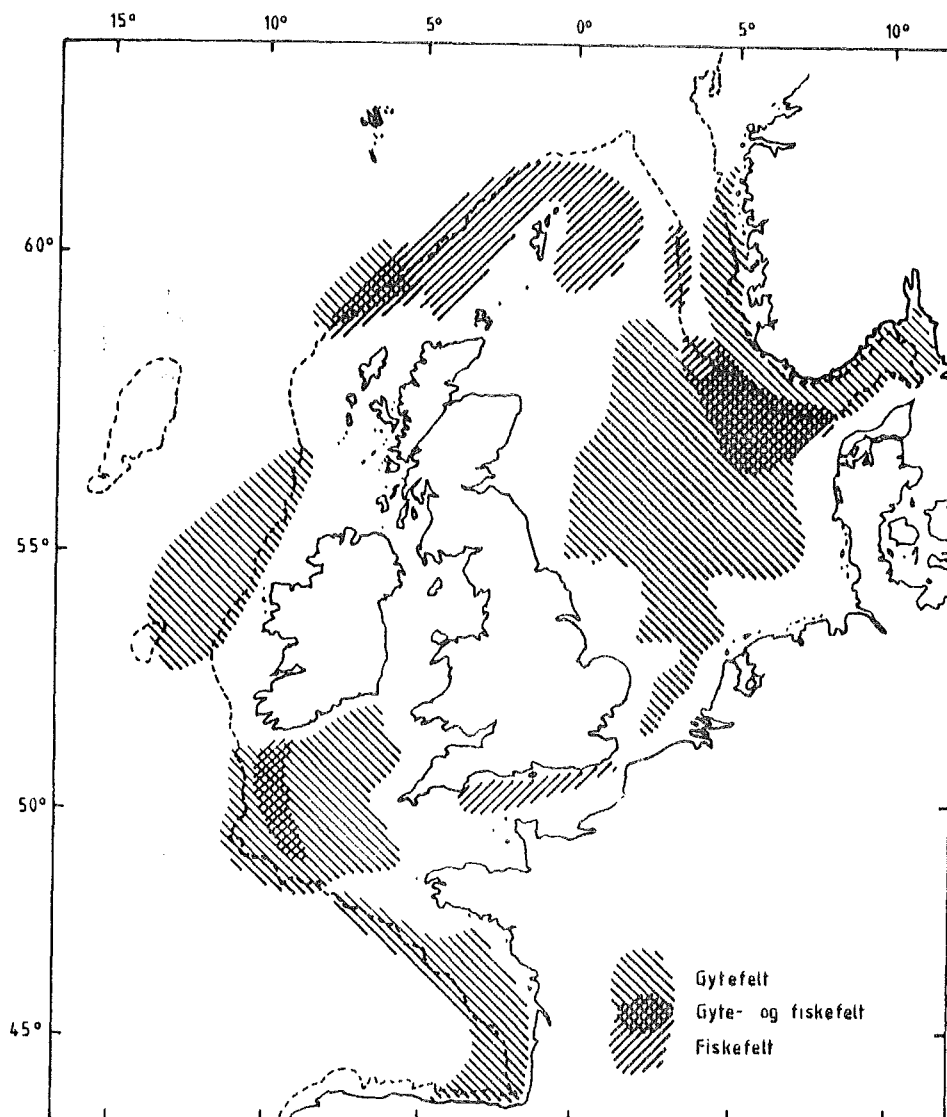


Fig. 6. De viktigste gyte- og fiskefelt for makrell.

Det er ikke mulig å trekke noen skarp grense mellom de to bestandenes opptreden i Nordsjøen om sommeren. I løpet av høsten trekker den irske makrellen ut av området og nordsjømakrellen vandrer mot den sentrale og østlige del av Nordsjøen, spesielt mot Revet vest av Egersund. Her foregikk det meste av snurpefisket etter makrell i 60-årene, med september-oktober som høysesong i fisket.

Når overflatelagene vinteravkjøles går makrellen ned på dypet for å overvintre. Nordsjømakrellen overvintrer i den nordlige del av Norskerenna, og langs eggakanten vest av Shetland, den irske stamme vest av De britiske øyer og i Den Engelske kanal. Om våren når oppblomstringen begynner og overflatelagene igjen

oppvarmes kommer makrellen til overflatelagene for å beite. Når gytetiden nærmer seg sprer den seg igjen over hele Nordsjøen og Skagerak, og over store områder vest av De britiske øyer og sørover i Biskayabukten.

NORDSJØMAKRELL

Beskatning

Øverst i Figur 7 er vist fangst av makrell i Nordsjøen (sør for 62°N og øst for 4°V) i årene etter 1950. Før 1964 varierte totalfangsten av Nordsjømakrell mellom 50 og 100 tusen tonn og Norges andel var omlag 20 prosent. Fisket foregikk med trål, krok og garn. Fra 1965 til 1967 økte den norske fangsten meget sterkt som følge av overgangen til kraftblokk i snurpeflåten, og den norske andel steg til 90 prosent. Siden 1969 er fangstkvantumet blitt betydelig redusert, delvis som følge av reguleringene i det norske makrellfisket. Fangstene fordelt på land de siste 10 årene er

Tabell 2. Makrell. Fangst i Nordsjøen og Skagerrak (ICES områdene IV og IIIa). Tonn.

Land	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978 ¹⁾
Belgia	139	19	85	129	78	145	134	292	49	-
Danmark	10 851	26 753	17 590	2 023	7 459	3 890	9 836	27 988	21 833	18 034
Færøyene	3 080	2 134	3 603	7 551	11 202	18 625	23 424	63 476	42 836 ²⁾	34 194 ⁴⁾
Frankrike	11 353	4 677	9 061	6 882	636	2 254	2 749	2 607	2 529	3 591
Den tyske dem.rep.	399	51	166	346	214	234	141	259	41	233
Forb.rep. Tyskland	1 161	225	407	374	563	270	276	284	-	90
Island	612	1 492	649	687	3 079	4 689	198	302	-	-
Nederland	4 928	2 956	4 945	4 436	2 339	3 259	2 390	2 163	2 673	1 062
Norge ³⁾	683 045	278 631	200 635	160 141	298 877	255 132	241 533	207 867	182 200	89 613
Polen	12	205	130	244	561	4 520	2 313	2 020	298	-
Sverige	10 820	4 407	3 163	4 748	2 960	3 579	4 789	6 448	4 012	3 050
Storbr. (Eng., Wales)	35	35	23	32	31	61	33	89	105	141
Storbr. (Skottl.)	231	148	616	395	2 943	390	578	1 199	1 590	3 658
Sovjetunionen	12 516	718	2 600	611	17 150	8 161	9 330	1 231	2 765	557
Totalt	739 182	322 451	243 673	188 599	348 092	305 209	297 724	316 225	260 931	154 223

1) Foreløpige tall

2) Inkluderer ICES område VI

3) Inkluderer fangster fra ICES område IIa (1973 - 21 573 tonn, 1974 - 6 818 tonn, 1975 - 34 662 tonn, 1976 - 10 516 tonn, 1977 - 1 400, 1978 - 3 867 tonn)

4) Inkluderer fangster fra ICES område IIa (1978 - 283 tonn)

vist i Tabell 2. Snurpefisket ved Shetland begynte i 1970, og en antar at det bare er i 70-årene nordsjøfangstene i vesentlig grad er oppblandet med irsk makrell.

Siden 1965 er over 90% av den norske makrellfangsten tatt med snurpenot og det meste av fangsten anvendt til industriformål. Før snurpefisket ble regulert (1970) foregikk det beste fisket om høsten på feltene vest av Egersund der makrellen samlet seg før den gikk ned på dypet for overvintring. Men det foregikk også et godt snurpefiske om våren på de samme feltene, d.v.s. før makrellen spredte seg for å gyte. Videre foregikk det et mindre snurpefiske om vinteren (januar-april) basert på makrell i overvintringsområdet mellom Vikingbanken og Tampen.

Beregnet bestandsstørrelse og fiskedødelighet for årene etter 1960 for nordsjømakrell eldre enn 3 år (3+) er vist i Figur 7 (midten). Bestandsstørrelsen refererer til årets begynnelse, de beregnede dødeligheter til vedkommende år. Etter 1969 er bestandsstørrelsen beregnet på grunnlag av merkeforsøk, for de tidligere år på grunnlag av fangststatistikken og biologisk prøvetaking (VPA). Naturlig dødelighet $M = 0.15$ er beregnet ved merkeforsøk

Før 1964 antar en at bestanden varierte omkring en størrelsesorden på 3 millioner tonn, og at den ble holdt i likevekt hovedsakelig fra naturens egen side. Fisket var ubetydelig ($F < 0.05$) og bestanden var sterkt underbeskattet. Den sterke bestandsreduksjonen fra 1966 til 1972 skyldes i hovedsak beskatningen ($F = 0.7$ i 1969), men fra 1968 til 1971 var det også dårlig rekruttering (årsklassene 1967 og 1968 var spesielt svake). I 1972 - 1973 har bestanden igjen øket. Dette skyldes god rekruttering fra årsklassen 1969 sammen med omfattende fangstbegrensninger i fisket i 1970-årene. Siden 1973 er bestanden igjen blitt redusert. Dette skyldes meget svake årsklasser rekruttert siden 1970. Og skjønt om bestanden har vært beskattet moderat i 70-årene ($F < 0.25$), bærer den fortsatt preg av den utfisking som fant sted i slutten av 60-årene.

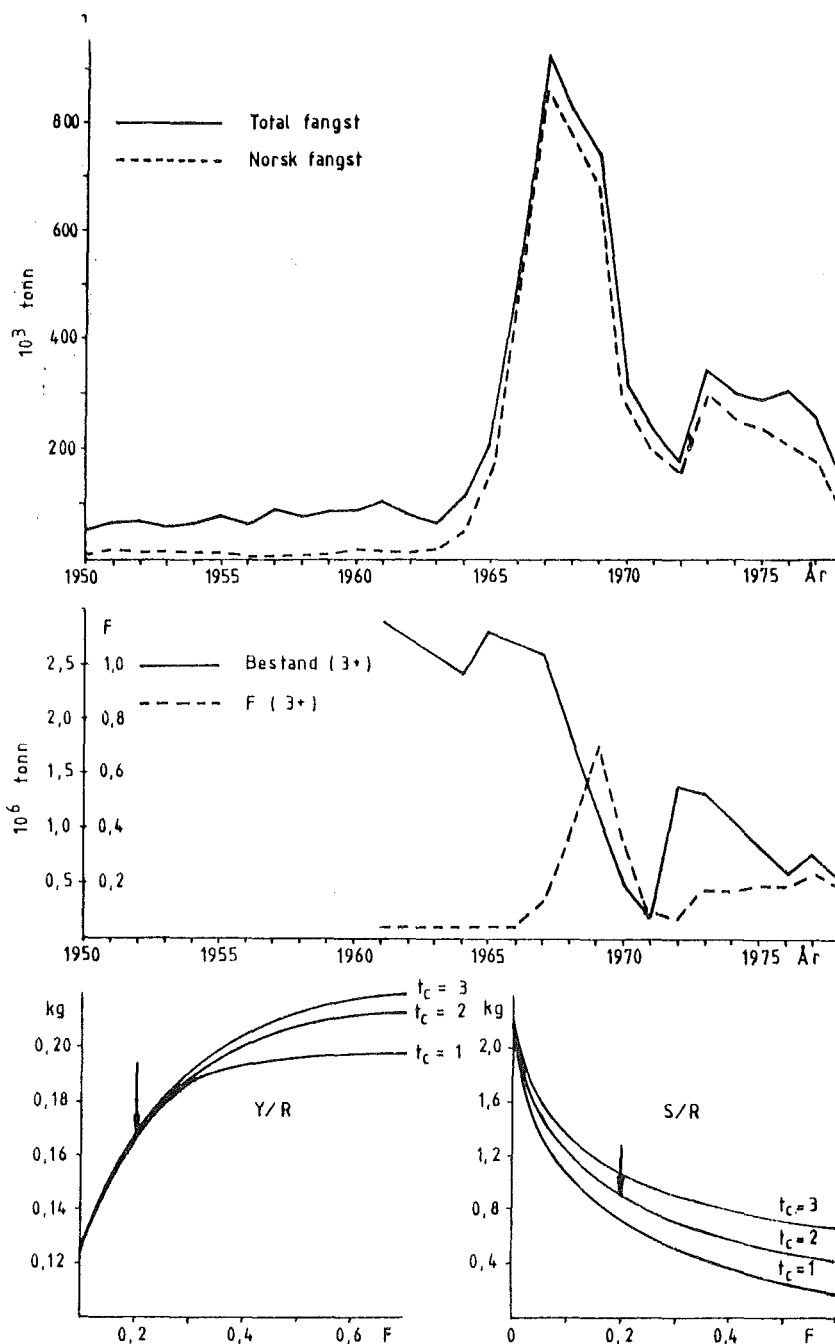


Fig. 7. Fangst (øverst), beregnet bestand og fiskedødelighet (F) av makrell i Nordsjøen over 3 år (midten), og beregnet likevektsutbytte per rekrutt (Y/R) og tilsvarende gytebestand (S/R) som funksjon av F (nederst). t_c = minste fangstbarhetsalder i år. $M = 0.15$. Rekrutteringsalder er 1 år. Pilene viser beskatnings-situasjonen i 1978.

Reguleringer

I første del av 70-årene var den norske fangst av makrell helt dominerende og beskatningen ble regulert ved nasjonale fangstreguleringer. I 1970 - 1972 hadde reguleringene som hovedmål å bygge opp igjen gytebestanden, og fangstkvote ble bestemt etter det minimum av fangst en i næringen kunne akseptere. Den teoretiske analyse som dannet grunnlaget for valget av fangstrategi i 70-årene, gjelder såvel fiskemønster som beskatningsgrad.

Regulering av fiskemønster

Fiskemønsteret ble regulert både ved minstemål og sesongvis fangstbegrensning.

Nederst i Figur 7 er vist beregnet likevektsutbytte per rekrutt og tilsvarende gytebestand for minste fangstbarhetsalder (t_c) lik 1 år, 2 år og 3 år henholdsvis. I det uregulerte snurpefisket ble makrellen tilgjengelig for fangst som 1-åringer om høsten (all fisk antas å ha fødselsdag 1. januar det år de er gytt). Makrellen blir kjønnsmoden som 3-åringer.

Figur 7 viser at når fiskedødeligheten er høy vil en økning av t_c fra 1 til 2 år gi inntil 10% økning i utbytte. Der $F \leq 0,30$ er forventet økning i langtidsutbytte ubetydelig ved en slik regulering. Dette skyldes at makrellen vokser hurtig og oppnår sin maksimale tilvekst i relativ ung alder.

Derimot har minstemålet vesentlig betydning for den tilsvarende gytebestand. For høye verdier av F vil en økning av t_c fra 1 til 2 år øke gytebestanden med henimot 100%. For $F = 0,30$ er økningen omlag 40%.

Et minstemål på 30 cm ($t_c=2$) for makrell til oppmaling ble innført for norske fiskefartøy i 1969. Dette minstemålet ble gjort gjeldende internasjonalt i 1973. Dette ble gjort for å gi bedre muligheter for vekst i gytebestanden.

En har også vurdert å øke t_c til 3 år som tilsvarer et minstemål på ca. 33 cm. Ved jevn rekruttering vil et slikt minstemål ikke kunne gjennomføres i praksis fordi makrellen da er rekruttert til den voksne bestand (som 1 og 2 åringer opptrer den vanligvis i rene stimer). Imidlertid er rekrutteringen svært ujevn idet enkelte årsklasser er svake, andre er sterke. Ved å redusere fangsten i et år det forekommer store innslag av 3-åringer, ville dette på langtidsutbyttet ha samme virkning som en økning av minstemålet. Figur 7 viser at en slik strategi vil øke gytebestanden betraktelig, og er gytebestanden redusert til et ekstremt lavt nivå, kan en slik strategi være aktuell. Dette ble gjort i 1972, da den sterke 1969-årsklassen ble rekruttert. Fangsten i den sørlige del av Nordsjøen ble redusert til et minimum høsten 1972 for å spare 3-åringene. Dette bidro til at reduksjonen i gytebestanden i 1973 ble liten skjønt om årsklassen 1970 var meget svak.

Sesongvis fangstbegrensning

Figur 8 viser vekstkurven for makrell i vekt. Makrellen er planktoneter og beiter kun i sommerhalvåret og den årlige tilvekst i vekt foregår fra april til august. I perioden september - mars går fisken ned i vekt. Konsentrert fiske om ettersommeren og høsten når bestandens biomasse er størst, vil derfor øke utbyttet ved konstant beskatningsgrad.

Ved å simulere en beskatningsform med varierende F gjennom året kan en regne ut hvor mye langtidsutbyttet kan økes ved en slik regulering og hvordan en slik regulering påvirker den bestående gytebestand. Beregningene viser at ved å begrense fangstsesonen til månedene august - oktober kan likevektsutbyttet økes med 15% i forhold til jevn fordeling av F over hele året og med hele 35% i forhold til ren vinterfangst. Gytebestanden vil øke med 20% og 45% henholdsvis. For planktonetende fisk i våre farvann, hvor planktonproduksjonen er sterkt sesongbetont, er dette å "høste om høsten" særdeles viktig for å oppnå maksimalt utbytte. Siden makrellen er sommergyter, er høsten et gunstig tidspunktet for beskatning også for å oppnå maksimal gytebestand.

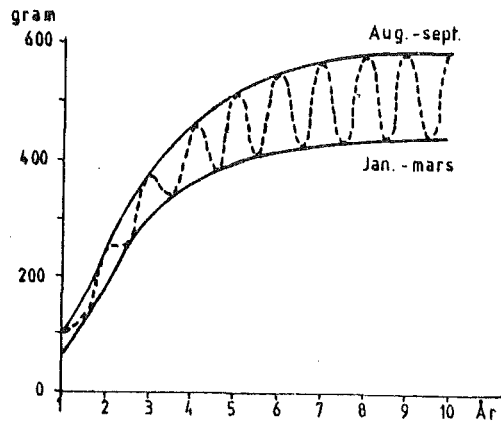


Fig. 8. Vekstkurver for makrell. Øverste kurve viser vekt plottet mot alder for fisk fanget i august-september, nederste kurve for fangst i januar-mars. Den stiplede kurve antyder vekstens sesongvise forløp.

Siden 1970 har det vært innført fangstforbud for makrell til oppmaling for norske fiskere om vinteren og våren. Fisket avsluttes om høsten når årets kvote er oppfisket, og åpnes først i juli neste år. Fiske til konsum begrenses av liten etterspørsel etter makrell om vinteren.

Industrifisket om høsten er også det mest gunstige sett fra et kvalitetsmessig (prismessig) synspunkt. Råstoff til fabrikk betales i henhold til fettinnhold og det er høyest i september (Figur 9).

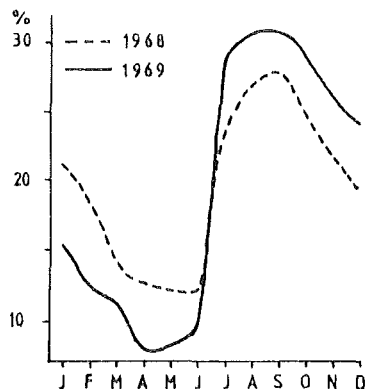


Fig. 9. Fettprosent i makrell for hver måned i årene 1968 og 1969.

Regulering av beskatningsgrad

Kvotereguleringer i makrellfisket i Nordsjøen har vært gjennomført for norske fiskere siden 1970. Det har vært nødvendig for å kunne regulere beskatningsgraden effektivt.

Målsetningen har vært å opprettholde gytebestanden over et visst nivå for å sikre rekrutteringen (sikringstrategi). Den siste sterke årsklasse i nordsjøbestanden er 1969-årsklassen. Denne ble rekruttert fra en foreldrebestand på vel en million tonn (Figur 7), og det har vært en målsetning å holde gytebestanden over dette nivå.

I årene 1970-72 var gytebestanden så langt nedfisket at fisket ble begrenset for å bygge opp gytebestanden til over 1 mill. tonn. Det ble oppnådd ved å innføre totalforbud mot industrifiske i Nordsjøen sør for 60°N for norske fiskere i 1971 og 1972. Siden 1973 har fisket vært regulert med kvoter som har stabilisert fiskedødeligheten på et moderat beskatningsnivå ($F < 0.25$). Likevel har bestanden gått gradvis tilbake og ligger nå på om lag 0,5 mill. tonn (Fig. 7). Dette skyldes dårlig rekruttering. Det var å forvente at årsklassene 1970-71 ville bli svake på grunn av liten foreldrebestand. Men også årsklassene 1972-75 har sviktet og det må ha hatt andre årsaker. Stor naturlig variasjon i årsklassenes styrke ble imidlertid også observert i 60-årene. Bare to virkelig sterke årsklasser ble rekruttert i denne perioden, årsklassene 1962 og 1969. 1965-årsklassen var middels sterk, de øvrige var svake og noen manglet nesten helt. Det kan således ikke kalles unormalt at årsklassene 1972-74 har sviktet, skjønt om foreldrebestanden har vært tilstrekkelig stor til å gi en god årsklasse. Tilfellet med makrellen i Nordsjøen viser således at for fiskebestander med ujevn rekruttering (få sterke, og mange svake årsklasser imellom) er det viktig å velge strategier som betinger relativ stor gytebestand, for å sikre seg mot utfisking i perioder med dårlig rekruttering.

Områderegulering

Som nevnt beskatter nordsjøfisket to bestander, nordsjøstammen og den irske makrellstammen. Hittil er det bare nordsjøstammen som har vært overbeskattet, og har hatt behov for spesiell beskyttelse.

Makrellen fra vest kommer først inn i Nordsjøen ved Shetland i juli, og brer seg sørover om ettersommeren og høsten. Dette vandringsmønsteret medfører at fangster som er tatt i den nord-vestlige del av Nordsjøen i juli-august har inneholdt for det meste irsk makrell, mens fangster tatt i den sørøstlige del har vært dominert av nordsjømakrell.

Ved hjelp av områderegulering i Nordsjøen var det således mulig å beskutte den irske makrell selektivt. Dette ble gjort ved å åpne for makrellfiske i Nordsjøen nord for den 60. breddegrad i begynnelsen av juli, mens industrifiske sør for denne breddegrad først ble tillatt i september. Slike område-reguleringer har vært gjennomført siden 1971. Det viser seg imidlertid at etter hvert som nordsjøstammen er blitt nedfisket, har den irske makrellen trengt lenger sørover i Nordsjøen. Grensen på 60°N har således i stigende grad også hindret fangst på irsk makrell. Denne reguleringen har derfor møtt økende motstand fra fiskerhold og er delvis blitt opphevet i de senere år. Ved å ta bort denne beskyttelse risikerer en imidlertid at nordsjøstammen kan bli utfisket som bifangst i fisket på irsk makrell om sommerene.

Potensielt langtidsutbytte

I 60-årene rekrutterte Nordsjøstammen i gjennomsnitt $1,8 \cdot 10^9$ individer årlig som 1-åringer. Med nåværende beskatningsmønster og beskatningsgrad (avmerket med piler i Fig. 7) tilsvarer dette et årlig langtidsutbytte på ca. 300 000 tonn ($0,17 \cdot 1,8 \cdot 10^9$ kg) og en likevektsbestand på 1,6 mill. tonn ($0,9 \cdot 1,8 \cdot 10^9$ kg). Dette er om lag samme gytebestand som den en hadde i 1968.

Dette er imidlertid en lav beskatningsgrad og tapet i utbytte pr. rekrutt er betydelig. Økte man F for eks. til 0,3 ville beregnet langtidsutbytte med samme beskatningsmønster og rekruttering øke til 340 000 tonn. Men gytebestanden ville gå ned til 1,2 mill. tonn (Fig. 7). Og siden makrellen har ujevn rekruttering kan en så høy beskatning ($F=0.3$), redusere den gjennomsnittlige rekruttering på sikt. Det er således sannsynlig at det maksimale langtidsutbyttet en kan forvente å oppnå fra makrellstammen i Nordsjøen vil bli ca. 300 tusen tonn årlig. De nære fremtidsutsiktene for makrellfisket i Nordsjøen er imidlertid dårlige fordi nordsjøbestanden er blitt så sterkt redusert. Videre kan makrellen fra vest komplisere gjennomføringen av reguleringer som kan forhindre en videre nedfisking av bestanden i de kommende år.

IRSK MAKRELL

Beskatning

Figur 10 viser fangst av makrell i området vest av De britiske øyer (vest av $4^{\circ}V$), i den Britiske Kanal og i Biskaya. Før 1970 lå totalfangsten under 100 000 tonn. Frem til 1976 vokste fangsten til om lag 500 000 tonn og det var i første rekke USSR som økte sitt kvantum i denne perioden. Sovjets makrellkvantum fikk en dramatisk tilbakegang i 1977 da EF innførte 200 mil sone i området. Siden har UK utvidet sitt makrellfiske sterkt. Fangstene fordelt på land er vist i Tabell 3. Som en ser av tabellen har Norge fisket lite i dette området, bortsett fra i årene 1973-74 da vi fisket vel 34 og 32 tusen tonn henholdsvis. I 70-årene har det imidlertid vært fisket betydelige mengder irsk makrell i Nordsjøen, og her er det Norge som har tatt det meste av fangstene.

På vestkysten er makrellen blitt fanget med trål fortrinnsvis, men i de siste årene har UK også bygget opp en snurpeflåte for makrellfisket. Ellers drives det et utstrakt krokfiske på sørkysten av England. Det er markedet som tidligere har begrenset det engelske makrellfisket, men etter at andre fiske-slag er blitt mangelvare, spesielt sild, har makrellen overtatt.

Tabell 3. Makrell. Fangst vest for De britiske øyer (ICES områdene VI, VII og VIII). Tonn.

Land	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978 ¹⁾
Belgia	11	8	2	1	3	7	17	10	1	-
Danmark	-	-	-	-	-	-	-	3	698	8 381
Færøyene	-	-	-	-	635	8 659	1 760	5 539	3 978	12 136
Frankrike	31 356	42 899	33 141	35 354	41 664	37 824	25 818	33 556	35 702	36 758
Den tyske dem.rep.	9	130	93	214	1 733	2 885	9 693	4 509	431	-
Forb.rep. Tyskland	428	783	258	98	559	993	1 941	391	446	28 762
Island	-	90	86	74	52	-	21	10	-	-
Irland	1 615	1 055	3 107	4 592	8 314	8 526	11 567	14 395	23 022	31 909
Nederland	4 441	3 828	3 837	6 166	7 785	7 315	13 263	15 007	35 766	50 555
Norge	-	-	1 611	-	34 600	32 597	1 907	4 252	362	1 826
Polen	2 149	6 054	10 932	13 219	10 536	22 405	21 573	21 375	2 240	-
Spania	21 571	31 368	37 506	31 416	25 677	30 177	23 408	18 480	21 853	20 000 ²⁾
Sverige	-	-	-	-	-	-	-	38	-	-
Storb. (Eng., Wales)	2 692	3 374	4 791	6 923	13 081	21 132	31 546	57 311	132 320	213 347
Storb. (N.Irland)	279	243	315	57	93	75	30	95	97	26
Storb. (Skottl.)	402	807	805	1 412	5 170	8 466	16 174	28 399	52 662	103 514
Sovjetunionen	6 147	13 555	36 390	71 249	65 202	103 435	309 666	262 384	16 396	-
Totalt (ICES medl.)	71 100	104 194	132 774	170 775	215 104	284 496	468 384	465 754	325 974	507 214
Bulgaria	-	-	-	-	4 341	13 558	20 830	28 195	-	-
Romania	-	-	-	-	-	-	2 166	13 222	-	-
Totalt	71 100	104 194	132 774	170 775	219 445	298 054	491 380	507 178	325 974	507 214

1) Foreløpige tall

2) Anslått av ICES Arbeidsgruppe

I de senere år har UK's fiskere også levert betydelige kvanta makrell til østeuropeiske land.

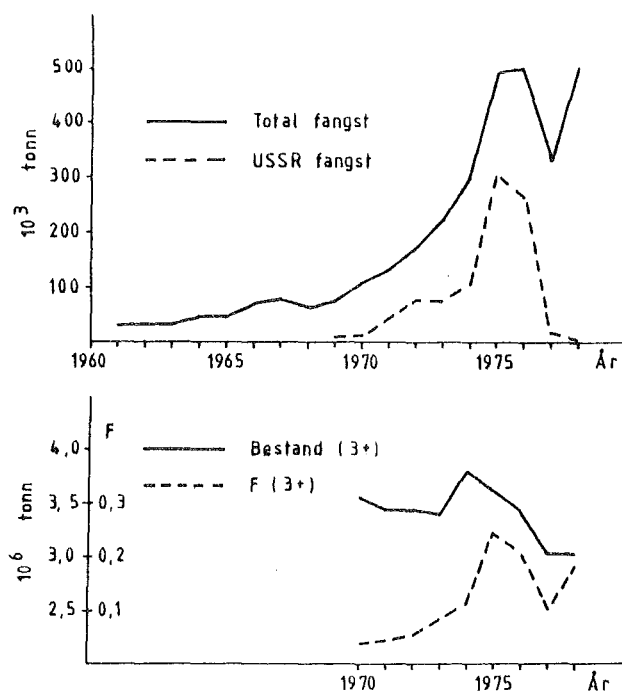


Fig. 10. Fangst (øverst), beregnet bestand og fiskedødelighet (F) av irsk makrell over 3 år.

Nederst i Figur 10 er vist beregnet gytebestand og fiskedødelighet i årene etter 1970. Metoden er VPA med en utgangsbestand beregnet på grunnlag av en undersøkelse av eggmengde gytt i 1977.

Beregningene viser at før 1975 var den kjønnsmodne bestand i størrelsesorden 3,5 mill. tonn, eller om lag av samme størrelse som Nordsjøstammen før den ble fisket ned. Fiskedødeligheten var lav ($F < 0.1$) og bestanden var således underbeskattet. Stammen er fortsatt stor og skjønt om fangsten i flere år har vært opp i 500 000 tonn er beskatningen ennå moderat ($F < 0,2$).

Reguleringer

Det har foreløpig ikke vært gjennomført reguleringer i fisket av betydning. Bestanden er fortsatt en akkumulert bestand, det vil si at den er større enn likevektsnivået for den aktuelle F . En antar at fangsten nå har passert MSY, og at bestandstørrelsen er i sterk tilbakegang.

Det internasjonale havforskerråd har anbefalt fangstbegrensninger som vil stabilisere F på 0,15 som er tilnærmet $F_{0.1}$. Dette vil gi årlige fangstkvoter (TAC) i størrelsesorden 350 - 400 tusen tonn. Med en slik strategi ønsker man å etablere et fiske med høy bestand og lav beskatningsgrad. Foreløpig er disse anbefalingene ikke blitt gjennomført.

SILD

I Nordsjøen, Norskehavet og tilstøtende farvann finnes det et stort antall sildestammer, hvis innbyrdes slektskap er uoversiktlig og lite kjent. Det er store oseaniske stammer som regnes blant de største potensielle fiskeressurser globalt, til små lokale fjordstammer med ubetydelig kommersiell verdi. De to største, høstgytende nordsjøsilde og norsk vårgytende silde, har vært særdeles viktige for fiskerinæringen i fortiden og forvaltningen av disse vil utvilsomt stå sentralt også i

fremtidens fiskeripolitikk. Det er disse to stammene kapitlet om sild i hovedtrekk skal handle om.

NORDSJØSILD

Bestandsstruktur

I Nordsjøen finnes flere stammer, men deres innbyrdes avhengighet er lite kjent. I forvaltningssammenheng har en delt nordsjøsilde i to stammer, en høstgytende stamme som er den største og vårgytende nordsjøsilde. Vårgyterne gyter på Skagerakkysten og beiter i Nordsjøen og Skagerak. Det fanges også sild i Nordsjøen som tilhører sildestammer fra området vest av De britiske øyer. Dette er både høst- og vårgytende sild. Yngel fra disse driver med strømmen inn i Nordsjøen og vokser opp der. Når de blir kjønnsmodne vandrer de tilbake til området der de ble gytt. Det er også sannsynlig at sørlige komponenter av norsk vårgytende sild til visse tider beiter i den nordøstlige del av Nordsjøen.

Sildefisket i Nordsjøen er således basert på en rekke forskjellige stammer. En regner imidlertid med at om lag 80% av fangstene består av høstgytende nordsjøsilde.

Utbredelse og vandring

Figur 11 viser utbredelse av høstgytende nordsjøsilde. En har skilt mellom tre høstgytende hovedstammer, Buchanstammen i nord som var den største og Bank- og Down-silde, som gyttelenger sør langs Englands østkyst. De to sistnevnte ble sterkt redusert i 60-årene, og i 70-årene har området omkring Orknøyene vært det viktigste gytefelt.

Etter klekking driver larvene inn i den sentrale og sørøstlige del av Nordsjøen, og noe av yngelen driver også inn i Skagerak og Kattegat. Den blir kjønnsmoden som 3-åring. Den kjønnsmodne silde beiter om sommeren og høsten i den nordvestlige del av

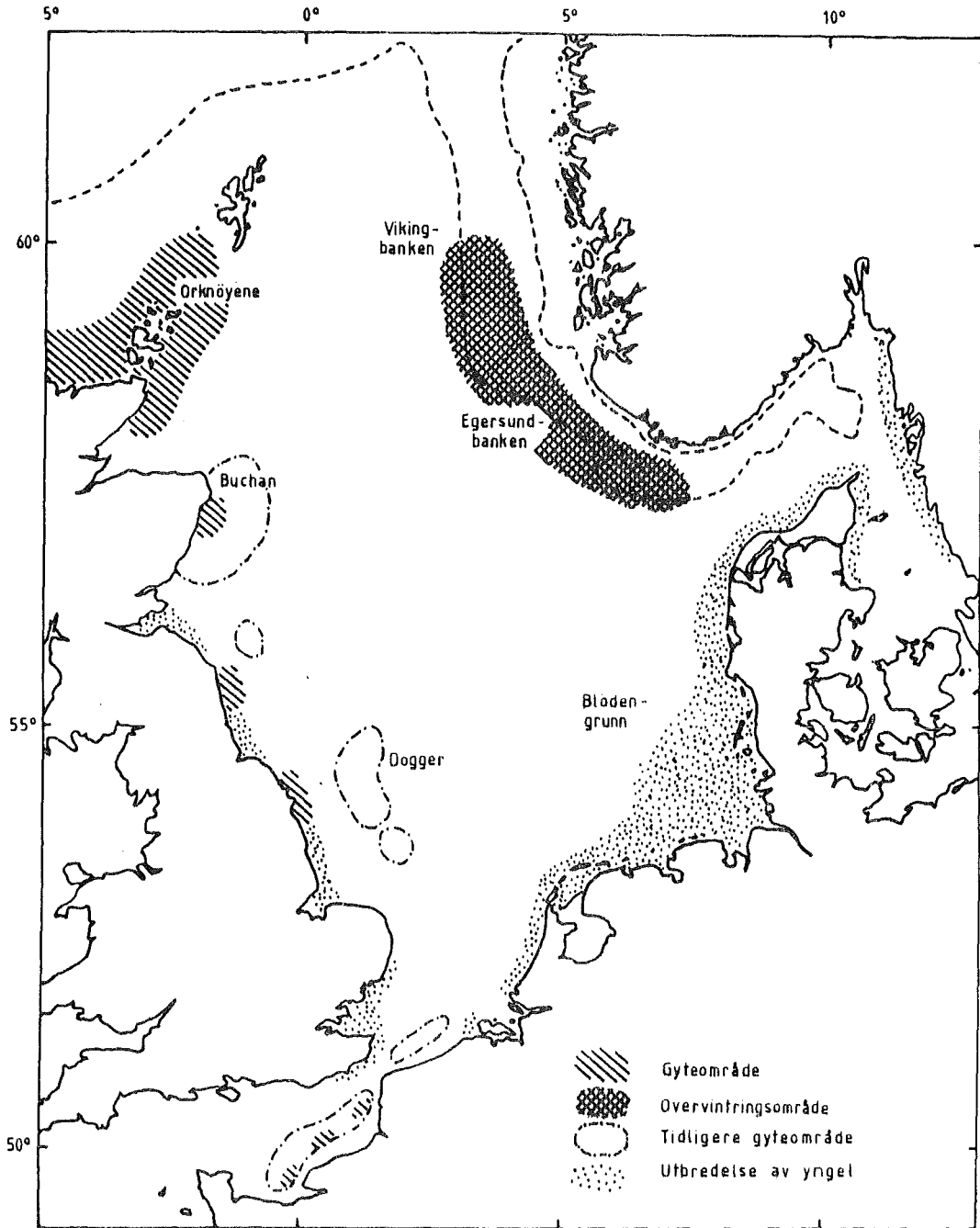


Fig. 11. Utbredelse av høstgytende nordsjøsild.

Nordsjøen. Etter at den har gytt vandrer den østover til bankplatået og revkanten mot Norskerenna. Revkanten fra Vikingbanken og sørover til Egersundsbanken var det viktigste overvintringssted for voksen nordsjøsild den gang stammen var stor (før 1965).

Beskatning

Nordsjøsilde er blitt fisket på alle alderstrinn over 1 år (siden denne silde er høstgyter er den pr. definisjon 1 år eldre enn antall åringer i skjellene). I den sørlige del av Nordsjøen har det foregått et omfattende fiske på umoden sild gjennom hele året. Bløden grunn er et velkjent fiskefelt i denne sammenheng og det er her danskene har tatt det meste av sin sildefangst i årene etter 1950. Den voksne silde er blitt fisket i den nordlige del av Nordsjøen om sommeren og høsten (gyte- og beiteområde) og på bankplatået mot Norskerenna om vinteren og våren (overvintringsområde).

Øverst i Figur 12 er vist fangst av nordsjøsilde siden 1950. Før 1963 lå det årlige utbytte på omkring 650 000 tonn. Fangstene var relativt jevnt fordelt på en rekke land, mens vår andel var ubetydelig. Omlag 25% av det oppfiskede kvantum var småsilde. Da nordmennene begynte sitt snurpefiske (1964) steg utbyttet til 1,2 mill. tonn i 1965, men tilgjengeligheten av silde avtok så raskt at skjønt om fiskeinnsatsen ble mer enn fordoblet begynte utbyttet å synke. Spesielt gjelder det fangsten av voksen silde. Innsatsen i trålfisket på Bløden grunn ble imidlertid også øket i disse årene og siden dette fisket var basert på småsilde, var det bestandsgrunnlag en fisket på uforandret så lenge gytebestanden var stor nok til å opprettholde rekrutteringen. Dette medførte at fangstene i stigende grad kom til å bestå av umoden silde.

Fisket på voksen silde forandret seg også geografisk. Før 1969 ble det meste av den voksne silde fanget i overvintringsområdet på bankplatået mot Norskerenna. Når bestanden ble nedfisket var det denne eldste silde som forsvant først. Fisket ble dermed skjøvet over på førstegangsgyterne, som fanges i Shetlandsområdet før og under gytingen om høsten. Tabell 4 viser fangstene fordelt på land de siste 10 årene.

Tabell 4. Oppfisket kvantum sild fra Nordsjøen (tonn) i årene 1969-1978.

Land	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978 ¹⁾
Belgia	468	1 200	681	1 337	2 160	603	2 451	1 430	57	-
Danmark	180 260	133 331	185 393	213 738	174 254	61 728	115 616	34 841	12 769	2 806
Færøyene	40 640	58 365	45 524	48 444	54 935	26 161	25 834	14 378	8 070	40
Finland	-	-	-	-	-	-	-	1 034	-	-
Frankrike	15 307	11 482	11 408	12 901	22 235	12 548	20 391	14 468	1 613	2 016
Den tyske dem.rep.	-	290	475	127	1 728	3 268	2 289	2 624	2	-
Forb.rep.Tyskland	12 798	7 150	3 570	3 065	10 634	12 470	6 953	1 654	221	-
Island	19 997	22 951	37 171	31 998	23 742	29 017	16 286	9 412	-	-
Nederland	29 769	46 218	32 479	24 829	34 070	35 106	38 416	20 146	4 134	-
Norge	114 938	193 102	125 842	117 501	99 739	40 975	34 183	27 386	4 065	1 189
Polen	9 221	5 057	2 031	2 235	5 738	9 850	7 069	7 072	2	-
Sverige	33 109	34 670	36 880	7 366	4 222	3 561	6 858	4 777	3 616	-
England	6 666	9 702	4 113	394	2 268	5 699	6 475	9 662	3 224	2 652
Skottland	22 053	21 885	25 073	17 227	16 012	15 034	8 904	15 015	8 152	431
Sovjetunionen	61 549	18 078	9 500	16 386	30 735	18 096	20 653	10 935	78	4
Total	546 775	563 481	520 140	497 548	482 472	274 116	312 798	174 834	46 010	9 138

1) Foreløpige tall

I Figur 12 er vist beregnet bestand og fiskedødelighet (VPA) for høstgytende nordsjøsilde 3 år og eldre. Under siste verdenskrig bygget det seg opp store fiskestammer i Nordsjøen. Da fisket ble gjenopptatt etter krigen, var det markedet som i stor utstrekning bestemte størrelsen av fangsttinningsraten. Fangstene stabiliserte seg og de akkumulerte bestandene ble redusert til et tilsvarende likevektsnivå. Nordsjøsilde er et særdeles godt eksempel for å beskrive denne utvikling. Dette fordi den gjennomgikk en relativ lang periode (til 1963) uten særlige endringer i fangsttinningsraten, samtidig som silde er den fiskeart som er best undersøkt og som derfor har det mest omfattende biologiske datamateriale for en historisk beskrivelse av forholdet mellom bestand og beskatning ved VPA.

Figur 12 viser at den akkumulerte bestand var nedfisket til et likevektsnivå på ca. 2 mill. tonn i 1954. I perioden frem til 1965 holdt bestanden seg på dette nivå og de små svingningene en registrerer har sammenheng med variasjonen i styrken av de årsklassene som ble rekruttert. Bestandslikevekt inntrer ved en fiskedødelighet $F = 0.4$ som svarer til en fangst på ca. 500 000 tonn voksen silde årlig. I tillegg ble det fisket ca. 150 000 tonn småsilde.

Etter 1965 skjer det en drastisk reduksjon i bestandsstørrelsen av voksen silde. Dette skyldes i hovedsak den merbeskatning det norske ringnotfisket representerte og som økte F til over 1.0. I 1970-årene fikk en som tidligere nevnt også en betydelig økning i innsatsen i småsildefisket, og i 1976 var bestanden nedfisket til et faretruende lavt nivå. Da det ble innført totalforbud mot fiske etter silde i 1977 antok en at gytebestanden var redusert til under 200 000 tonn. Disse siste beregningene er usikre, fordi tidsaktuelle mål for bestandsstørrelsen (merkeforsøk, akustikk) ikke har vært tilgjengelig for nordsjøsilde.

Nederst i Figur 12 er vist utbytte og bestand per rekrutt for tre forskjellige fiskemønstre, alt etter hvor stor fiskedødelighet som faller på 2 åringene (F_2). Det er småsildefisket

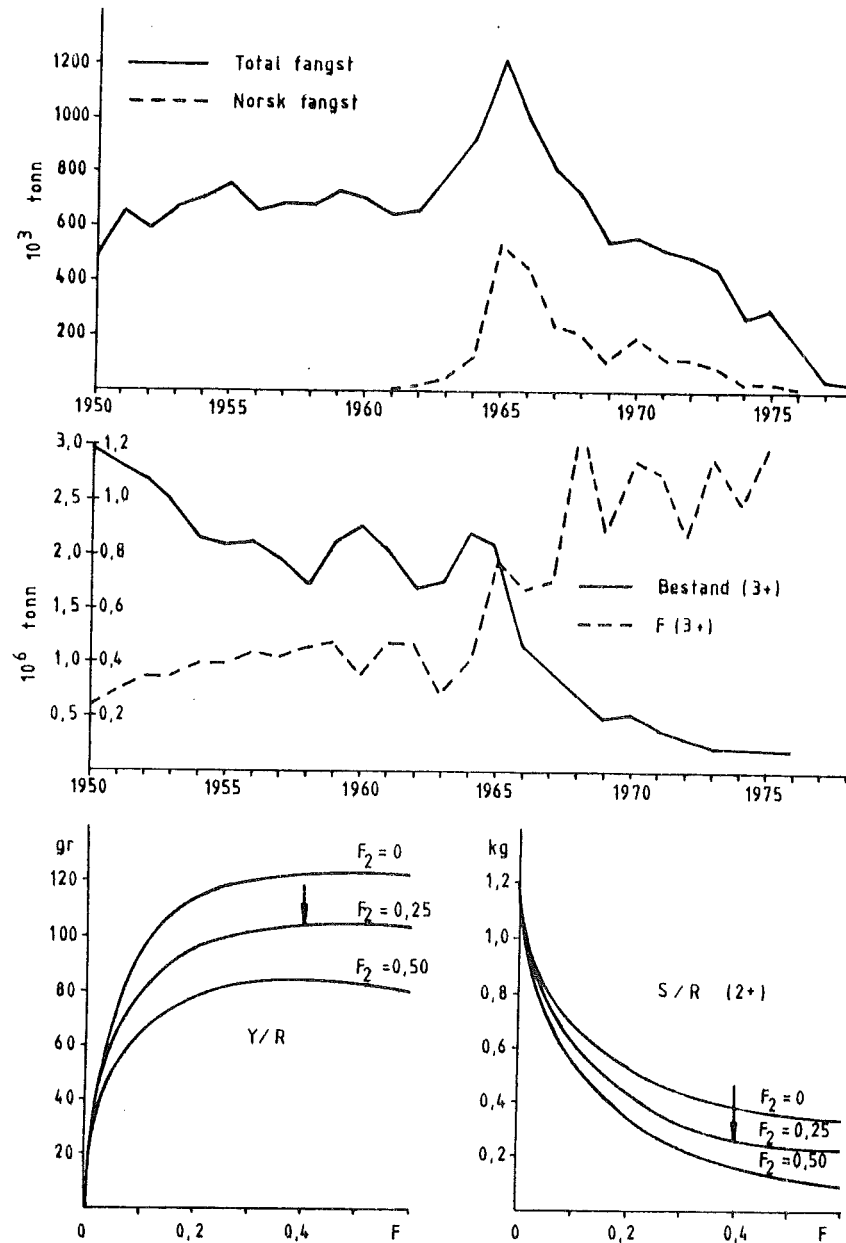


Fig. 12. Fangst (øverst), bestand og fiskedødelighet F (midten), og likevektsutbytte (Y/R) og tilsvarende gytebestand (S/R) per rekrutt som funksjon av fiskedødelighet (nederst) for høstgytende nordsjøsil. Rekrutteringsalder 1 år. $M = 0.1$. F_2 angir fiskedødelighet for 2-åringer. Pilene angir beskatningssituasjonen i årene før 1964.

som bestemmer størrelsen av F_2 og pilene i figuren angir den beskatningssituasjon en hadde i årene før 1964. Da nordmennene begynte å fiske sild i Nordsjøen var denne sildestammen allerede maksimalt beskattet ($F_{\max} = 0.4$). En videre økning i fiske-

innsatsen på voksen sild kunne således ikke øke utbyttet på sikt, men bare føre til en mindre gytebestand. Dersom dette også ville medføre redusert rekruttering ville utbyttet reduseres tilsvarende. Etter 1968 er det en viss utflating i bestandskurven som kan tyde på at et nytt likevektsnivå var i ferd med å etableres med en gytebestand på 500 000 tonn. Men etter at innsatsen i småsildfisket også ble økt ble det sammenbrudd i bestanden.

Reguleringer

Til tross for klare prognoser om hva som var i ferd med å skje i nordsjøsildefisket, var det ikke mulig å komme frem til internasjonale avtaler som kunne forhindre sammenbruddet i bestanden. I perioden før 1964 hadde det også foregått en debatt om begrensninger i småsildfisket uten at noe skjedde. Kravet om en optimalisering av beskatningsmønsteret ble nok forsterket da innsatsen økte i 60-årene, men som rimelig var ble det norske snurpefisket nå utpekt som hovedansvarlig for den overbeskatning silda ble utsatt for. De nasjonale særinteresser var forskjellige. Danskene som fisket småsild på Bløden grunn ville ikke gå med på reguleringer (minstemål) som ensidig rammet deres fiske, skjønt om man innså at småsildfisket var urasjonelt. Og nordmennene ville nødig begrense sitt fiske så lenge småsildfisket foregikk uregulert. Norge måtte eventuelt begrense fisket på nasjonal basis fordi at inntil 1973 hadde man ingen lov som hjemlet internasjonale kvotereguleringer for fisket i Nordsjøen.

Etter at loven om internasjonale kvotebegrensninger i NEAFC's (North East Atlantic Fisheries Commission) regi ble vedtatt i 1973, ble nordsjøsildefisket kvoteregulert. Men på grunn av uenighet om fordelingen landene imellom ble kvotene satt så høyt at avtalene fikk liten fangstbegrensende virkning. Og i 1977 så man ingen annen utvei for å redde restene av nordsjøsilde enn å innføre totalforbud. Bifangster av sild i andre fiskerier er unntatt fra forbudet som foreløpig er gjort gjeldende til 1981.

Potensielt langtidsutbytte

Før 1965 var som tidligere nevnt beskatningen maksimal ($F=0.4=F_{\max}$). Med det beskatningsmønster en da hadde ($F_2 \approx 0.25$), ga nordsjøsilde et årlig gjennomsnittsutbytte på ca. 650 000 tonn. Utbytte per rekrutt med denne beskatningsform er beregnet til 100 gr. (Fig. 12), d.v.s. at dette gjennomsnittlige årsutbytte svarer til en gjennomsnittlig rekruttering på vel 6.5 milliarder individer pr. årsklasse.

Dersom det ble innført totalforbud i småsildfisket ($F_2=0$) ville utbyttet per rekrutt øke til 120 gr ved $F=0.4=F_{\max}$. Med samme rekruttering vil denne beskatningsformen således kunne gi et årlig likevektsutbytte på ca. 800 000 tonn. Et forbud i småsildfisket ville videre føre til at gytebestanden øket til omlag 2.5 mill. tonn. Det er således realistisk å anta at ved en optimalisert fangststrategi vil den høstgytende nordsjøsilde kunne gi et årlig langtidsutbytte på 800 tusen tonn.

NORSK VÅRGYTENDE SILD

Bestandsstruktur

Den atlantoskandiske sildebestand omfatter 3 hovedstammer, norsk vårgytende sild, som er den største, islandsk vårgytende sild og islandsk sommergytende sild. De islandske stammene gyter ved sør- og sørvestkysten av Island. Disse ble sterkt overbeskattet i 60-årene og ble i årene 1970-74 totalfredet. Siden 1975 har en tillatt et begrenset fiske på den sommergytende bestanden som har vært voksende i fredningsperioden. Vårgyterne derimot synes å være helt nedfisket. Gytefeltene for atlantoskandisk sild er vist skjematisk i Figur 13.

Siden norsk vårgytende sild er dominerende blant disse sildestammene er uttrykket atlantoskandisk sild blitt brukt som betegnelse for den norske vårgytende silde. Tidligere var denne sildestammen Europas største fiskeressurs, men i slutten av 60-årene ble den voksne bestand helt nedfisket.

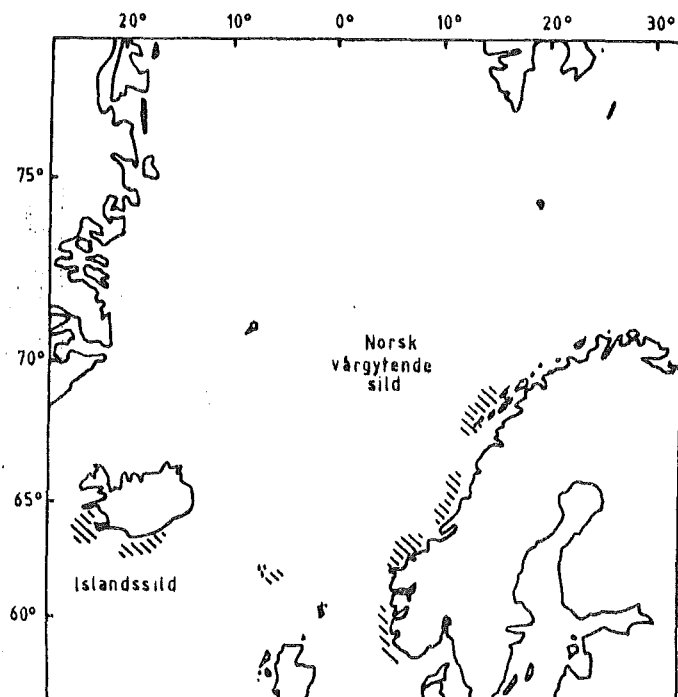


Fig. 13. Gytefelt for atlantoskandisk sild.

En liten del overlevde som ungsild og da denne ble kjønnsmoden forandret den livsmønster. Sildas livsmønster må derfor beskrives i to epoker, før og etter 1970.

Livsmønster før 1970

Silda gytte i februar-mars langs kysten av Vestlandet og nordover til Lofoten (Fig. 14). Frem til slutten av 1950-årene forekom hovedgytingen fra Jæren til Møre og det var bare i enkelte år det ble registrert vesentlig gyting lengre nord. I 60-årene har så og si all gyting foregått nord for Stad med Møre som viktigste gytefelt.

Det viktigste beiteområdet for kjønnsmoden sild var området mellom Island og Jan Mayen, særlig i blandingsområdet mellom kaldt og varmere vann i Norskehavet. Etter at beiteperioden var over i september, samlet den seg i et overvintringsområde øst av Island, i kaldtvannet på vestsiden av Golfstrømmen. Ved årsskiftet begynte den vandringen mot norskekysten for å gyte.

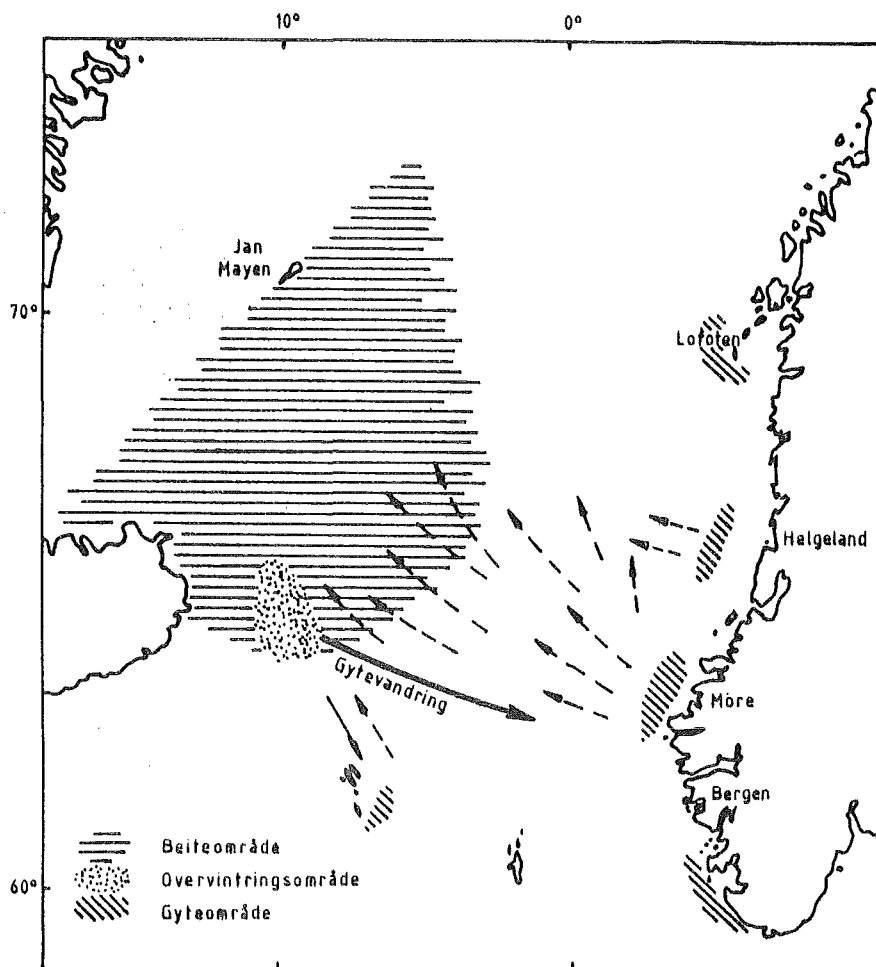


Fig. 14. Utbredelse og vandringer for den voksne bestand av norsk vårgytende sild.

Etter hvert som den eldre del av bestanden ble nedfisket forskjøv utbredelsesområdet seg nordover og i slutten av 60-årene foregikk sommer og høstfisket av sild mellom Bjørnøya og Jan Mayen. En fant et nytt overvintringsområde sør av Bjørnøya, og en antar at denne silda gytte i Lofoten.

Sildelarvene klekkes i april og driver nordover med kyststrømmen. En del av yngelen vokste opp i fjordene, men i gode yngelår havnet storparten av ungsilda i Barentshavet og i den nordøstlige del av Norskehavet. Den ble kjønnsmoden etter 5 år og gikk da inn i livssyklusen til den voksne bestand.

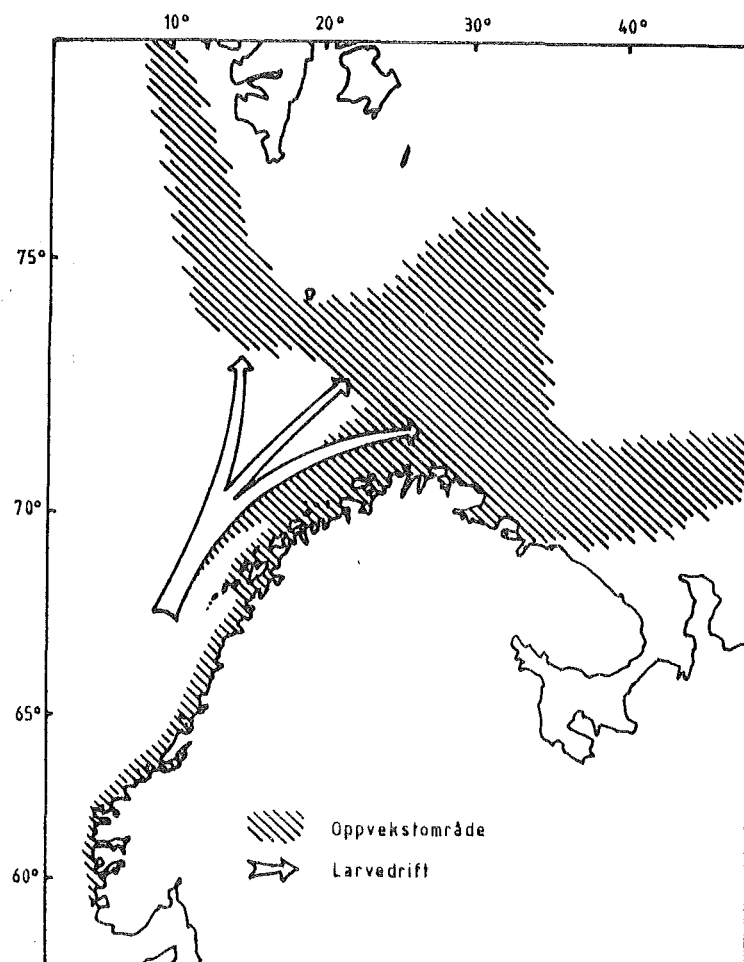


Fig. 15. Utbredelse av umoden norsk vårgytende sild.

Livsmønster i 70-årene

I årene 1970-72 ble det ikke observert gytende sild på de vanlige gytefelt, det ble så og si ikke funnet larver i kyststrømmen og årsklassene fra disse årene mangler nå nesten helt i bestanden. Den voksne del av denne sildestammen var oppfisket.

Høsten 1970 ble det innført et minstemål på sild til oppmaling på 20 cm, og i 1971 ble det forbud mot å anvende sild til oppmaling generelt. Disse reguleringstiltak forhindret at 1969-årsklassen ble oppfisket som feitsild. En del av årsklassen vokste opp i fjordene på Møre, men det meste har vokst opp som ungsild i Barentshavet eller i den nordøstlige del av Norskehavet. Vinteren 1971 registrerte loddefiskerne sild av

denne årsklassen i den sørlige del av Barentshavet. Siden forsvant den fra dette området.

Høsten 1972 ble det observert sild i Ingøydjupet. Det var sild fra 1969-årsklassen på vei mot land for å gyte. I løpet av vinteren 1973 vandret den sørover mot Lofoten og gytte på Røstbanken i mars 1973. Samtidig gytte det litt sild på Møre. Det var også sild fra årsklassen 1969. Etter at silda hadde gytt, vandret den ikke til havs slik den gjorde i tidligere år, men ble stående ved kysten å beite til ut på høsten. Livsmønsteret til norsk vårgytende sild ble dermed totalt forandret. En nordlig komponent har siden beitet på kysten av Nordland fra mai til ut i september. Den samler seg i Vestfjorden om høsten, og går senere inn i fjordene i Lofoten for overvintring. I februar vandrer den ut av Lofoten og sørover mot kysten av Møre og Trøndelag hvor den gyter i mars. En sørlig komponent beiter og gyter på Sunnmøre og overvintrer i fjordene i Romsdalen (Aure). Noe av denne silda har i senere år vandret sør for Stad og gytt der. I den sørlige komponenten forekommer det en del høstgytende sild. Det meste gyter imidlertid om våren.

Beskatning

Figur 16 viser fangst av norsk vårgytende sild etter 1950. Frem til midten av 50-årene økte fangsten av sild til 1,6 mill. tonn. Det meste var voksen sild fisket under gyteinnsiget til norskekysten om vinteren. 0,2 - 0,4 mill. tonn var småsild og feitsild fisket på norskekysten og i Barentshavet. Den norske fangsten var dominerende og utgjorde før 1955 over 90%.

I årene 1957-58 ble Norges fangst av sild halvert og reduksjonen skyldes svikt i vintersildfisket. Reduksjonen i totalfangsten ble imidlertid langt mindre, fordi russerne økte sitt fiske betydelig i disse årene og Norges andel i utbyttet falt til om lag 50%. Fra 1963 økte også islendingene sitt fiske sterkt. I midten av 60-årene vokste totalfangsten til et

maksimum på nærmere 2 mill. tonn i 1966. USSR, Island og Norge fisket i disse årene omlag 1/3 av totalfangsten hver. Island fisket om sommeren og høsten når silda beitet i islandske farvann. USSR fisket sild både i beiteområdet ved Island og på norskekysten. Norge fisket fortsatt det meste av sitt kvantum på norskekysten, voksen sild om vinteren under gyteinnsiget og umoden sild om sommeren og høsten. Umoden sild ble en stadig større del av det norske sildekquantum etter hvert som den voksne bestand ble nedfisket.

Sammenbruddet i dette sildefisket foregikk over en mye kortere periode enn i Nordsjøen. Fra 1967 til 1969 sank den totale sildefangst fra 1,7 mill. tonn til 0.07 mill. tonn. Dette har sammenheng med denne sildas senere vekst og kjønnsmodning som gjør den mere sårbar for nedfisking.

Beregnet gytebestand og beskatning (fiskedødelighet) er vist i Figur 16. I perioden før 1950 antar en at bestanden varierte omkring en størrelsesorden av 10 mill. tonn alt etter styrken av de årsklasser som ble rekruttert. Beskatningen var moderat, i størrelsesorden $F = 0.15$.

1950-årsklassen var særdeles sterk og i midten av 50-årene økte bestanden til 10 mill. tonn. Samtidig økte fiskedødeligheten til $F = 0.2$ hvor den holder seg relativt uforandret til i 1962.

I årene 1957-63 foregår det en sterk reduksjon i den voksne bestand. Denne tilbakegang skyldes i hovedsak manglende rekruttering til den voksne bestand og i denne sammenheng var det norske småsildfisket av avgjørende betydning for bestandsutviklingen.

Det norske småsildfisket er et fiske som har foregått i lang tid. I Figur 17 er vist årlig fangst siden 1930. Fangstene varierer sterkt med gode perioder på 2-4 år når en sterk årsklasse rekrutteres. Men også i normale og dårlige rekrutteringsår var ungsildfisket betydelig, i størrelsesorden

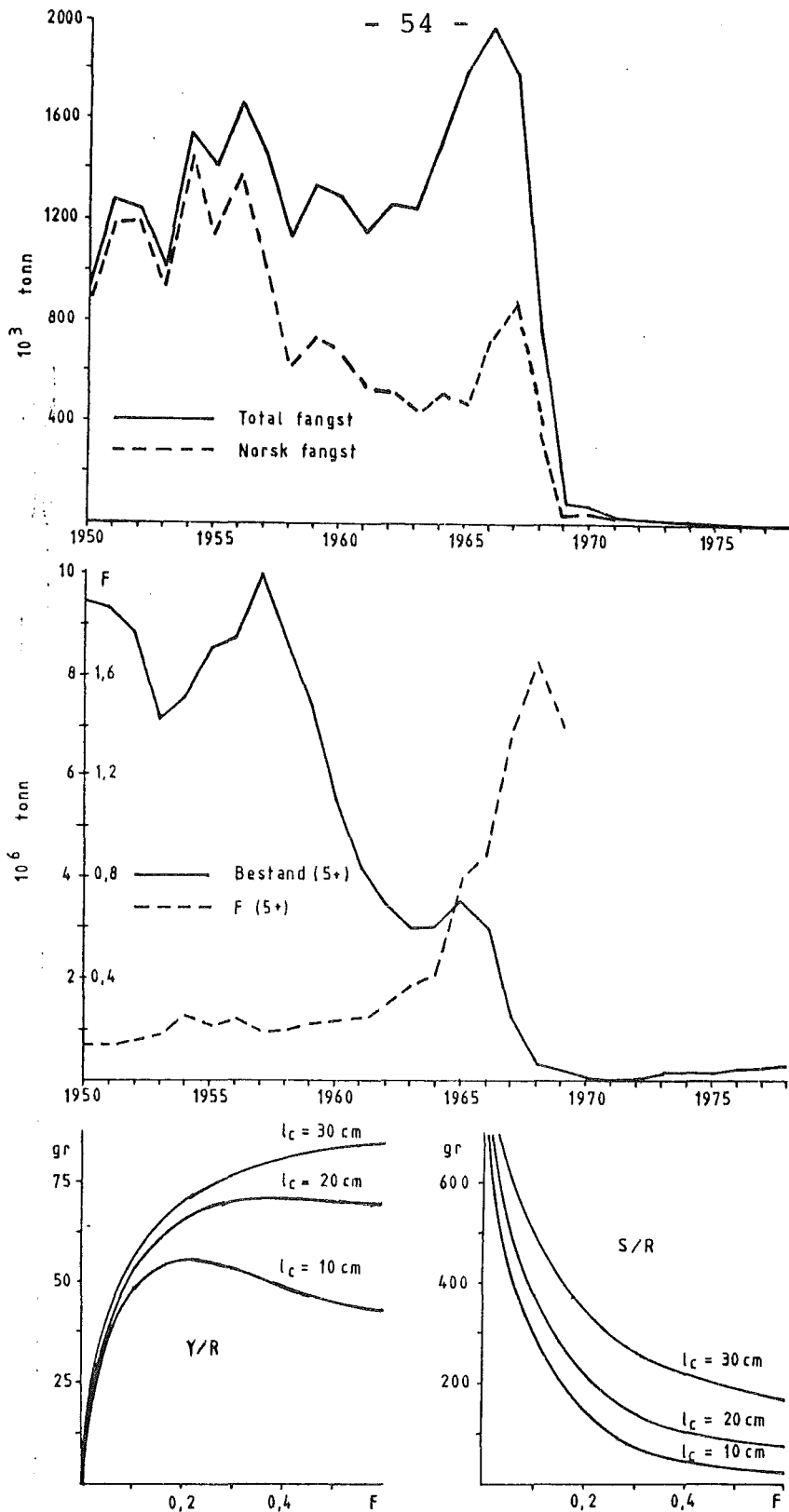


Fig. 16.: Fangst (øverst), bestand og fiskedødelighet F (midten) for norsk vårgytende sild eldre enn 5 år. Nederst i figuren er vist beregnet utbytte (Y/R) og gytebestand (S/R) per rekrutt for ulike minstemål (l_c) som funksjon av F . $M = 0.15$, rekrutteringsalder $\frac{1}{2}$ år.

200 000 tonn, og det var i de årene det fikk en særdeles ugunstig virkning på rekrutteringen til den voksne bestand.

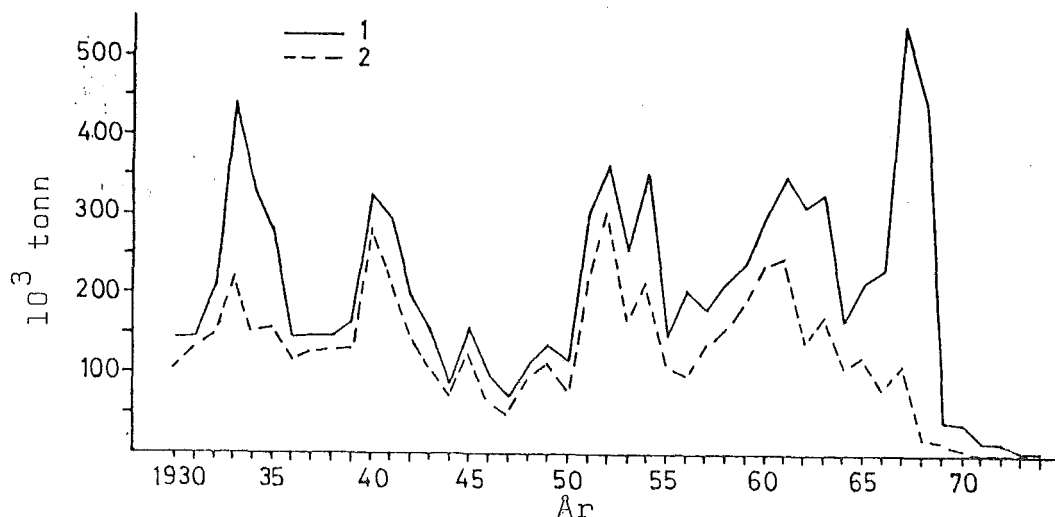


Fig. 17. Fangst av umoden norsk vårgytende sild i årene 1930-1974. 1 = totalfangst (små- sild + feitsild). 2 = fangst av småsild.

Virkingen av ungsildfisket på de ulike årsklassene før de ble kjønnsmodne er vist i Figur 18 (årsklassene 1950-1969). Figuren viser tilbakeberegnet antall individer (milliarder individer) i hver årsklasse som 0-gruppe og som 4- år gammel sild (VPA). En ser at normalt ble det som 0-gruppe rekruttert 10-20 milliarder individer per årsklasse. To markerte topper, 1950 og 1959, gir årsklasser med 95 og 75 milliarder ind. henholdsvis. Dette sier noe om rekrutteringspotensialet i denne ressursen sammenlignet med for eksempel nordsjøsilde som har en beregnet normalrekruttering på 0-gruppestadiet på 7-8 mill. individer per årsklasse. De som var blitt svake årsklasser i den voksne bestand på grunn av småsildfisket viser seg å ha vært betydelige som 0-gruppe sild. I virkeligheten var det ingen årsklasse før 1965-årsklassen som har vært svakere enn en normal nordsjøsilde-årsklasse. Men beskatningen av ungsildbestanden i form av småsild og feitsild var så sterk at dersom årsklassen rekrutterte mindre enn 10 milliarder individer på 0-gruppestadiet, ble den så og si helt oppfisket før den ble 4 år gammel.

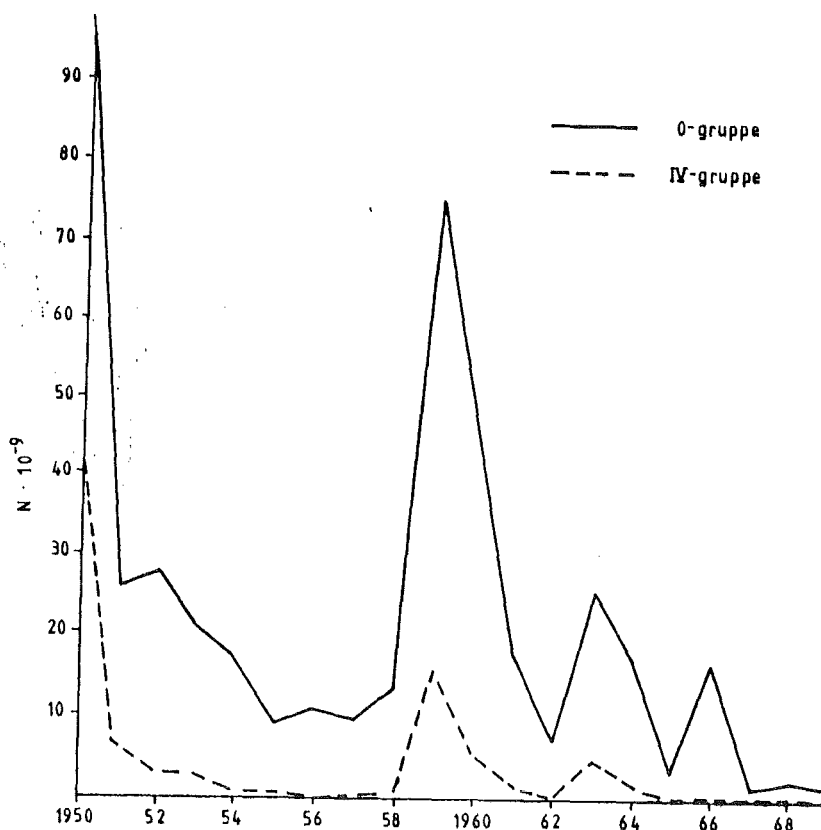


Fig. 18. Beregnet antall (milliarder individer) sild i årsklassene 1950-1969, som 0-gruppe og som 4-år gammel sild.

I 1963 var gytebestanden på 3 mill. tonn (Fig. 16). Årsklassen 1963 ble på $26 \cdot 10^9$ individer. I 1964 og 1966 ble det rekruttert $17 \cdot 10^9$ individer fra samme bestandsnivå. Dette viser at formeringsevnen i bestanden var høy også i 1960-årene. Det er blitt hevdet at sammenbruddet i sildestammen kunne skyldes naturlig svikt i rekrutteringen. Det er ikke i overensstemmelse med observasjonene.

Etter at Island innførte kraftblokken i sin snurpeflåte og begynte sildefiske til havs (1962) økte beskatningen av den voksne silda dramatisk (Fig. 16).

I årene 1964 og 1965 ble det rekruttert to påfølgende sterke årsklasser (1959 og 1960) til den voksne bestand. Likevel ble det bare en ubetydelig økning i gytebestanden. Samtidig

ble norsk fangst av ungsild økt betydelig (Fig. 17) og de relativt gode årsklassene 1963-64 og 1966 ble oppfisket før de rakk kjønnsmoden alder. Sammenbruddet i bestanden kom således som en følge av ekstremt høy beskatning både på moden og umoden sild.

Som tidligere nevnt overlevde det sild fra årsklassen 1969 i to adskilte områder, på Sunnmøre og i Barentshavet. Disse ga opphav til ny vekst i den voksne bestand fra 1973. Denne silda har holdt seg i norske kystfarvann hele året og utviklingen i bestanden i 70-årene er blitt overvåket ved merkeforsøk og biologisk prøvefiske.

Tabell 5. Bestandsstørrelse (antall $\cdot 10^{-6}$) per årsklasse for den nordlige (N) og sørlige (S) gytekomponent i 1977 og 1978.

År	Årsklasse				Σ
	1975	1974	1973	eldre	
1977	(N)	167	386	142	695
	(S)	7	30	6	43
	Sum	174	416	148	738
1978	(N)	185	301	111	597
	(S)	6	39	25	73
	Sum	6	224	326	670

Resultatet av undersøkelsene viser at de to komponentene av 1969-årsklassen som overlevde 60-åra har gitt opphav til to adskilte gytestammer. En som gyter på Sunnmøre og overvintrer ved Aure i Romsdalen og en som gyter fra Buagrunden og nordover og som overvintrer i Lofoten. Tabell 5 viser størrelse og alderssammensetning i de to stammene beregnet på grunnlag av gjenfangster av merket sild. Beregningene viser at den nordlige stamme var ca. 15 ganger større enn den sørlige i 1977.

Begge domineres av årsklassen 1973, d.v.s. 1969-årsklassens første årskull. Fra 1977 til 1978 er der vekst i den sørlige bestand, mens den nordlige er redusert i antall. Dødeligheten er beregnet til vel 30% og er i sistnevnte tilfelle større enn rekrutteringen.

I Tabell 6 er vist beregnet gytebestand i antall og vekt i årene 1973 - 1978 med Tabell 5 som utgangsbestand i en VPA. Beregningene viser at mindre enn 100 000 tonn av 1969-årsklassen overlevde som kjønnsmoden sild. I årene 1973 til 1975 var der ingen vekst i gytebestanden. Årsklassene 1970 og 1971 så og si mangler i bestanden og 1972-årsklassen er meget svak. I 1976 får vi en viss økning. Dette fordi om lag 40% av 1973-årsklassen blir kjønnsmoden som 3-åringer. Den mest betydelige vekst i gytebestanden skjer i 1977. Da modnes resten av 1973-årsklassen samtidig som nærmere 70% av årsklassen 1974 blir kjønnsmoden som 3-åringer.

I 1978 ble det ingen vekst i gytebestanden. 1975-årsklassen ble ikke moden som 3-åringer og 1974-årsklassen som i stor grad ble kjønnsmoden som 3-åringer er ikke sterk nok til å kompensere for dødeligheten.

Tabel 6. Gytebestand i antall og vekt 1973 - 1978.

År	antall x 10 ⁻⁶							gytebestand i 1000 tonn
	Alder							
	3	4	5	6	7	8	9	
1973	18	289	9	14	6	3	5	93
1974	6	21	237	3	2	1	1	71
1975	44	4	6	194	1	1	1	81
1976	237	57	1	3	159	1	-	124
1977	174	416	22	-	-	126	-	200
1978	6	224	326	14			100	200

Årsklassen 1969 har gitt opphav til nye årskull som i kjønnsmoden alder er større enn foreldrebestanden. Dette forhold viser at sildestammen nå er i vekst. Men vekstmarginen er ikke stor, særlig dersom en tar hensyn til de usikkerheter som er i de data disse beregningene bygger på. En merker seg også at en vesentlig grunn til at bestanden vokser er at alder ved første gangs kjønnsmodning er gått betraktelig ned sammenlignet med 50- og 60-årene. Dette skyldes økt vekst. Denne vekstøkning er vist i figur 19. En ser at veksten har øket gradvis siden 1950 og er sannsynligvis tetthetsbestemt.

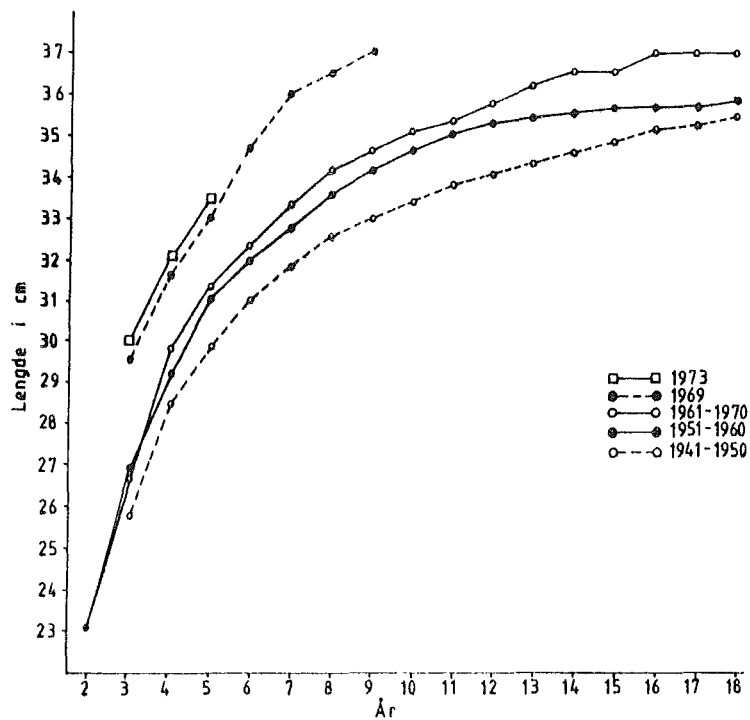


Fig. 19. Vekstkurver for årsklassene 1969 og 1973 sammenlignet med normalveksten for norsk vårgytende sild i tidligere perioder.

Reguleringer

Høsten 1970 ble det innført et minstemål for sild til oppmaling på 20 cm. Siden januar 1971 har det vært forbud mot oppmaling av norsk vårgytende sild. Disse reguleringene ble innført nasjonalt. I årene 1972 til 1974 ble fisket regulert med kvoter i henhold til en avtale mellom USSR, Island og Norge og i 1975 og 1976 etter kvoteavtale i NEAFC regi. Det var relativt små kvoter disse avtalene tillot og i 1976 ble det innført totalforbud mot all fangst av sild for omsetning. Siden har Norge regulert fisket på nasjonal basis. I 1977 og 1978 ble det tillatt kvoter i størrelsesorden 10 000 tonn og det ble innført minstemål på 25 cm. I 1979 ble det igjen innført totalforbud. Det har således vært ført en restriktiv beskatningspolitikk for sild i 70-årene. Likevel har veksten i gytebestanden vært liten (Fig. 16). Det tar lang tid å bygge opp igjen en utfisket bestand.

Potensielt langtidsutbytte

Nederst i Figur 16 er vist kurver for utbytte- og gytebestand pr. rekrutt for 3 forskjellige minstemål (l_c). Et minstemål på 10 cm tilsvarer det fiskemønster en hadde i årene før 1970, d.v.s. da fisket var uregulert.

I årene 1960-66 varierte gytebestanden mellom 3 og 5 millioner tonn, og gjennomsnittlig rekruttering per årsklasse var i størrelsesorden $20 \cdot 10^9$ individer på 0-gruppestadiet. I 50-årene var gjennomsnittlig rekruttering $30 \cdot 10^9$ individer pr. årsklasse.

Med utgangspunkt i 60-årenes rekrutteringspotensial vil et uregulert fiske ($l_c = 10$ cm) gi et forventet maksimalt langtidsutbytte (MSY) på 1,1 mill. tonn ($F_{\max} = 0,2$). Tilsvarende gytebestand blir 3 mill. tonn. Med minstemål på 20 cm får man henholdsvis 1,4 mill. tonn utbytte og 3 mill. tonn gytebestand ved $F = F_{\max} = 0,3$. Andre aktuelle fangststrategier er:

l_c	F	Utbytte	Bestand
20	0,2	1,3 mill. tonn	4 mill tonn
25	0,3	1,5 " "	4 " "
25	0,2	1,4 " "	5 " "
30	0,3	1,6 " "	5 " "

Et minstemål på 30 cm vil si at all fangst av umoden sild blir forbudt. Dette er en urealistisk fangststrategi. På norskekysten ville det i tilfelle bare kunne fiskes sild under gyteinnsiget om vinteren. En slik strategi ville også føre til en uforholdsmessig stor ungsildbestand (i størrelsesorden 5 mill. tonn) som blant annet kunne få negativ effekt på rekrutteringen til loddestammen i Barentshavet. Det synes derfor rimelig å anta at en fremtidig optimalisert fangststrategi også vil tillate fangst av umoden sild mellom 20 og 30 cm. Med 60-årenes rekrutteringspotensial vil en da kunne forvente et årlig langtidsutbytte i størrelsesorden 1,3 - 1,5 mill. tonn.

BRISLING

Bestandsstruktur

Brislingen i Nordsjøen og Skagerak består sannsynligvis av flere gytebestander. Ressursmessig behandles den i to bestandsenheter, nordsjøbestanden og bestanden i Skagerak og Kattegat. Vårt kystfiske som er basert på umoden brisling (hovedsakelig 1-åringer) beskatter brislingstammen i Skagerak. Nordsjøstammen utgjør imidlertid hovedressursen hva angår brisling i dette området. Ellers finnes det også brislingstammer vest av De britiske øyer. Utbredelse og viktige fiskefelt er vist i Figur 20.

Utbredelse og vandring

Brislingen som det norske kystfisket er basert på gyter i Skagerak og Kattegat. Gytingen foregår om sommeren (april-

juli) og egg og larver driver med kyststrømmen nordover langs norskekysten. Om høsten vandrer 0-gruppen inn i fjordene, fra Vestlandet og nordover til Troms. Neste sommer og høst danner 1-åringene grunnlaget for det tradisjonelle norske brislingfisket på kysten. En regner med at det meste av brislingen som driver nordover langs norskekysten blir oppfisket før den blir kjønnsmoden. Det vil si at gytebestanden blir rekruttert av brisling som vokser opp i Skagerak og Kattegat.

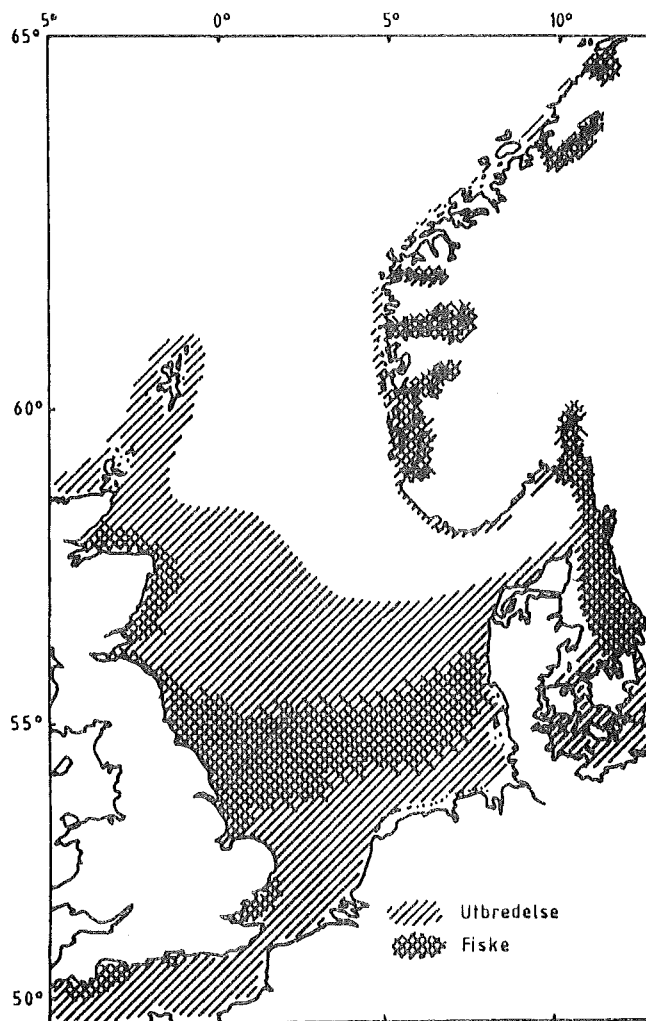


Fig. 20. Utbredelse og viktige fiskefelt for brisling.

Nordsjøstammen gyter og vokser opp i Nordsjøen. Det er funnet brislingegg i dette området så å si hele året, men hovedgytingen foregår fra april til juli (som i Skagerak). Typiske mønstre for larvedrift og vandringer er ikke kjent, og en antar at stammen er relativt stasjonær på alle alderstrinn.

Det forekommer imidlertid vandringer mot den Engelske kysten om vinteren hvor brislingen konsentreres i stimer. Om våren vandrer den ut i havet igjen og sprer seg over et mye større område i beitetiden.

Beskatning

Fangst av brisling på norskekysten, Skagerak og Kattegat i årene 1969-78 fremgår av Tabell 7. På kysten av Vestlandet er fangsten i størrelsesorden 5000 tonn årlig. I Skagerak og Kattegat er fangsten blitt betydelig økt i senere år, fra 20 000 tonn i 60-årene, til over 60 000 tonn i årene etter 1973.

Tabell 7. Brisling. Fangst i Skagerrak og Kattegat i 1000 tonn.

År	SKAGERRAK			KATTEGAT		Vestnorske fjorder	Total
	Danmark	Sverige	Norge	Danmark	Sverige		
1969	0.8	1.9	1.7	0.8	1.6	11.8	18.6
1970	1.1	2.4	2.4	3.1	6.0	6.4	21.4
1971	0.7	2.4	2.9	1.5	9.6	4.4	21.5
1972	0.8	3.3	2.4	1.4	17.9	6.9	32.7
1973	19.4	2.5	3.2	19.3	16.2	8.8	69.4
1974	17.3	2.0	1.2	31.6	18.6	3.3	74.0
1975	14.9	2.1	1.9	69.7	20.9	2.9	112.4
1976	12.8	2.6	2.0	20.4	13.5	0.6	61.9
1977	7.2	2.2	1.2	53.3	9.8	5.4	79.1
1978	23.1	2.2	2.7	36.1	9.4	5.2	78.7

Fangsten på nordsjøstammen i årene 1965 - 1978 fremgår av Figur 21. Fordelingen på land er vist i Tabell 8. Før 1972 var totalfangsten under 100 000 tonn, og fangsten var fordelt på Danmark, Tyskland og Storbritannia hovedsakelig. Fisket foregikk med trål. I midten av 70-årene stiger totalfangsten til over 600 000 tonn. Danmark fisker fortsatt mest, men nå har også Norge og Færøyane utviklet et betydelig brislingfiske. Norge og Færøyane fisker med snurpenot, mens Danmark fortsatt fisker med trål. Det meste av fangsten går til oppmaling.

Tabell 9. Brisling. Fangst i Nordsjøen (ICES område IV) i 1000 tonn for perioden 1968 - 1978. Data fra ICES arbeidsgruppe.

Land	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978 ¹⁾
Belgia	0.4	0.4	0.6	0.1	0.1	0.2	+	+	+	+	+
Danmark	18.1	18.5	24.8	29.8	43.2	140.9	165.6	326.2	306.6	179.9	205.1
Færøyene	-	-	-	-	-	-	4.2	42.9	45.4	2.2	-
Frankrike	1.0	0.1	+	+	-	+	0.3	0.1	-	+	-
Den tyske dem.rep.	-	-	-	-	-	-	1.7	4.9	6.5	1.4	-
Forb. rep. Tyskland	16.7	6.3	7.6	5.1	1.7	11.0	17.5	0.5	1.7	5.3	-
Nederland	1.0	3.6	1.5	1.0	0.4	+	+	0.2	+	+	-
Norge	-	-	-	0.9	6.3	3.4	9.5	147.2	109.9	22.2	87.6
Polen	+	-	-	-	+	+	-	9.4	10.5	+	-
Sverige	-	-	-	-	-	1.0	2.2	11.0	7.9	1.5	-
England	8.8	7.5	15.1	25.7	21.8	35.6	28.9	35.4	50.4	52.1	53.9
Skottland	26.4	34.4	13.3	22.2	33.4	52.3	49.8	14.3	30.8	37.8	31.7
Sovjetunionen	-	-	-	1.2	0.8	17.9	33.9	49.1	51.8	1.6	-
Total	72.4	70.8	62.9	86.0	107.7	262.3	313.6	641.2	621.5	304.0	378.3

1) Foreløpige tall

+ angir kvantum mindre enn 100 tonn

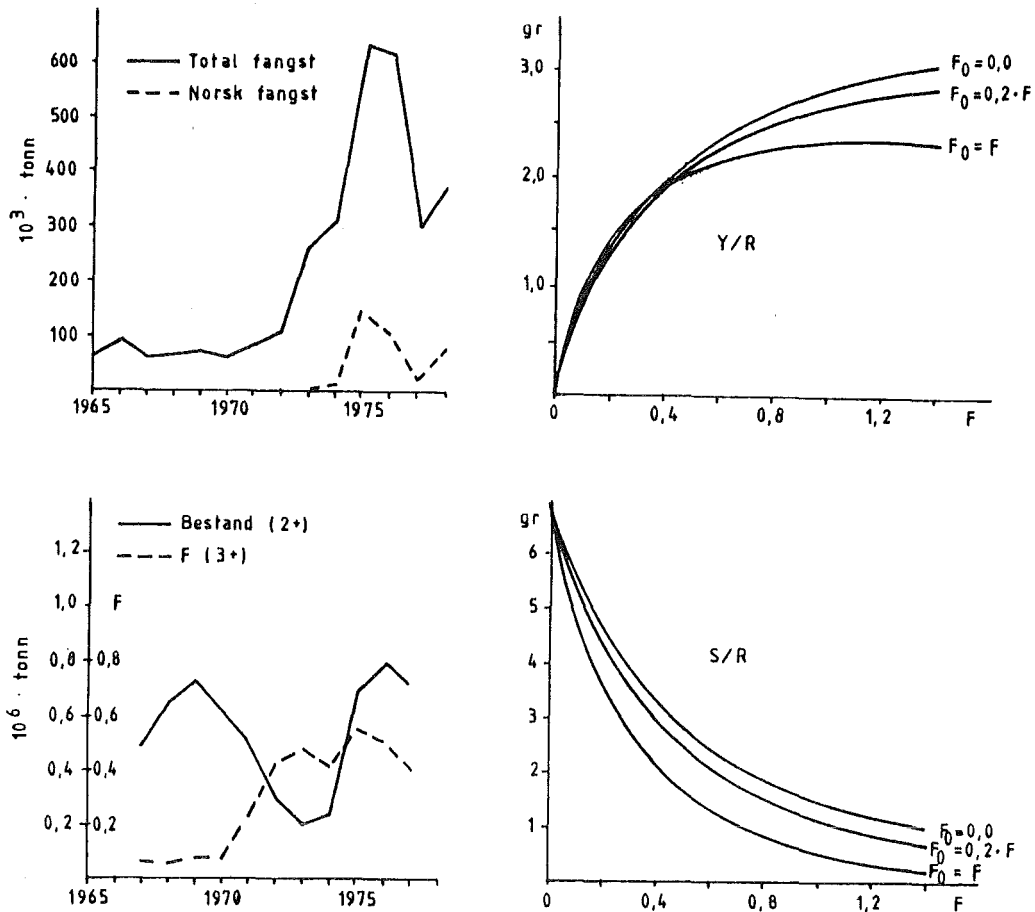


Fig. 21. Fangst, bestand og fiskedødelighet F , og utbytte (Y/R) og gytebestand (S/R) per rekrutt for brisling i Nordsjøen. $M = 0.8$ rekrutteringsalder $\frac{1}{2}$ år. F_0 angir fiske-dødelighet på 0-gruppe fisk.

Beregnet størrelse av nordsjøbestanden i årene 1965-78 er vist i Figur 21 (VPA). Brislingen gyter som 2-åring. Den har kort levetid og fisket er derfor basert på få årsklasser. Bestandsgrunnlaget varierer derfor sterkt, med variasjon i årsklassens styrke, fra 0,5 mill. tonn i 1972 til 1,3 mill. tonn i 1976. Tre påfølgende sterke årsklasser, årsklassene 1973 til 1975, ga opphav til det rike fisket i 1975 og 1976.

Før 1971 var fiskedødeligheten lav ($F < 0.1$). Siden 1972 har fiskedødeligheten ligget på 0.4 - 0.6. Det er en moderat beskatningsgrad i det brislingen har høy naturlig dødelighet ($M=0.8$; $E=0.3-0.4$).

Reguleringer

Det har hittil ikke vært gjennomført reguleringer i brislingfisket av hensyn til beskatningen når det gjelder stammen som gyter i Skagerak og som er grunnlaget for brislingfisket langs norskekysten. ICES anbefalte imidlertid å begrense fangstene til 80 000 tonn årlig i 1977 og 1978.

Fisket på nordsjøstammen var regulert ved en NEAFC-regulering i 1976 med en TAC på 650 000 tonn. Siden har en ved bilaterale avtaler vedrørende fiske innenfor hverandres økonomiske soner kvoteregulert brislingfisket i Nordsjøen. På grunn av brislingens korte levetid er det vanskelig å fremskaffe pålitelige bestandsprognoser til bruk i forvaltningen. ICES foreslår derfor at når det ikke foreligger data om særdeles gunstig rekruttering, bør årsfangsten begrenses til 400 000 tonn.

Potensielt langtidsutbytte

Brislingen fanges på alle alderstrinn, inkludert 0-gruppen. I Figur 21 er vist kurver for utbytte pr. rekrutt og tilsvarende bestand for nordsjøstammen. Beregningene er gjort med en naturlig dødelighet $M = 0,8$, for 3 forskjellige verdier av fiskedødeligheten på 0-gruppestadiet. Rekrutteringsalder er $\frac{1}{2}$ år.

Den antatte naturlige dødelighet er usikker, men det er hevet over tvil at M er høy. Dette gir brislingen populasjonsdynamiske karakterer som er forskjellige fra sild og makrell i våre farvann og som minner sterkt om dynamikken i en tropisk fiskebestand.

Når det gjelder utbytte er det karakteristisk for slike bestander at F_{\max} er høy. For brislingener $F_{\max} = 0.8$ dersom fiske rammer 0-gruppen like sterkt som andre alderstrinn ($F_0 = F$). I motsatt fall ($F_0 < F$) får man ingen F_{\max} idet utbytte per rekrutt stadig øker med voksende F .

I praksis er fiske av 0-gruppe brisling betydelig mindre enn for eldre fisk. Nåværende beskatningsmønster tilsvarer $F_0 = 0.2 \cdot F$. Med nåværende beskatningsgrad ($F=0.5$) er det således lite å vinne i utbytte ved en eventuell minstemålsregulering (<5%).

For bestander med høy M blir gytebestanden relativt liten i forhold til utbytte. Sammenligner vi forholdet utbytte/gytebestand mellom for eks. brisling og nordsjøsilde ved normal beskatning ($F=0.2$, $F=0.5$ og $F_2=0.25$, $F=0.4$ henholdsvis) ser en at for brislingen vil likevektsutbytte være om lag like stort som gytebestanden mens for silde er det bare 1/3 av gytebestanden. For høye beskatningsgrader blir forskjellen mindre. Dette fordi gytebestanden for silde reduseres fortere med voksende F enn for brisling. Brislingen er mindre følsom overfor økt beskatning.

Heller ikke av bestandshensyn er det mye å vinne ved å forandre det nåværende beskatningsmønsteret for brisling. Imidlertid bør ikke fangsten av 0-gruppe brisling økes da det kan føre til en vesentlig reduksjon i gytebestandens størrelse.

Gjennomsnittlig rekruttering på 0-gruppestadiet (0.5 år) for årsklassene 1967-76 er beregnet til 175 milliarder individer. Langtidsutbytte og tilsvarende gytebestand er 2.3 gram pr. rekrutt med nåværende beskatning ($F_0=0.2F$, $F=0.5$). Med samme rekrutteringspotensial som i 10-årsperioden før 1977 tilsvarer dette et årlig langtidsutbytte og gytebestand på 400 000 tonn.

LODDE

Bestandsstruktur

I Norskehavet og Barentshavet finnes to store loddestammer, den islandske loddestamme og Barentshavslodda. Videre forekommer det mindre lokale bestander i fjordene på nord- og

Østkysten av Grønland og på norskekysten. Disse er av liten betydning fiskerimessig sett. Hovedutbredelsen av stammene er vist i Figur 22.

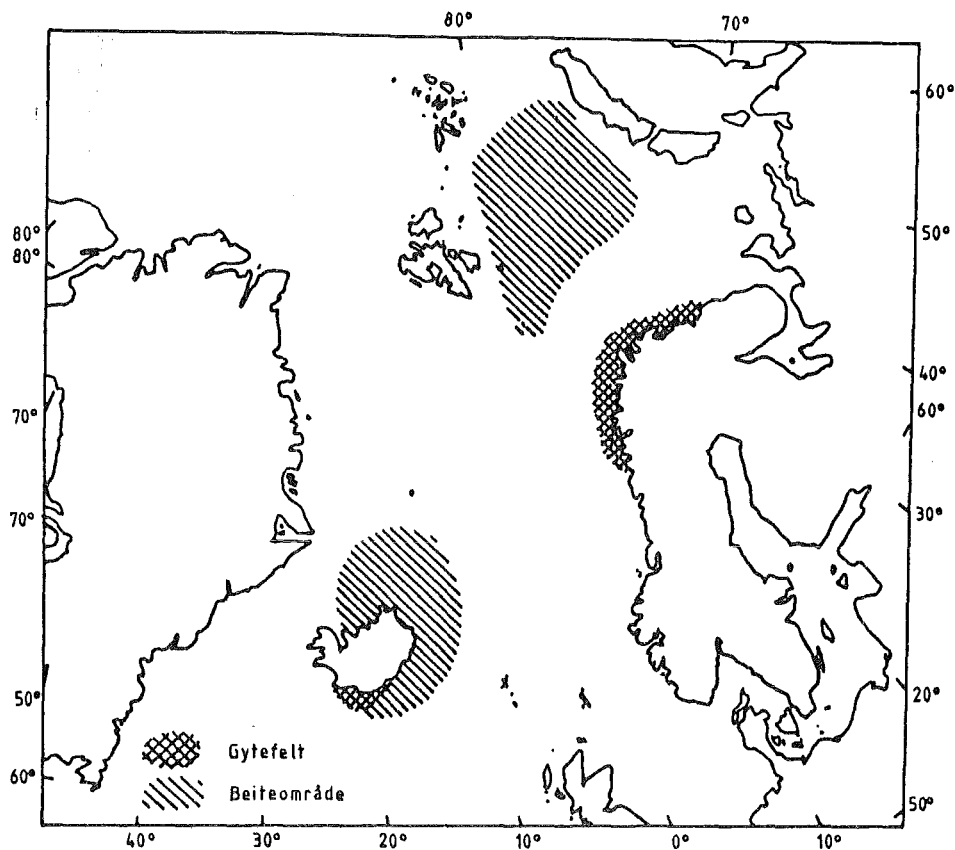


Fig. 22. Gyte- og beiteområder for lodde.

LODDE I BARENTSHAVET

Utbredelse og livsmønster

Lodda gyter i mars-april hovedsaklig, men det forekommer også litt gyting om sommeren. Hovedgytingen foregår på kysten av Øst-Finnmark, men det foregår også gyting på kysten av Murmansk. Vestlige gyteinnsig forekommer i enkelte år på kysten av Vest-Finnmark og Troms. Figur 23 viser gyteinnsiget av lodde vinteren 1979. De vestlige innsig kommer vanligvis først i sesongen og blir sterkest beskattet.

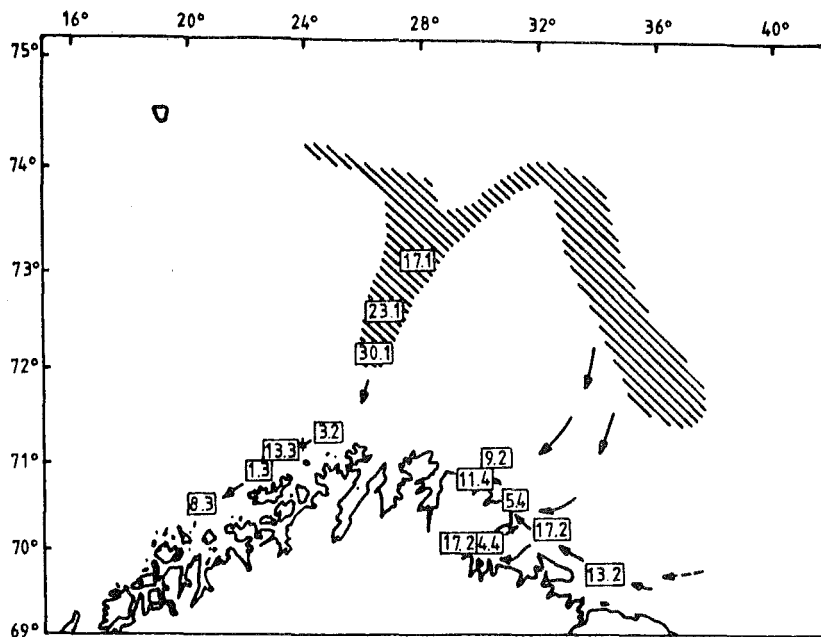


Fig. 23. Gyteinnsiget av lodde vinter 1979.
De viktigste fangststeder er datert.

Larvene klekkes i mai - juni og føres med strømmen inn i Barentshavet hvor de vokser opp. Lodda er en høy-arktisk fiskeart og den nordlige utbredelse begrenses av isen. I sør begrenses utbredelsesområdet av fronten mellom det kalde polarvannet og det varmere atlantehavsvannet. Lodda blir kjønnsmoden i en alder fra 3 til 5 år, avhengig av veksten. Den modnes ved en lengde på 14-15 cm. Hannen vokser hurtigst men modnes ved samme alder. Det meste av lodda dør etter første gangs gyting.

Fangst

Tabell 9 viser fangst av lodde i Barentshavet i årene 1964-79. I 1960-årene var Norge så og si alene om å beskutte lodda i Barentshavet. Fisket foregikk om vinteren, under gytevandringen til kysten. Det fiskes for det meste med snurpenot, men litt blir tatt med trål. Fra midten av 60-årene økte fangstene i vinterloddefisket, fra vel 200 000

Tabell 9. Årlig fangst av lodde (i tonn) fra Barentshavet i årene 1964-1979.

År	Norge			USSR	Andre land
	Vinter	Sommer	Totalt		
1964	19 626		19 626	50	50
65	217 324		217 324	7 200	
66	379 626		379 626	9 400	
67	402 819		402 819	5 700	
68	482 783	39 388	522 171	15 400	
69	435 816	243 119	678 935	500	
70	968 668	332 190	1 300 858	13 057	
71	1 302 717	68 990	1 371 707	20 832	
72	1 207 596	347 011	1 554 607	37 004	
73	1 085 980	204 846	1 290 826	45 007	
74	745 567	239 951	985 518	162 495	
75	556 107	358 602	914 709	431 314	42 886
76	1 231 000 ^{x)}	718 000 ^{x)}	1 949 000 ^{x)}	596 208 ^{x)}	418
77	1 398 000 ^{x)}	701 000 ^{x)}	2 099 000 ^{x)}	821 542 ^{x)}	
78	769 000 ^{x)}	349 000 ^{x)}	1 118 000 ^{x)}	700 000 ^{x)}	-
79	543 675 ^{x)}				

Kilde: Norge Feitsildfiskernes Salgslag
 USSR Bulletin statistique des Peches Maritimes
 x) Foreløpige tall

tonn i 1965 til vel 400 000 tonn i 1969. I 1970 ble vinterloddekvantumet mer enn fordoblet sammenlignet med året før og i årene 1971-73 ble det fisket over 1 mill. tonn. Denne markerte økningen i utbytte skyldes til dels økt innsats fordi vintersildfisket var blitt ulønnsomt og mange gikk i steden over til å fiske lodde. Men en mener at også forekomstene økte betydelig i 1970.

I 1974-75 ble det norske vinterloddefisket redusert til det halve. I årene 1976-77 økte vinterloddefisket sterkt og medregnet Sovjets fangst ble det i 1977 fisket 1,8 mill. tonn vinterlodde totalt.

Sommerloddefisket er av nyere data. Det begynte i 1968, og har sammenheng med den tekniske utvikling i snurpefisket. Sommerloddefisket foregår i det nordlige Barentshav, i det området som fryser til om vinteren. Lodda trekker nordover etter hvert som isen smelter da den beiter på de store mengdene med plankton som produseres når lyset slipper til.

I de senere år har området nordøst av Hopen vært det viktigste fangstfelt om høsten. Det norske sommerloddefisket foregår bare med snurpenot, og nådde et maksimum på 718 000 tonn i 1976.

Russernes fangst av lodde var ubetydelig frem til 1973. Siden har de øket sitt fiske sterkt, og i 1977 fisket de over 800 000 tonn. Russerne fisker lodde med not og trål. Deres fangst er jevnere fordelt på sommer og vinter enn den norske loddefangsten og de fisker relativt mere med trål.

I 1977 ble det fisket over 2,9 mill. tonn lodde i Barentshavet. Det er rekord hva angår årlig utbytte av en fiskestamme i våre farvann.

Bestand

På grunn av loddas særegne biologi (massedød etter gyting) er den metodikk som VPA anvender lite tjenlig til å beskrive dynamikken i loddebestanden. Langtidsutbyttet av lodde er i det vesentligste bestemt av forholdet mellom gytebestand og rekruttering. I undersøkelsesprogrammet for loddebestanden har det derfor vært en overordnet målsetning å fremskaffe mål for gytebestandens størrelse og styrken av den tilsvarende årsklasse denne gir opphav til. Til dette har en anvendt akustisk målemetodikk, kombinert med biologisk prøvetaking. Ved å måle ekkomengde over hele utbredelsesområdet får en mål for bestandens totale biomasse. Denne fordeles på aldersgrupper på grunnlag av fiskeprøver tatt med trål. Det er utarbeidet modeller for maskinell beregning av fisketetthet per årsklasse (antall og volum pr. $(n.m)^2$), basert på ekkomengde, kombinert med data for lengde-, vekt- og aldersfordeling i fiskeprøvene.

Fordelingskart for total ekkomengde av lodde målt i juni og september er vist i Figur 24. I juni finner en loddebestanden fordelt i et belte sør og vest av iskanten hvor den har overvintret. Når iskanten begynner å trekke seg nordover om sommeren og høsten følger loddene etter og i september finner

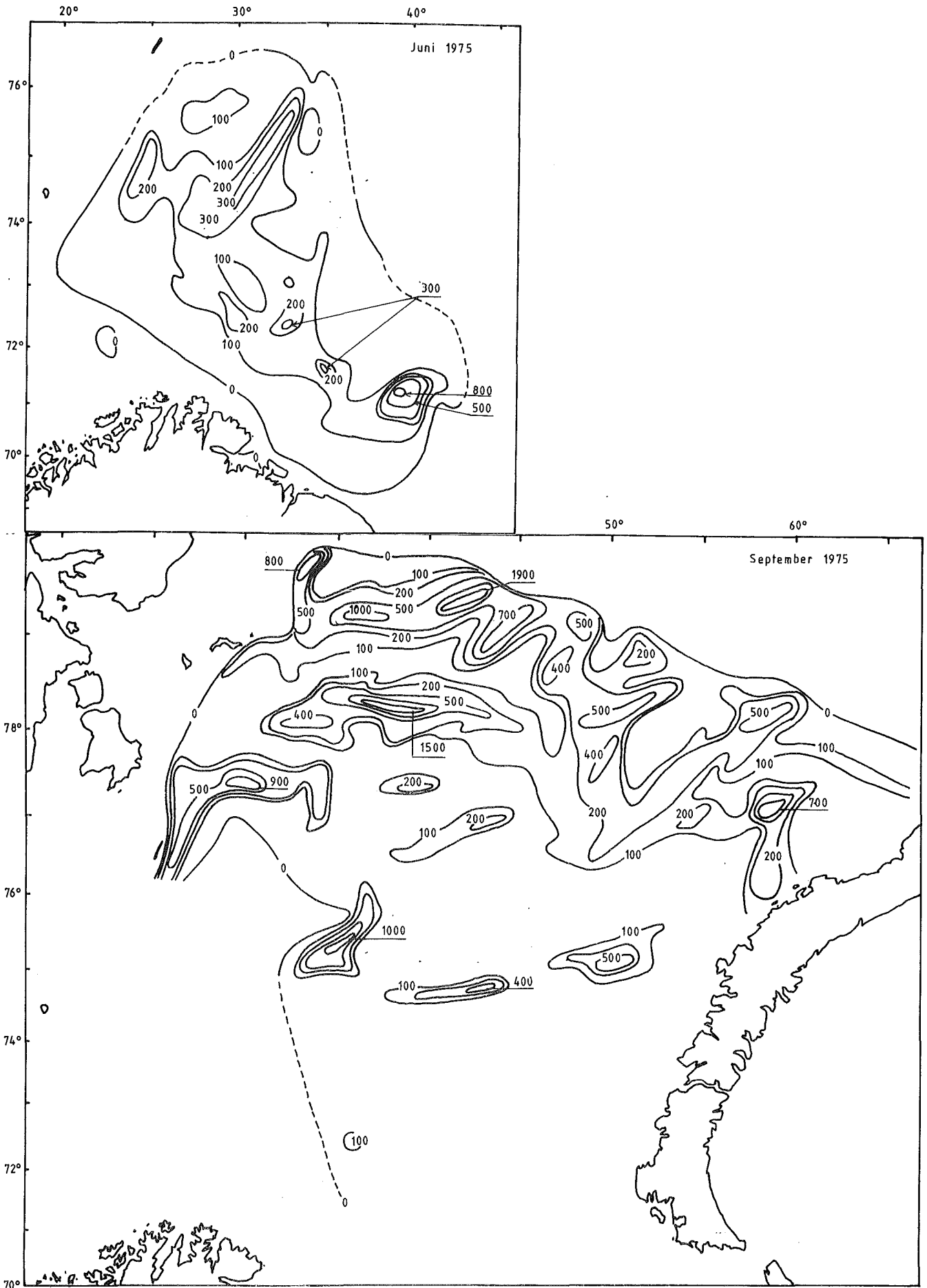


Fig. 24. Ekkomengde av lodde i Barentshavet.

man så og si hele bestanden nord for 75 grader nord. Dette er en næringsvandring og i løpet av sommermånedene øker biomassen i bestanden med om lag 70%. Det er bestandsmålene foretatt om høsten som legges til grunn for beregningene av gytebestandens størrelse neste år.

Tabell 10 viser størrelse og sammensetning av loddebestanden i årene 1973-79. Tabellen angir den totale vekt av aldersgruppene 2 år og eldre fisk. 1-åringene er utelatt fordi disse opptrer fortrinnsvis i overflatelagene og lar seg derfor vanskelig måle akustisk. I parentes er angitt aldersgruppens middelvekt. Til høyre i tabellen er summert biomasse av aldersgruppene 2+ og 3+ henholdsvis.

Tabell 10. Akustiske målinger av loddebestandens størrelse og alderssammensetning om høsten 1973-78, i millioner tonn. I parentes er gitt gjennomsnittsvekt av fisken i hver aldersgruppe, i gram.

Ar	Alder				Sum 2 år og eldre	Sum 3 år og eldre
	2	3	4	5		
1973	2.3 (5.6)	0.8 (18.6)	0.4 (23.3)	0.006 -	3.5	1.2
1974	3.1 (5.6)	1.6 (9.1)	0.07 (21.2)	0.002 -	4.8	1.7
1975	2.5 (6.8)	3.3 (10.4)	1.5 (16.0)	0.01 (19.0)	7.3	4.8
1976	2.0 (8.2)	2.1 (12.4)	1.4 (16.4)	0.3 (18.2)	5.8	3.8
1977	1.5 (8.1)	1.7 (16.8)	0.9 (20.9)	0.2 (23.0)	4.2	2.8
1978	2.5 (6.7)	1.7 (16.5)	0.3 (20.7)	0.02 (23.1)	4.5	2.1

Høsten 1973 var loddebestanden liten. Den modnende bestand bestod av aldersgruppene 3+ hovedsakelig og utgjorde om lag 1,2 mill. tonn. Loddas gjennomsnittsvekt var relativt høy. I 1974 og 1975 økte bestandens biomasse betydelig, til 7,3 mill. tonn i 1975. Samtidig gikk middelvekten av 3-åringer ned til

om lag det halve. Hos lodda er kjønnsmodningen mere bestemt av størrelsen enn av alderen, og reduksjonen i veksten førte til at en langt mindre del av bestanden ble kjønnsmoden og gytt som 4-åringer. Dette førte til et dårlig vinterloddefiske i 1975. Årsklassen 1971 som ved normal vekst skulle ha gytt var god, men bare en liten del av årsklassen ble moden som 4-åringer. Dette ga seg igjen utslag i store innslag av 4-åringer i bestanden om høsten 1975. Disse ble kjønnsmodne som 5-åringer og gytt vinteren 1976.

I 1976-77 går bestandens biomasse tilbake og vekst og alderssammensetning i den modnende bestand normaliseres. Dette forhold indikerer en stram sammenheng mellom bestandsstørrelse, vekst og kjønnsmodning. I Figur 25 er plottet middelvekt av 3-åringer mot målt biomasse for 2-år og eldre fisk. Bortsett fra i 1974 da 3-åringene har vært særdeles små, er det nærmest lineær sammenheng mellom bestandsstørrelse og middelvekt for 3-åringene. Den tetthetsbestemte veksten er avgjørende for kjønnsmodningen og dermed størrelsen av den del av bestanden som vil gyte som 4-åringer. Denne faktor er således viktig i beregningen av forventet gytebestand.

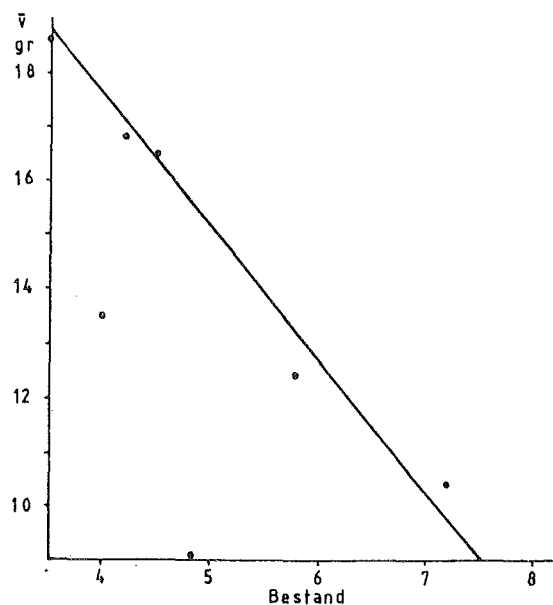


Fig. 25. Middelvekt av 3-år gammel lodde (\bar{V}) plottet mot målt bestand (mill.tonn) om høsten i årene 1973-76 (Tabell 10).

Beskatning.

Kvotereguleringer i loddefisket skal først og fremst forhindre utfisking av den kjønnsmodne bestand før den får anledning til å gyte. Det er således beskatningen i denne del av bestanden en er mest interessert i å studere med tanke på forvaltningen.

Tabell 11 viser målt bestand i antall (N_t) om høsten, beregnet fiskedødelighet (F) i tiden frem til gyting (mars neste år) og beregnet biomasse av gytere (B) i tusen tonn. Beregningene er gjort per aldersgruppe (t) og omfatter bare den del av bestanden som er modnende om høsten og som således skal gyte neste år. Denne bestemmes i henhold til fiskens gjennomsnittlige modningslengde. M er satt til 0.5 og F blir beregnet ved hjelp av fangstligningen (3) med N og C kjent.

Tabell 11 viser at fiskedødeligheten i den modnende del av loddebestanden har vært høy (bortsett fra perioden 1975-76), og spesielt høy i de aller eldste aldersgruppene. Dette har sammenheng med at den største og eldste lodda kommer først til kysten for å gyte. Beskatningsgraden har imidlertid vært moderat i gjennomsnitt, i størrelsesorden $E=0.5$ etter 1975.

I 1975 var den modnende bestand liten og beskatningen særdeles høy. Bestanden ble derfor sterkt redusert før den ble moden for gyting. I følge beregningene til 143 tusen tonn. I de øvrige årene syntes gytebestanden å ha vært relativt stabil, i størrelsesorden 700-900 tusen tonn.

Nederst i tabell 11 er angitt rekruttering målt akustisk som toåringer (R_2) fra tilsvarende foreldrebestand. En ser at 1975-årsklassen rekrutterte klart mindre ($181 \cdot 10^{-11}$ individer), enn de to etterfølgende årskull og det er rimelig å anta at dette skyldest liten foreldrebestand.

Tabell 11. Beregnet fiskedødelighet (F) og gytebestand (B) i tusen tonn for lodde i Barentshavet.

N_t er målt antall modnende lodde ved alder t i september. F er beregnet fiskedødelighet frem til 1. april neste år på grunnlag av fangst og naturlig dødelighet $M=0.5$. B_{t+1} er beregnet biomasse som overlever fiske og naturlig dødelighet og som forventes å gyte. R_2 angir årsklassens styrke (i antall) målt akustisk som to-åringer.

År:	1974		1975			1976			1977			1978			1979
Alder t	N_t	F	B_{t+1}	N_t	F	B_{t+1}	N_t	F	B_{t+1}	N_t	F	B_{t+1}	N_t	F	B_{t+1}
4+	2.5	5.13	0	41.1	0.49	345.0	55.1	0.71	401.8	45.6	0.84	257.0	15.0	1.26	63.4
3	11.8	0.22	121.8	33.1	0.19	330.0	48.9	0.55	396.7	80.1	0.84	397.1	81.5	0.63	547.3
2	1.9	0.02	20.7	3.7	0.02	37.8	6.1	0.10	69.6	26.6	0.18	194.4	23.8	0.08	256.1
Sum	16.2	0.95	142.5	77.9	0.34	712.8	110.1	0.61	868.1	152.3	0.72	848.5	120.3	0.60	866.8
$R_2 \cdot 10^{-11}$			181			371			334						

Reguleringer

Vinterloddefisket ble første gang kvoteregulert i 1974. Det var en nasjonal regulering og ble gjennomført for å forhindre at gytebestanden skulle bli altfor sterkt nedfisket før gytting. De akustiske mengdemål høsten 1973 indikerte at den modnende bestand var redusert til det halve sammenlignet med året før. Målene den gang var imidlertid så usikre at eksakte beregninger for mengde gytere i 1974 ikke kan gies.

Høsten 1974 ble den modnende bestand målt til å være enda mindre enn i 1973. Dette på grunn av nedsatt vekst og kjønnsmodning i årsklassen 1971. Barentshavet var imidlertid overbefolket av smålodde fra årsklassene 1972 og 73 og i denne situasjonen fant man ikke å kunne kvoteregulere loddefisket i 1975.

I 1976 og 1977 var gytebestandene så pass store at fisket kunne foregå uregulert. Som tabell 11 viser er bidraget fra aldersgruppene 5+ betydelig i den overlevende gytebestand (B). Bidraget fra 4-åringene er også stort, mens 3-åringer modnes det lite av.

I 1978 ble det norske vinterloddefisket igjen kvoteregulert. Men kvoten ble ikke oppfisket og reguleringen fikk således liten praktisk betydning. I 1978 gytte mye av lodda på Murmanskysten og ble således mindre tilgjengelig for den norske fiskeflåten. Kvotereguleringen ble innført fordi bestanden var i sterk tilbakegang og innsatsen økte som følge av veksten i det sovjetiske fisket.

Fra og med vinterloddefisket i 1979 har reguleringen av loddefisket vært en del av fiskeriatvanten med Sovjet. Høsten 1978 kvoteregulerte Norge sitt eget loddefiske på nasjonal basis utfra hensynet til den foreslåtte regulering av fisket vinteren 1979. Det er den Norsk-Sovjetiske fiskerikommisjon (opprettet i 1975) som fremmer forslag til totalregulering og fordeling av kvotene mellom de to land, og avtalene inngås

på årsbasis. Reguleringsavtalen omfatter foruten kvoteregulering, et minstemål på 11 cm, med 15% tillatt innblanding av undermåls fisk samt forbud mot alt fiske av lodde i tiden 1. mai - 14. august. Denne begrensning i sommerfisket er innført for å utnytte veksten i sommerhalvåret.

Potensielt langtidsutbytte.

Reguleringene i loddefisket utredes av en arbeidsgruppe bestående av norske og sovjetiske forskere. Kvotene beregnes for høstloddefisket pluss neste års vinterloddefiske. Totalkvoten beregnes slik at utgangsbestanden målt i september minus fangst og naturlig dødelighet frem til 1. april skal gi en gytebestand på 500 tusen tonn. Om høsten fiskes det også en del umoden lodde slik at kvotens fordeling på høst- og vinterloddefisket får betydning for totalkvoten for perioden, på bekostning av en tilsvarende redusert kvote i neste reguleringsperiode. Denne sammenheng gjør det mulig å dempe virkningen av varierende årsklasse styrke på det årlige utbyttet ved å øke høstkvoten når den umodne bestand er forholdsvis stor.

I datagrunnlaget for reguleringen av loddefisket er der ennå en rekke usikre faktorer. For det første har de akustiske bestandsmålene feilkilder hvis effekt er vanskelig å taksere. Naturlig dødelighet er her som hos andre fiskeslag usikker og variabel ettersom bestander av beitedyr (torsk, sel, hval) varierer i størrelse. Videre er valget av minimumsbestand for gytere (500 000 tonn) utilstrekkelig underbygget i tid for å kunne si om det sikrer en tilstrekkelig rekruttering for maksimalt langtidsutbytte. Reguleringen har imidlertid en viktig preventiv virkning i det den forhindrer total utfisking. Samtidig bidrar den til å skape en likevektssituasjon mellom bestand og beskatning som på sikt kan gi de opplysninger om sammenhengen mellom gytebestand og rekruttering som er nødvendige for å kunne optimalisere langtidsutbytte. En antar at det årlige langtidsutbytte av lodda i Barentshavet kan bli i størrelsesorden 1.5 - 2.0 mill. tonn.

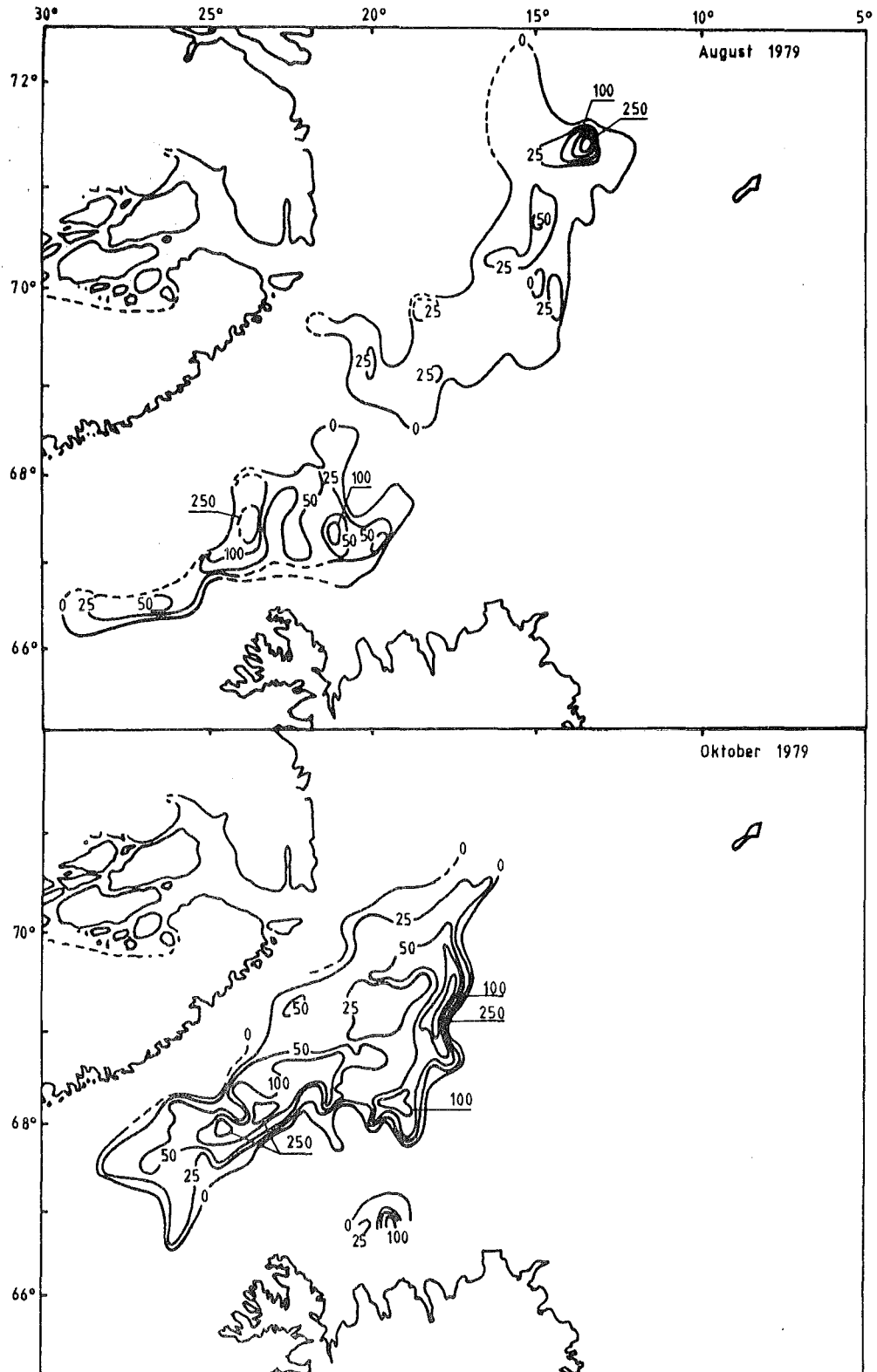


Fig. 26. Ekkomengde av lodde ved Island-Grønland -
Jan Mayen.

LODDE VED ISLAND

Utbredelse og vandringer

Lodda gyter på sørkysten av Island i mars og 0- og 1-gruppen vokser opp rundt Island og i Danmarkstredet. Eldre fisk beiter om sommeren og høsten i området mellom Island-Grønland og Jan Mayen. Beiteområdet begrenses av isen og polarfronten, og omfatter det området som er isdekket om vinteren men som åpnes for produksjon i sommerhalvåret. Figur 26 viser utbredelsen av lodde i august og i oktober 1979.

Den islandske lodda vokser hurtigere enn lodda i Barentshavet og de fleste gyter som 3-åringer. Det er massedød etter gyting slik at problemene knyttet til ressursforvaltningen er analoge til de som angår Barentshavslodda.

Beskatning

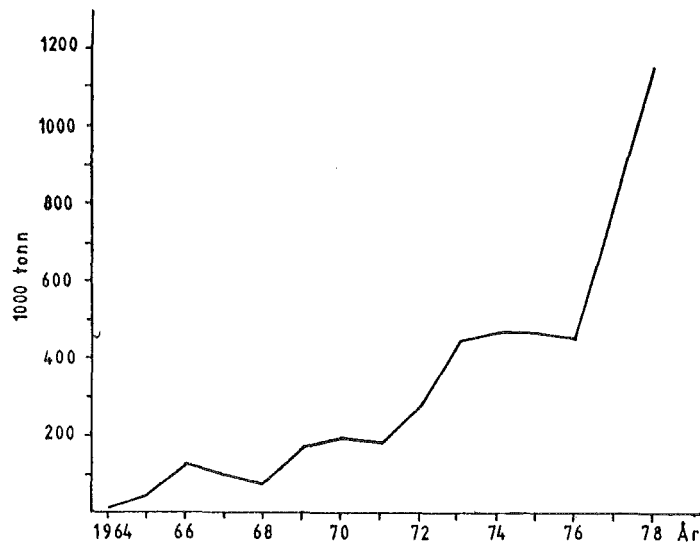


Fig. 27. Fangst av lodde ved Island i årene 1964 - 78.

Figur 27 viser fangst av islandsk lodde i årene 1964-78. Lodda fiskes med snurpenot og inntil 1976 ble lodda bare beskattet under gytevandringen til kysten om vinteren. I

1976 begynte islendingene også å fiske lodde om sommeren, i beiteområdet mellom Island og Grønland. I 1978 og 1979 har norske ringnotbåter fisket lodde i august-september mellom Jan Mayen og Grønland. Den norske fangsten har vært i størrelsesorden 100-120 000 tonn. Som figuren viser har fangsten øket sterkt i de siste årene og i 1978 ble det fisket nærmere 1,2 mill. tonn.

Reguleringer

De reguleringer som islendingene hittil har gjennomført begrenser seg til områdereguleringer for å beskytte smålodde og i 1975 ble det innført minstemål på 12 cm. Fisket har ikke vært kvoteregulert.

Høsten 1979 ble det gjennomført norsk-islandske fellesundersøkelser av loddebestanden i området mellom Island-Grønland og Jan Mayen. I oktober ble bestanden målt akustisk til å være i størrelsesorden 900 000 tonn. Av dette var 700 000 tonn modnende lodde. På grunnlag av denne undersøkelsen ble det foreslått å begrense fangsten av lodde til 650 000 tonn for perioden august 1979 - april 1980 gjeldende for området Island - Øst-Grønland - Jan Mayen. Det maksimale langtidsutbyttet av denne bestanden er anslått til 800 000 tonn.

BUNNFISK

Som navnet sier lever disse fiskeartene fortrinnsvis ved eller i nærheten av bunnen, i motsetning til de pelagiske artene som lever i de øverste vannlag hvor planktonproduksjonen foregår. Bunnfiskene hører til havets rovdyr som lever av planktonetende fisk og skalldyr. De står på et høyere trinn i næringskjeden og deres biomasse er følgelig betydelig mindre enn for byttedyrene. De er vanligvis ikke stimdannende og oppnår kjønnsmodning ved relativt høy alder. Den umodne bestand blir derfor relativt stor og tilsvarende lett tilgjengelig for beskatning.

De stammene som skal omtales her hører til artene torsk, hyse, sei, uer og blåkveite.

TORSK

Bestandsstruktur

Figur 28 viser utbredelse- og gyteområder for de 5 største torskestammene i det nord-østlige Atlanterhav:

1. Norsk arktisk torsk (skrei)
2. Torsk ved Island
3. Grønlands torsk
4. Nordsjøtorsk
5. Torsk ved Færøyene

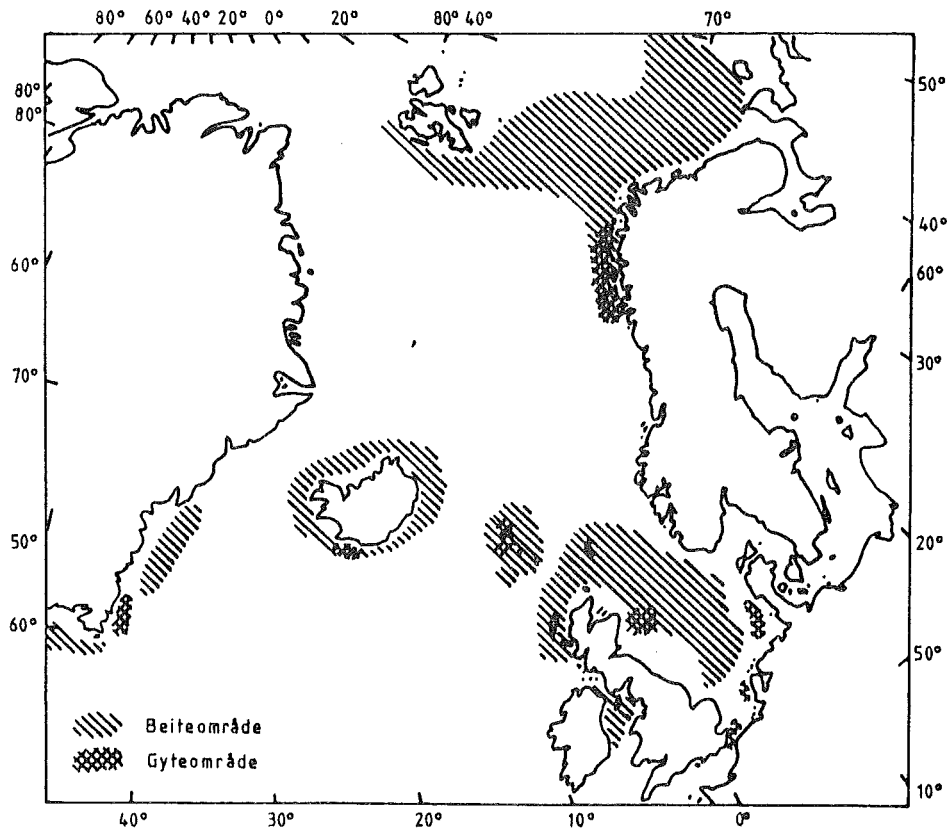


Fig. 28. Utbredelsen av torsk i det nord-østlige Atlanterhav.

Norsk kysttorsk er lokale torskestammer som lever langs norskekysten og i fjordene.

NORSK ARKTISK TORSK

Utbredelse og livsmønster

Den norske arktiske torskestammen også kalt skrei er den største og lever på den norske kontinentalsokkel og i Barentshavet. Den gyter i mars-april hovedsakelig i Lofoten. Den blir kjønnsmoden som 8 år gammel fisk.

Eggene er pelagiske og avkommet driver som egg og larver med kyststrømmen nordover og havner i den nordøstlige del av Norskehavet og i Barentshavet. Om høsten finnes 0-gruppe torsk fordelt i de øverste vannlag (50 m) over hele utbredelsesområdet. Torsken bunnslår seg om vinteren som 1-åringer og er da ca. 10 cm lang.

De første årene lever torsken der den bunnslår seg, men begynner næringsvandring mot kysten som 3-7 år gammel torsk. Denne vandring gir opphav til det rike vårtorskefisket på Finnmarkskysten. Det er lodda på vei til kysten for gyte som er opphavet til denne næringsvandringen.

Beskatning

Figur 29 viser fangst av norsk arktisk torsk i årene 1946-1978. Torsk fanges med trål, snurrevad, garn, line og håndsnøre, og de ulike redskaper beskatter ulike aldersgrupper. Trålfisket er hovedsaklig basert på ungtorsken i Barentshavet og ved Vest-Spitsbergen - Bjørnøyaområdet. I perioder, og da spesielt under gytevandringen langs norskekysten er også trålfisket basert på voksen skrei. De passive redskaper brukes i kystnære farvann og beskatter fortrinnsvis den voksne bestand. Fangstene fordelt på land er vist i Tabell 12.

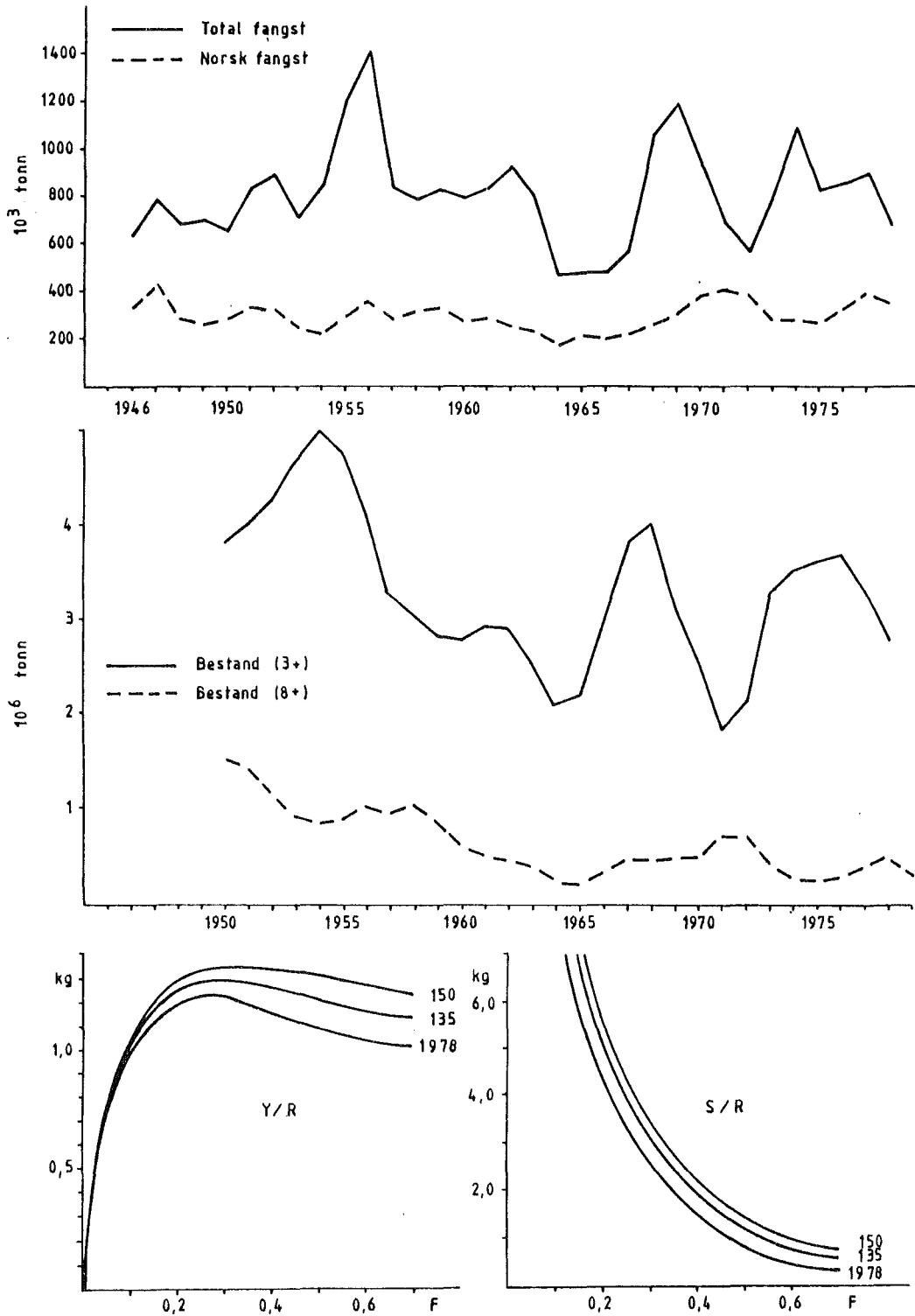


Fig. 29. Norsk arktisk torsk. Fangst (øverst) og beregnet bestand eldre enn 3 år (3+) og gytebestand (8+). Nederst i figuren er beregnet utbytte (Y/R) og gytebestand (S/R) per rekrutt for fiskemønsteret i 1978 og for maskeviddeøkning til 135 mm og 150 mm. $M=0.2$; rekrutteringsalder 2 år.

I etterkrigsårene økte beskatningen av skrei gradvis idet flere nasjoner bygget ut sin trålerflåte. F_{max} (ca. 0,30) ble passert allerede i midten av 50-årene, da en hadde to år med rekordhøye fangster i torskefisket (1.2-1.4 mill. tonn). I første halvdel av 60-årene gikk totalfangsten sterkt tilbake. Dette skyldes primært nedgang i bestandsgrunnlaget, men også mindre innsats i trålfisket idet fisket ble mindre lønnsomt i Barentshavet enn ved Island og i Vest-Atlanteren. Følgelig ble en stor del av den internasjonale trålerflåte tatt ut av fisket i Barentshavet og satt inn i andre områder.

Tabell 12. Totale landinger av norsk-arktisk torsk fra områdene Røst - Nordkapp, Barentshavet og Bjørnøya - Svalbard. Rund vekt i tonn.

År	Frankrike	Norge	Sovjet-samveldet	Stor-britannia	Vest-Tyskland	Andre	Total
1967	664	218 910	262 340	87 008	3 632	51	572 605
1968	-	255 611	676 758	140 387	1 073	255	1 074 084
1969	-	305 241	612 215	231 066	5 434	43 270	1 197 226
1970	44 245	377 606	276 632	181 481	9 451	43 831	933 246
1971	34 772	407 044	144 802	80 102	9 726	12 602	689 048
1972	8 915	394 181	96 653	58 382	3 405	3 751	565 287
1973	17 028	285 184	387 196	78 808	16 751	7 719	792 686
1974	46 028	287 276	540 801	90 894	78 507	58 928	1 102 434
1975	28 734	287 300	349 811	101 834	30 037	48 093	845 809
1976	20 941	344 502	343 057	89 061	24 369	45 533	867 463
1977	15 414	388 982	369 876	86 781	12 763	31 485	905 301
1978 ¹⁾	8 773	350 070	267 138	35 448	5 434	17 316	684 179

1) Foreløpige fangsttall.

Kilde: Anon. 1979. Report of the Arctic Fisheries Working Group, Charlottenlund 28 May - 1 June 1979. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea. 1979 (G:20): 1-85 [Mimeo].

Fra 1967 til 1969 økte fangsten til 1.2 mill. tonn. Dette skyldes god rekruttering fra årsklassene 1963 og 1964. Det medførte voksende ungfiskbestand fra 1967 og økt innsats i trålfisket. Fra 1965 til 1968 fikk vi igjen en serie med svake årsklasser. To gode årsklasser ble rekruttert i 1969-1970. I perioden 1970-72 avtok fangsten fordi trålfisket igjen ble ulønnsomt, men fisket tok seg opp igjen fra 1973 da de sterke årsklassene 1969-1970 ble rekruttert til den fangstbare bestand. På grunn av fiskemønsteret øker trålfisket ca. 4-6 år etter en rik årsklasse blir født, mens den tilsvarende økning i kystfisket basert på den kjønnsmodne bestand kommer når fisken er 7-10 år gammel. Det er klart at når trålfisket intensiveres på voksende ungfiskbestand kan gode årsklasser fiskes ut før de når kjønnsmoden alder. Denne utvikling var karakteristisk for torskefisket i 70-årene. I Figur 30 er vist fiskedødeligheten på 3 og 4 år gammel fisk i årene etter 1965. Som en ser øker F betydelig fra og med 1973 da to rike årsklasser ble rekruttert, årsklassene 1969 og 1970. Spesielt er den høye fiskedødeligheten på 3-åringene etter 1972 overraskende, fordi disse er beskyttet av maskeviddereguleringen når den er effektiv.

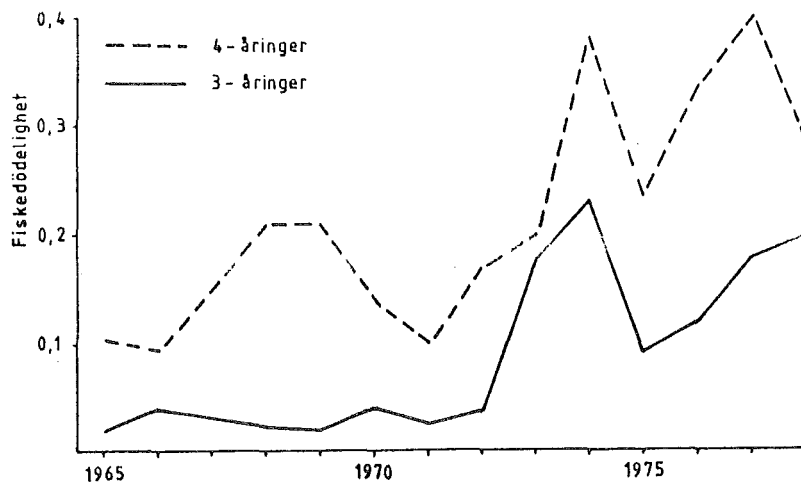


Fig. 30. Norsk arktisk torsk. Fiskedødelighet på aldersgruppene 3- og 4-år i 1965 - 1978.

Beregnet bestandsstørrelse over 3 år gammel fisk (3+) og gytebestand (8+) i årene etter 1950 fremgår av Figur 29. Før

1950 antar en at totalbestanden varierte med sterke og svake årsklasser omkring en størrelsesorden på 4 millioner tonn. Om lag 1.5 millioner tonn var gytemoden torsk. På grunn av sen kjønnsmodning blir gytebestanden liten i forhold til den umodne bestand. En særdeles rik 1950-årsklasse førte til et høyt bestandsnivå i midten av 50-årene. I siste halvpart av 50-årene og første halvpart av 60-årene sank bestanden til 2 mill. tonn i 1964. Dette skyldtes svake årsklasser og økt beskatning. To sterke årsklasser, 1963 og 1964, økte igjen skreibestanden til 4 millioner tonn i 1968, men på grunn av den økte beskatningen fikk en ikke en tilsvarende økning i den kjønnsmodne bestand i 70-årene som en gjorde i midten av 50-årene. Fra 1968 til 1971 ble bestanden igjen sterk redusert, men vokste så til vel 3.5 millioner tonn i midten av 70-årene. Denne siste vekst skyldes årsklassene 1969 og 1970. Spesielt var årsklassen 1970 sterk. Imidlertid førte denne gode rekruttering til liten fornyelse i den kjønnsmodne bestand, fordi de rike årsklassene ble fisket ut som ungfisk (Fig. 30).

Generelt har beskatningen på torsk vært høy i de siste 20 år, både på voksen torsk (8+) og på ungfisk (3-7 år). Beskatningen har variert med tilgjengeligheten og har vært høy når fangstgrunnlaget har vært godt. Beregnet F for begge aldersgrupper har ligget mellom 0.5 og 0.7, d.v.s. en meget høy beskatningsgrad ($E \approx 0.75$).

Reguleringer

I regi av NEAFC ble det i 1967 innført en minste maskevidde i trålredskaper for torsk på 120 mm. I 1975 og 76 ble torskefisket kvoteregulert gjennom NEAFC-avtaler og siden 1977 i henhold til den norske fiskeriavtalen med Sovjet. Totalkvoten er blitt satt til 810 000 tonn hvert år. I tillegg er Norge blitt tildelt 40 000 tonn kysttorsk og Sovjet 40 000 tonn såkalt Murmanskorsk. Denne er i meget stor grad norsk arktisk torsk.

I 1978 ble totalkvoten ikke oppfisket og i 1979 ble kvoten redusert til 700 000 tonn. Heller ikke den kvoten ble fisket

opp. I disse årene har torskefisket således ikke vært effektivt kvoteregulert idet fangsten kun har vært begrenset av tilgjengeligheten. Bestanden har vært overvurdert og det er blitt satt kvoter det ikke har vært fangstgrunnlag for. Grunnen er manglende kontroll med at reguleringsbestemmelsene ble overholdt og manglende oversikt over den tidsaktuelle bestandssituasjon. Torskebestanden er særdeles vanskelig å overvåke med akustisk målemetodikk.

Bestandsberegningene som har dannet grunnlaget for kvotereguleringene har i hovedsak vært basert på VPA-metoden. Metoden er lite egnet til å beskrive den øyeblikkelige bestandssituasjon såfremt det foregår forandringer i beskatningen. Og det er uforutsatte forandringer i fiskemønsteret i 1970-årene som i hovedsak har medført at torskebestandens størrelse er blitt overvurdert og kvotene således satt for høyt. Det viser seg nå at de sterke årsklassene 1969 og 1970 har vært beskattet med en effektiv maskevidde på mindre enn 100 mm, mens en i VPA-beregningene har brukt den lovlige maskevidde på 120 mm som utgangspunkt for fiskemønsteret.

Dette har medført at utgangsbestanden i VPA er blitt satt for høyt og beskatningen på de yngre alderstrinn undervurdert. Begge deler fører til et overestimat av den voksne bestand. Videre er det på det rene at både i 1976 og 1977 ble det fisket betydelige større kvanta torsk enn det kvoteavtalen foreskrev.

Målsetningen for kvotereguleringen var å bygge opp gytebestanden til 1 mill. tonn i 1980. I stedet er gytebestanden nå redusert til under det halve av dette nivået. Og det er lite sannsynlig at det blir noen økning i gytebestanden i de nærmeste år dersom ikke beskatningsmønsteret forandres i retning av mindre fangst på de yngre alderstrinn. ICES har i denne sammenheng foreslått økning av maskevidden til 155 mm allerede i 1980. I henhold til siste avtale med Sovjet skal maskevidden økes med 5 mm til 125 mm i 1981.

Potensielt langtidsutbytte

Beregnet likevektsutbytte og tilsvarende gytebestand per rekrutt er vist nederst i Figur 29 for tre beskatningsmønstre; mønsteret slik det var i 1978 og slik det ville ha blitt med 135 mm og med 150 mm effektiv maskevidde. Beskatningsgraden i de senere år har ligget på omlag $F=0.7$.

En ser at torskebestanden har vært sterkt overbeskattet. Med den nåværende beskatning er $F_{\max}=0.25$. Ved å senke beskatningen til F_{\max} ville en teoretisk kunne øke utbytte per rekrutt fra 1.0 kg til 1.2 kg, d.v.s. med 20%. En slik reduksjon i F ville føre til en 10-dobling av tilsvarende gytebestand. En så drastisk reduksjon i F vil derfor kunne medføre en så sterk økning i totalbestanden at både veksten og rekrutteringen kan gå ned.

Torsken er som nevnt et rovdyr og kannibalisme er utbredt. En stor bestand vil derfor øke dødeligheten blant ungfisken og dermed redusere rekrutteringen. En middels stor bestand vil under slike forhold gi maksimal rekruttering. En "toppet" rekrutteringskurve er påvist for torsk og den maksimale rekruttering mener en å kunne oppnå med en gytebestand i størrelsesorden 1 million tonn. Den tilsvarende maksimalrekruttering er i størrelsesorden 750 millioner individer på 2-års trinnet.

En ser av Figur 29 at en $F=0.7$ gir et likevektsutbytte på 750 000 tonn med 1978-årets effektive maskevidde og fangstfordeling. Det er om lag 100 000 tonn mindre enn det som ble fisket i årene 1975-77 da kvotereguleringen skulle forhindre overbeskatning. Videre ser en at denne beskatningen måtte føre til en ekstremt lav gytebestand (250 000 tonn).

Fra norsk side har en lenge arbeidet for å få øke maskevidden i trålredskaper. En økning av maskevidden ville gjøre torskebestanden mere robust mot overbeskatning. Økes maskevidden

til for eksempel 150 mm måtte en opp i særdeles høy F for å redusere gytebestanden til under 500 000 tonn. En økning av maskevidden ville også øke utbytte per rekrutt betydelig, opp til 20% (Figur 29).

For å oppnå et maksimalt langtidsutbytte av torsken i Barentshavet må en således både øke maskevidden og senke beskatningsgraden. Økes for eksempel maskevidden til 150 mm og senkes F til 0.4-0.5, ville en slik beskatning kunne gi et utbytte på ca. 1.3 kg. per rekrutt. Med en rekruttering på 750 mill. individer per årsklasse i gjennomsnitt tilsvarer det et langtidsutbytte på ca. 1 million tonn pr. år. Tilsvarende gytebestand blir 1.2-1.5 mill. tonn. En anser derfor 1 million tonn som det maksimalt oppnåelige langtidsutbytte for torsk i Barentshavet.

NORDSJØTORSK

Hittil har norsk fangst av torsk i Nordsjøen vært ubetydelig, i størrelsesorden mindre enn 5000 tonn. Nordsjøtorsken er imidlertid en betydelig ressurs. Fig. 31 viser fangst av nordsjøtorsk og beregnet voksen bestand i årene etter 1965 (VPA). I begynnelsen av 1970-årene var fangsten høy, over 300 000 tonn. Siden midten av 70-årene har den ligget på om lag 200 000 tonn. Den kjønnsmodne bestand ble beregnet til nærmere 300 000 tonn i 1969-70. Den er siden blitt redusert til om lag 150 000 tonn.

Det er stor variasjon i rekrutteringen. Årsklassene 1969, 1970 og 1976 er sterke, spesielt 1976-årsklassen som har rekruttert om lag 500 mill. individer som 1-åringer. Gjennomsnittlig rekruttering er om lag 200 millioner individer.

Beskatningen har vært høy og fiskemønsteret urasjonelt. F-verdien i 1978 var omlag 0,7 på 2- og 3-åringer, noe mindre i gjennomsnitt. Det vil si at også for nordsjøbestanden bør utbyttet kunne økes på sikt, ved å redusere beskatningsgraden på de yngre alderstrinn.

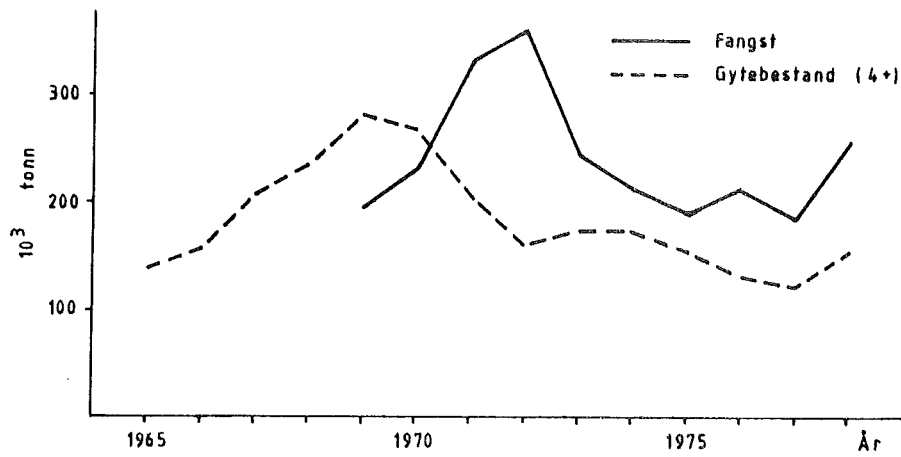


Fig. 31. Fangst og bestand av torsk i Nordsjøen.

HYSE

Bestandsstruktur

Figur 32 viser utbredelse av ulike stammer av hysa i nordøst- Atlanteren. Av disse er den norsk arktiske hysa av størst interesse for norske fiskerier. Ellers har en stammer av hysa i Nordsjøen, rundt Færøyane og ved Island.

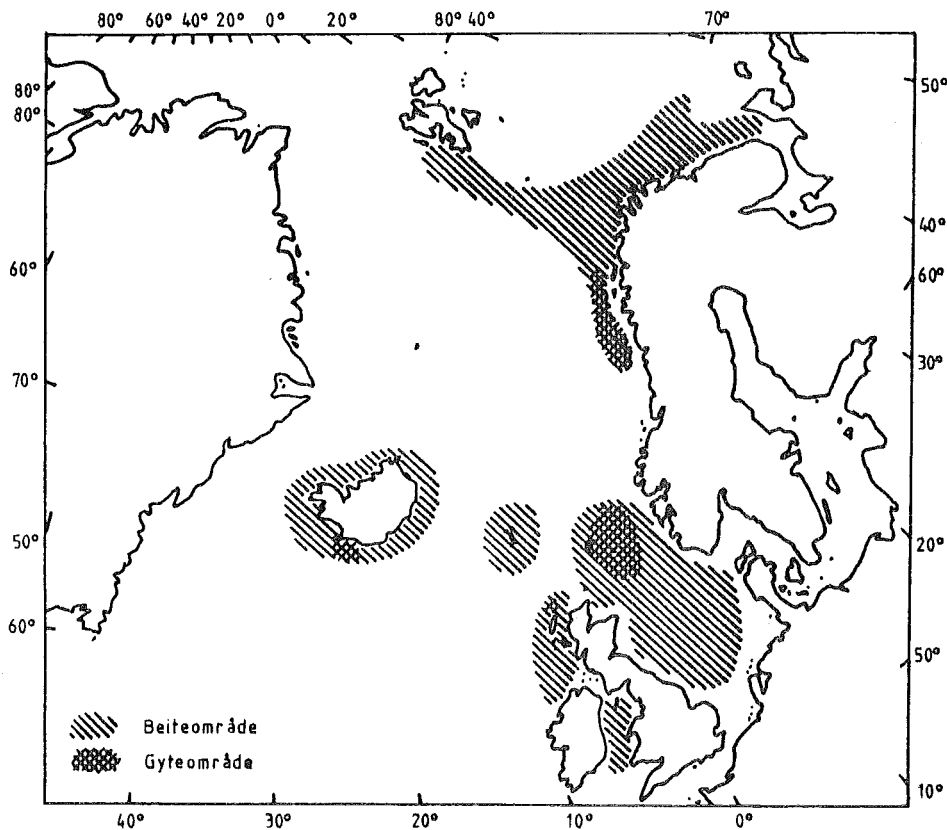


Fig. 32. Utbredelse og gyteområder for hysa i det Nordøstlige Atlanterhav.

NORSK ARKTISK HYSE

Utbredelse og livsmønster

Hysa har et lignende levevis som torsken og fiskes i stor utstrekning som bifangst under torskefisket i Barentshavet. Den gyter pelagisk i mars - april på den norske kontinentalsokkel fra sør av Lofoten til vest av Troms. Egg og larver driver nordover og inn i Barentshavet hvor den fordeler seg mye likt torskens avkom. 0-gruppen bunnslår seg om høsten i beiteområdet vist i Figur 32. Den blir kjønnsmoden i en alder av 6 år.

Beskatning

Fangst av hyse i årene etter 1946 er vist i Figur 33. Som nevnt beskattes hysa i det alt vesentligste som bifangst i torskefiskeriene, med unntak av Lofotfisket som er basert på gytetorsk. Siden hysa gyter mere spredt, har en ikke tilsvarende sesongfiske for gytende hyse.

Den sterke økning i fangsttinningsatsen for torsk i Barentshavet i midten av 1950-årene, økte innsatsen i hysefisket tilsvarende og fangsten nådde et maksimum på vel 200 000 tonn i 1956. I slutten av 50-årene gikk fisket sterkt tilbake, til under 100 000 tonn i 1959. Dette skyldest både nedgang i bestanden og i beskatningen (som for torsken). Ellers har svingningene i totalutbyttet vært stort og har sammenheng med rekrutteringen av sterke og svake årsklasser til unghysebestanden. Disse svingningene gir seg langt mindre utslag i den norske fangsten, som i hovedsak har vært basert på voksen fisk. 1969-årsklassen var særdeles sterk og ga rekordutbytte på over 300 000 tonn i 1973. Hysefangstene fordelt på land fremgår av Tabell 13.

Tabell 13. Totale landinger av norsk-arktisk hyse fra områdene Røst - Nordkapp, Barentshavet

Ar	Frankrike	Norge	Sovjet-samveldet	Stor-britannia	Vest-Tyskland	Andre	Total
1967	1 208	51 954	57 346	24 158	1 705	26	136 397
1968	-	64 076	75 654	40 129	1 867	-	181 726
1969	-	67 549	24 211	37 234	1 490	336	130 820
1970	-	36 716	26 802	20 423	2 119	1 197	87 257
1971	-	45 715	15 778	16 373	896	143	78 905
1972	-	46 700	196 224	17 166	1 433	4 630	266 153
1973	3 214	86 767	186 534	32 408	9 534	4 169	322 626
1974	3 601	66 164	78 548	37 663	23 409	11 772	221 157
1975	5 191	55 966	65 015	28 677	15 930	4 979	175 758
1976	4 459	49 492	42 485	16 940	16 660	7 229	137 265
1977	1 510	40 118	52 210	10 878	4 798	644	110 158
1978 ¹⁾	1 075	39 275	45 895	5 767	1 518	496	94 096

1) Foreløpige fangsttall.

Kilde: Som Tabell 12.

I figur 33 er vist beregnet fangstbar bestand (3+) og gytebestand (6+) siden 1950 (VPA). Siden hysa blir tidligere kjønnsmoden enn torsken, er den mindre sårbar for overbeskatning hva angår nedfisking av gytebestanden. Forholdet gytebestand/rekruttering indikerer at 200 000 tonn gytebestand er ønskelig for å sikre maksimal rekruttering. Siden 1970 har gytebestanden vært nedfisket til et lavere nivå enn 200 000 tonn, bortsett fra i 1975 da den rike 69-årsklassen ble kjønnsmoden.

Reguleringer

Hysefisket reguleres sammen med torskefisket og samme maskevidde gjelder for hyse som for torsk. Kvotene beregnes i henhold til bestandsstørrelsen og den fiskedødelighet som blir beregnet for torsk (bestemt av torskekvoten). Hysekvoten utgjør i gjennomsnitt 20% - 25% av torskekvoten.

Potensielt langtidsutbytte

Utbytte per rekrutt og tilsvarende gytebestand for hyse er vist nederst i Figur 33. Beregningene er foretatt ved å anta samme forandring i beskatningsmønsteret som for torsk. Med nåværende beskatningsmønster (1978) ville utbyttet kunne økes

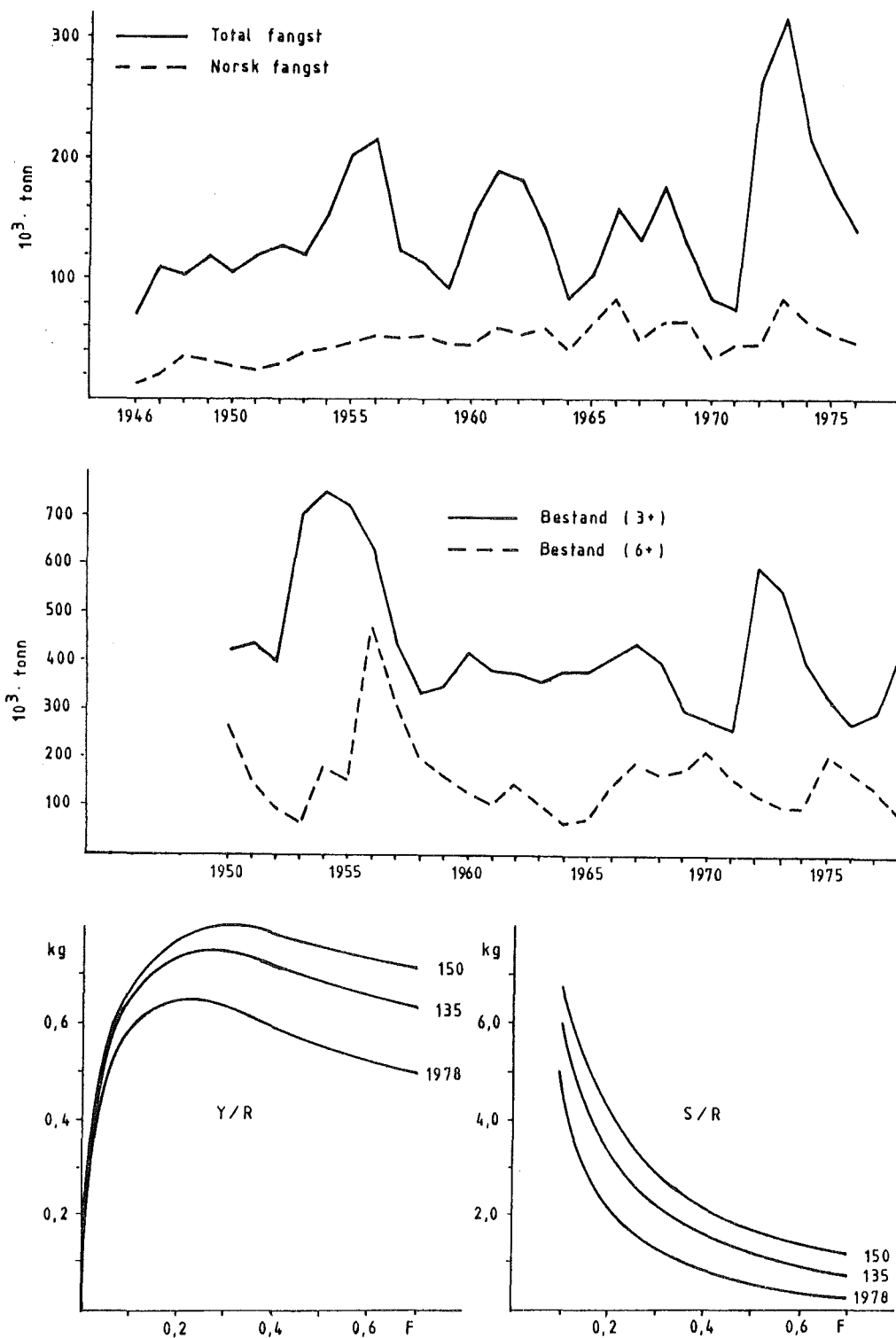


Fig. 33. Fangst av norsk arktisk hyse (øverst) og beregnet fangstbar bestand (3+) og gytebestand (6+). Nederst er vist beregnet utbytte (Y/R) og gytebestand (S/R) per rekrutt for nåværende beskatningsmønster (1978) og med maskeviddeøkning til 135 mm og 150 mm. $M=0.2$, rekrutteringsalder 2 år.

betydelig ved å senke fiskedødeligheten. Senkes F til 0.3 ville utbyttet øke fra 0.5 kg per rekrutt ($F=0.7$) til henimot 0.7 kg, d.v.s. med henimot 40%. En ser at økningen i utbytte for hyse ved å senke beskatningen blir enda større enn for torsk. Det samme gjelder en forandring i fiskemønsteret. Ved å øke maskevidden til 150 mm kan utbytte per rekrutt økes med henimot 50% ($F=0.7$).

En redusert F vil imidlertid ikke gi samme relative økning i gytebestanden som for torsk. Senkes F fra 0.7 til 0.3, økes gytebestanden for hyse 4 ganger, mens gytebestanden for torsk ble 10 ganger større ved samme reduksjon i beskatningen. På den annen side gir en økning i maskevidden større utslag i gytebestanden for hyse enn for torsk. Grunnen til dette ligger i hysas senere vekst og tidligere kjønnsmodning.

Årsklassene født etter 1950 indikerer en maksimal rekruttering for hyse på om lag 250 mill. individer i gjennomsnitt på 2-årstrinnet. Med 150 mm maskevidde og en $F=0.4-0.5$ (som for torsk) tilsvarer dette et langtidsutbytte på henimot 200 tusen tonn. 200 tusen tonn anses derfor som det maksimale vedvarende utbytte en kan forvente å oppnå fra norsk arktisk hyse ved en optimalisert beskatningsform. Tilsvarende gytebestand er om lag 500 000 tonn.

HYSE I NORDSJØEN

Hysestammen i Nordsjøen er av samme størrelse som torsken i området. Hysa utgjør et betydelig bidrag i industrifisket idet om lag 25% av totalfangsten av hyse går til oppmaling. For torsk er disse bifangstene små (<5%).

Fangst og beregnet gytebestand etter 1965 er vist i Figur 34. I årene 1969 og 1970 var hysefisket eksepsjonelt høyt med årlige fangster på over 600 tusen tonn. Dette skyldes en særdeles rik årsklasse 1967. Fra 1972 til 1976 har fangstene ligget på om lag 200 tusen tonn. I de to siste årene er fangsten gått ned til 100 tusen tonn. Fiskedødeligheten har

vært høy ($F=0.8$) og har holdt seg stort sett uforandret i 70-årene. Det vil si at fangsten reflekterer variasjoner i den fangstbare bestand som følge av varierende rekruttering.

Gytebestanden økte betydelig i 1969, da årsklassen 1967 ble kjønnsmoden. Den holdt seg høy også i 1970, i størrelsesorden 1 mill. tonn. I 1971 ble den redusert til 400 tusen tonn, hvor den har holdt seg om lag uforandret frem til 1976. Da fikk man en forbigående økning på om lag 100 tusen tonn som følge av en relativt god årsklasse 1974. Siden har bestanden vært i tilbakegang.

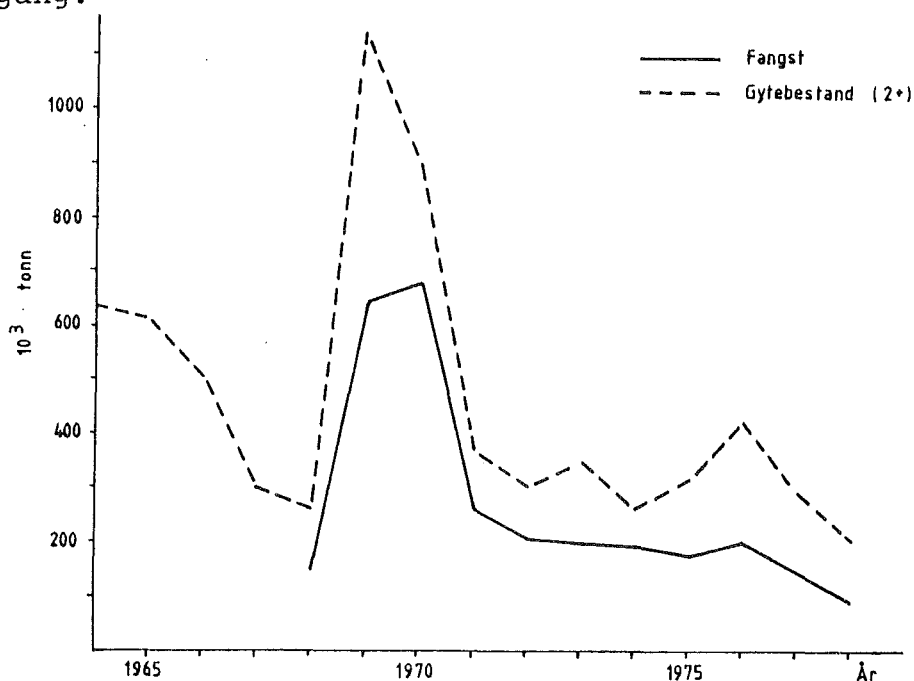


Fig. 34. Fangst og bestand av hyse i Nordsjøen.

Styrken av hyseårsklassene i Nordsjøen varierer uvanlig sterkt og det kan ikke påvises noen sammenheng mellom bestandsstørrelse og rekruttering på de bestandsnivå en har hatt siden 1965.

SEI

Bestandsstruktur.

Seiens utbredelse i det nordøstlige Atlanterhav er vist i Figur 35. En skiller mellom 5 ulike stammer:

1. Sei i Barentshavet og norskekysten nord for 62°N
2. Sei i Nordsjøen og Skagerak
3. Sei ved Færøyene
4. Sei ved Island
5. Sei vest av De britiske øyer.

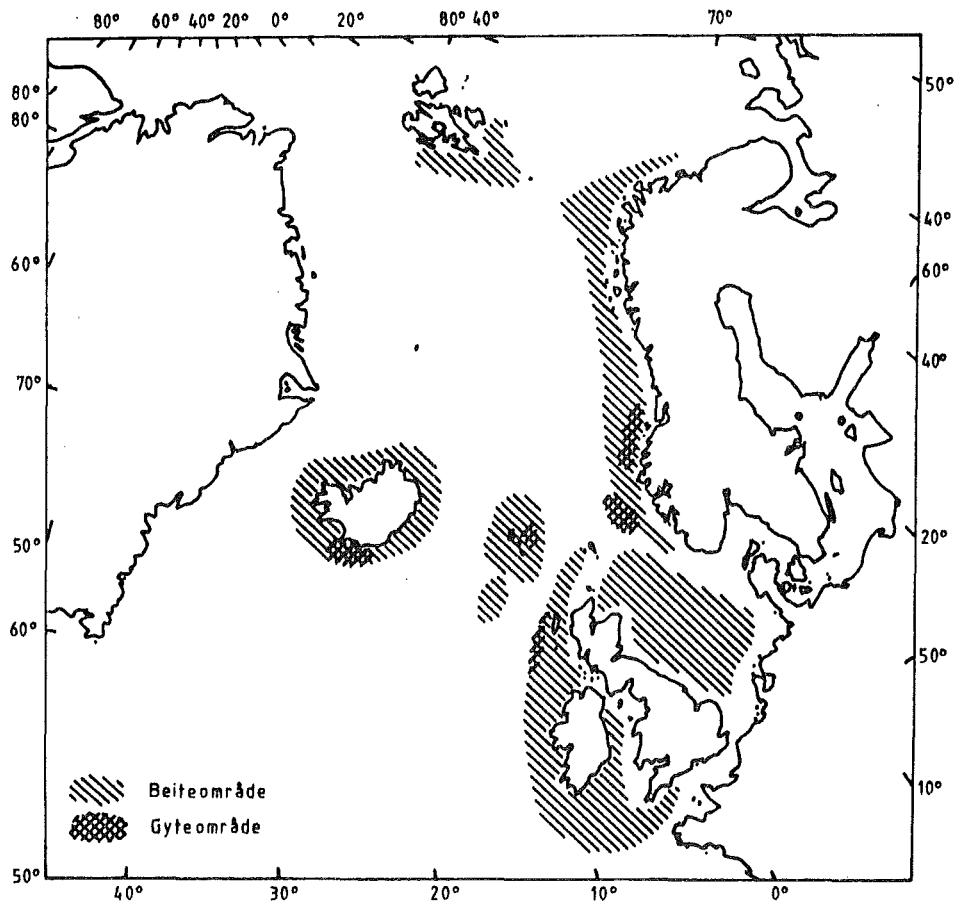


Fig. 35. Utbredelse og gyteområder for sei.

Det er stammene på norskekysten - Barentshavet og Nordsjøen - Skagerak som i vesentlig grad beskattes av norske fiskere.

Sei nord for 62°N.

Livsmønster

Seien gyter på bankene utenfor kysten for Møre og Trøndelag i februar-mars. Eggene er pelagiske og egg og larver driver med strømmen nordover. Om høsten søker 0-gruppen inntil strandregionen langs kysten fra Møre til Finnmark. 0-gruppe sei forekommer også på Murmanskysten og ved Svalbard.

Den umodne seien vokser opp i de kystnære farvann men trekker utpå bankene når den nærmer seg kjønnsmoden alder, i.e. 6 år. Seien har ikke noe vel definert vandringsmønster, men det synes å være en næringsvandring nordover om våren og sommeren og en tilbakevandring sørover mot gytefeltene om høsten og vinteren. Merkeforsøk har videre vist at det forekommer vandring av gytefisk fra Møre til Nordsjøen og i enkelte år også til Island.

Beskatning.

I Figur 36 er vist fangst av sei nord for 62°N i årene 1960-78. Seien fanges med snurpenot (ungsei) og med trål, garn og line.

I 60-årene lå fangstene i gjennomsnitt på omlag 150 tusen tonn årlig. Beskatningen var moderat med F-verdier omkring 0.3 både for ungsei og voksen fisk. I første halvpart av 1970-årene steg totalfangsten til over 200 tusen tonn. Siden 1976 er fangstene igjen blitt redusert, til vel 150 tusen tonn i 1978. Fangstene fordelt på land er vist i Tabell 14. Som tabellen viser er det den norske fangsten som er dominerende i seifisket nord for 62°N.

Beregnet gytebestand (6+) i årene 1960-78 er vist i Figur 36. I 60-årene økte gytebestanden gradvis fra 300 tusen tonn til over 500 tusen tonn i 1970. Den holdt seg høy til 1974. Siden er den gått sterkt tilbake, til vel 200 tusen tonn i 1978.

Det høye bestandsnivå i første halvpart av 70-årene skyldes god rekruttering fra 3 påfølgende årsklasser, årsklassene 1966-1968. Bestandsreduksjonen siden 1974 skyldes både redusert rekruttering fra årsklassene 1969-1972 og økt beskatning, spesielt på ungseibestanden. Snurpenotfisket etter ungsei er blitt intensivert i 70-årene og F er øket fra 0.3 til over 0.6. Siden 1977 er det utenlandske seifisket blitt pålagt

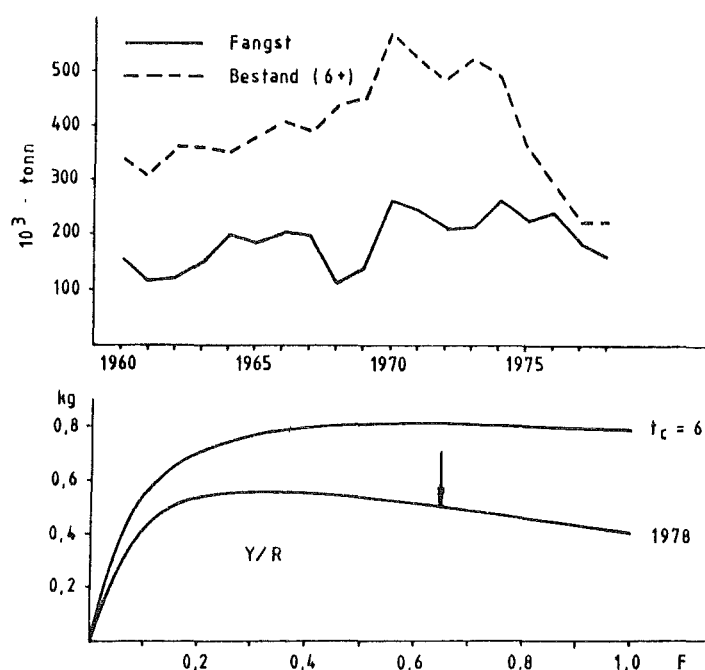


Fig. 36. Fangst og gytebestand (6+) for sei nord for 62°N i årene 1960-78. Nederst i figuren er vist beregnet utbytte per rekrutt med nåværende beskatningsmønster (1978) og for minste beskatningsalder på 6 år ($t_c=6$) $M=0.2$, rekrutteringsalder 1 år. Pilen angir beskatningsgraden i 1978.

kvotereguleringer (sonekvoter), som har senket F på voksen sei til 0.25. Det norske småseifisket har imidlertid fått utvikle seg uregulert hva fangsttinsatsen angår og er bare blitt regulert med et minstemål på 35 cm. Dette har ført til at seibestanden nord for 62°N for tiden er særdeles urasjonelt beskattet.

Potensielt langtidsutbytte

Nederst i Figur 36 er vist beregnet utbytte pr. rekrutt for nåværende beskatningsmønster og for en fangststrategi som bare beskatter voksen sei. En ser at det er lite å vinne i utbytte pr. rekrutt ved å senke beskatningsgraden. ($F_{\max}=0.4$). Derimot vil utbyttet kunne økes betraktelig ved å forandre beskatningsmønsteret. Med nåværende beskatningsgrad ($F=0.65$) kan utbyttet økes henimot 50% ved å redusere fangsten av umoden sei. Det er således all grunn til å foreta restriksjoner i det norske seisnurpefisket.

Årsklassene 1961 til 1975 av sei nord for 62°N rekrutterte i gjennomsnitt 320 mill. individer på 1-årstrinnet. Tilsvarende maksimale utbytte pr. rekrutt er om lag 800 gram. Det gir et maksimalt langtidsutbytte i størrelsesorden 250 000 tonn.

Sei i Nordsjøen og Skagerak.

Seien i Nordsjøen har et lignende livsmønster som seien på norskekysten nord for 62°N . Den gyter i februar-mars på bankplatået Vikingbanken - Tampen. Egg og larver driver mot norskekysten og vokser opp i de kystnære farvann både sør og nord for Stad. Også sør for 62°N vandrer seien ut fra kysten til bankene i Nordsjøen når den nærmere seg kjønnsmoden alder. Seien i Nordsjøen modnes noe tidligere enn lenger nord, i alderen 5 år.

Beskatning

Figur 37 viser fangstene av nordsjøsei i årene 1960-78. Nordsjøsei har gitt økende utbytte frem til 1976 da det ble fisket

Tabell 14. Mengdeutbytte av seifisket på norskekysten nord for 62°N 1968 - 1978.
Rund vekt i tonn.

År	Norge	USSR	Frankrike	Vest-Tyskland	Øst-Tyskland	UK	Andre	Total
1968	96 641	-	-	4 753	1 248	8 782	-	111 424
1969	115 140	-	193	4 355	6 744	13 585	43	140 060
1970	151 759	43 550	-	23 466	29 200	15 690	1 097	264 762
1971	128 499	39 397	14 536	12 204	16 840	10 467	19 329	241 272
1972	143 775	1 278	14 519	24 595	7 474	8 348	10 467	210 456
1973	148 789	2 411	11 320	30 338	12 015	6 751	2 145	213 769
1974	152 699	28 931	7 119	33 155	29 466	3 104	9 647	264 121
1975	122 598	13 389	3 156	41 260	28 517	2 763	21 770	233 453
1976	131 675	9 013	5 609	49 056	10 266	4 724	32 143	242 486
1977	139 705	989	5 658	19 985	7 164	6 935	2 381	182 817
1978 ^{x)}	122 142	305	3 571	18 179	6 484	2 827	1 043	154 551

Kilde: Bulletin Statistique des Pêches Maritimes.
ICES Saithe Working Group.

^{x)} Foreløpige oppgaver.

Tabell 15. Mengdeutbytte av seifisket i Nordsjøen og Skagerrak 1969 - 1978. Rund vekt i tonn.

År	Norge	Danmark	Frankrike	Vest-Tyskl.	Øst-Tyskl.	Nederland	Polen	UK	USSR	Andre	Total (Konsum)	Bifangster i industritrålfisket (estimert)		Total
												Danm.	Norge	
1969	8 159	5 566	24 631	7 242	5 998	18 214	-	7 657	32 830	4 461	114 758	-	-	114 758
1970	11 201	4 600	38 873	6 022	4 250	20 460	-	7 957	68 062	1 975	163 400	58 700	-	222 100
1971	15 184	11 500	38 330	4 217	6 398	18 136	4	9 268	110 200	4 682	217 919	34 700	-	252 619
1972	23 256	17 000	26 696	8 665	10 674	12 532	186	14 541	99 883	4 334	217 767	22 600	5 434	245 801
1973	15 219	10 100	32 961	12 003	7 668	9 232	7 512	14 212	83 333	2 614	194 854	24 400	6 517	225 771
1974	9 246	8 388	28 619	20 589	5 816	14 504	22 203	15 309	104 500	2 114	231 288	38 000	3 469	273 557
1975	12 483	10 149	24 396	18 622	5 882	8 917	35 304	12 370	110 743	1 531	240 397	27 800	9 878	278 075
1976	17 856	15 111	32 552	38 698	2 088	6 101	35 819	19 334	83 669	1 942	252 992	53 684	13 082	319 936
1977	14 949	17 334	41 022	26 860	2 430	7 270	12 378	18 188	46 385	1 826	188 642	1 803	4 932	195 377
1978 ^{x)}	17 138	10 243	38 103	25 889	2 404	5 134	5 661	22 773	10 161	605	142 456	72	2 494	140 677

Kilde: Bulletin Statistique des Pêches Maritimes.
ICES Saithe Working Group.

^{x)} Foreløpige oppgaver.

320 000 tonn. I 1977-78 sank fangsten til 140 000 tonn. Reduksjonen skyldes reguleringer i fisket etter at det ble innført økonomiske soner med reduserte fangster for land som ikke grenser til Nordsjøen.

Fangstene fordelt på land fremgår av tabell 15. USSR var den sterkeste beskatter av seien i Nordsjøen frem til 1978. Norges andel er liten og mindre enn 10%. Det er umoden sei som fiskes med snurpenot på norskekysten sør for 62°N. Ellers merker en seg at også bifangstene i industrifisket (umoden sei) har gått sterkt tilbake i de senere år. Det er nå forbud mot oppmaling av sei, og det er innført minstemål på 30 cm.

Beregnet gytebestand (5+) fremgår av Figur 37. Bestanden økte betydelig i 60-årene og nådde et maksimum i 1973 med henimot 600 000 tonn. Siden har den gått sterkt tilbake, til under 300 000 tonn i 1978.

Årsklassene 1966-68 var sterke, mens årsklassene 1969-72 var svake, d.v.s. samme rekrutteringsmønster som for seien nord for 62°N. Beskatningen har vært middels høy med F i størrelsesorden 0.3 til 0.4 og relativt jevnt fordelt på voksen og umoden sei. I 1974-76 var F høy på ungfisk på grunn av stor innblanding i industrifisket (Tabell 15).

Potensielt langtidsutbytte

Nederst i Figur 36 er vist beregnet utbytte pr. rekrutt for nåværende beskatningsmønster og for en fangststrategi som bare beskatter voksen sei. Som for seien i nord er det lite å vinne i utbytte pr. rekrutt ved å senke beskatningsgraden ($F_{\max}=0.2$). Utbytte pr. rekrutt kan økes med inntil 150 gram ved å forandre beskatningen til bare å omfatte voksen sei. Det svarer til en maksimal økning i utbytte på 30%.

Årsklassene 1961-75 rekrutterte i gjennomsnitt 280 mill. individer på 1-årstrinnet. Det tilsvarer et maksimalt langtidsutbytte på 230 000 tonn.

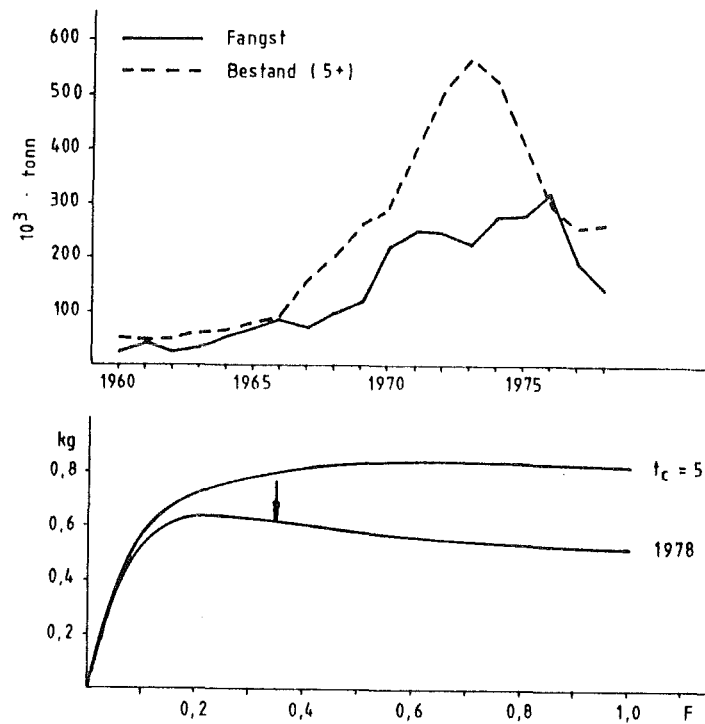


Fig. 37. Fangst og gytebestand (5+) for sei i Nordsjøen og Skagerak i årene 1960-78. Nederst i figuren er vist beregnet utbytte pr. rekrutt med nåværende beskatningsmønster (1978) og for minste beskatningsalder på 5 år ($t_c=5$). $M=0.2$, rekrutteringsalder 1 år. Pilen angir beskatningsgraden i 1978.

UER

Bestandsstruktur.

Det finnes tre arter av uer, den vanlige ueren, snabelueren og lusueren. Lusueren har liten kommersiell betydning og fangstene av de to øvrige artene registreres sammen i fangststatistikken under fellesbetegnelsen uer.

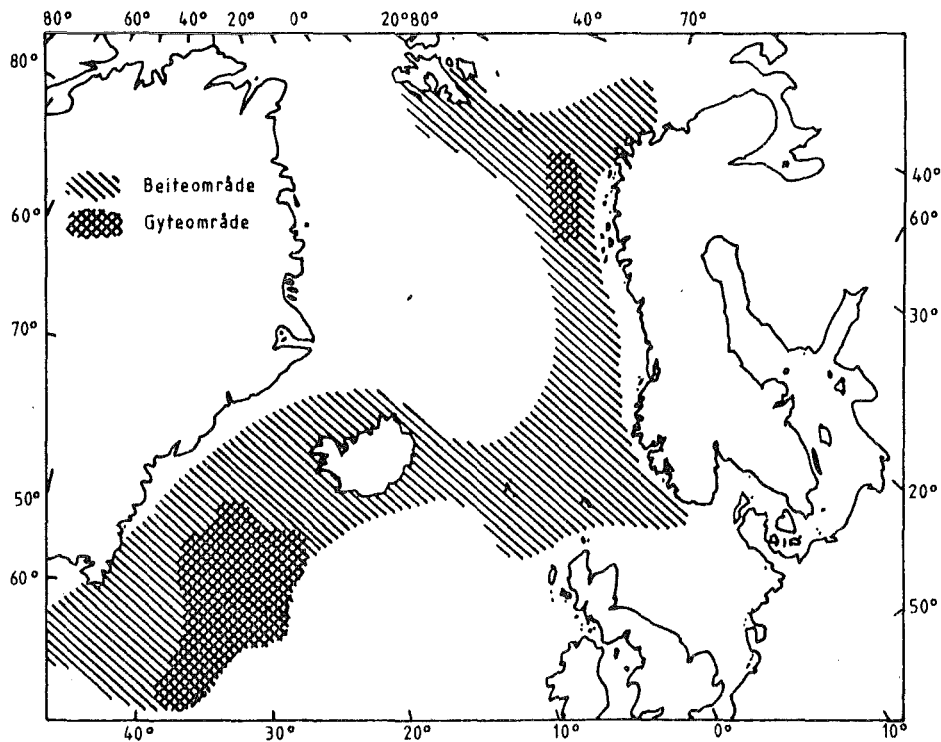


Fig. 38. Utbredelse av uer.

Utbredelse og livsmønster

Ueren er en dypvannsfisk utbredt i det nordlige Atlanterhav, i Norskehavet og i vestlige del av Barentshavet (Fig. 38). Det

er to hovedgytefelt, et utenfor egga i Nord-Norge og et stort område i Irmingerhavet. Ueren har indre befruktning og føder klekte larver. Befruktningen skjer i august - november, klekkingen i februar - mars, fødselen i april - juni, og fødselen foregår i de områder som her er kalt gytefelt. Den blir kjønnsmoden ved en størrelse på 30 - 40 cm og er da om lag 15 år. Den vokser og modnes således særdeles sent. Ueryngelen lever pelagisk det første leveår. Den bunnslår seg om vinteren som 1-åringer, og er da ca. 7 cm lang. Viktige oppvekstområder for umoden uer er bankene ved Bjørnøya og Spitsbergen.

Ved kjønnsmodningen forandrer ueren sitt vandringsmønster. Når vinteravkjølingen tar til begynner ueren å sige mot gytefeltene fra ytterkanten av utbredelsesområdet. Hannene stopper imidlertid opp ved Tromsøflaket mens hunnene vandrer alene til gyteplassene. Etter gytingen i mai-juni vandrer hunnene nordover igjen. De treffer hannen på Tromsøflaket - Bjørnøya, og sammen vandrer de så mot utkantene av utbredelsesområdet på jakt etter næring. Parringen foregår i beiteområdet i august-oktober, og på vinteren begynner de å vandre mot gytefeltene igjen. Vanlig uer og snabeluer har i prinsippet det samme vandringsmønster, men gyteplassene er forskjellige og snabeluerens vandring foregår hovedsakelig i det vestlige Barentshav og langs Vest-Spitsbergen.

Beskatning

Tabell 16 viser samlede uerfangster i den nordøstlige del av Norskehavet og Barentshavet i årene 1968-78. Tabellen viser en gradvis økning i uerfangstene i begynnelsen av 1970-årene. I 1974-75 økte fangstene fra 97 tusen tonn til 278 tusen tonn og videre til 318 tusen tonn i 1976 som er maksimum. I 1977 ble kvantumet redusert til 170 tusen tonn. Det er USSR som i disse årene dominerer uerfisket i dette området. Snabelueren fanges med pelagisk trål, vanlig uer fanges mest som bifangst i torskefisket.

Tabell 16. Totale landinger av uer i det nordøstlige Atlanterhav (område I + IIA + IIB) fordelt på land. (Rund vekt i tonn).

LAND	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978 ^x
Belgia							30	28	2	2	-
Færøyene			60		9	32	6	67	137	8	10
Frankrike							1 116		-	660	289
Øst-Tyskland	852	1 069	7 149	14 786	9 972	11 756	28 275	28 020	22 636	17 614	16 165
Vest-Tyskland	3 258	5 573	2 416	3 076	1 697	3 479	6 597	5 182	7 894	7 231	11 461
Nederland		20							127	-	-
Norge	4 024	3 904	3 832	4 644	6 776	7 714	7 055	4 966	7 305	7 381	7 765
Polen		5 973	4 631	2 532	1 112	215	1 269	4 711	4 137	175	2 957
Portugal								331	3 463	1 480	419
Spania								1 194	3 398	-	151
Storbritannia	5 058	5 224	4 554	4 002	4 379	4 791	3 509	2 746	4 961	6 330	2 272
USSR	5 477	9 144	13 091	29 839	22 647	31 829	48 787	230 950	263 546	144 993	78 092
TOTAL	18 669	30 907	35 733	58 879	46 592	59 816	96 644	278 195	317 606	185 874	119 581

^xForeløpige tall.

Tabell 17. Fangst av uer og snabeluer i det nordøstlige Atlanterhav. (Rund vekt i tonn) 1967-1978.

År	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978*
Vanlig uer	17 703	13 256	24 071	12 817	13 816	17 730	21 436	27 272	39 125	48 584	39 509	29 019
Snabeluer	6 239	5 413	6 836	22 916	45 063	28 862	38 380	69 372	239 070	269 022	146 365	92 740

* Provisjonal data.

Tabell 17 viser beregnede fangster fordelt på de to artene. Det er fangstene av snabeluer som er størst og det er disse som har øket sterkest i midten av 1970-årene. Den betydelige reduksjonen som har skjedd i uerfangstene de to siste årene skyldes kvoteregulering av uerfisket i norsk økonomisk sone. Ueren begynner å rekruttere til den fangstbare bestand som 7-åringer, men er ikke fullt rekruttert før den er 13-15 år.

Øverst i Figur 39 er vist beregnet bestand av 6 år og eldre fisk, gytebestand (15+) og fiskedødelighet F for vanlig uer i årene 1965-78. I årene frem til 1972 holder bestand og beskatning seg nokså stabil med en gytebestand på om lag 200 tusen tonn og en fiskedødelighet på om lag 0.05. Totalbestanden ligger mellom 350-400 tusen tonn. Fra 1972 til 1975 øker beskatningen til $F=0.15$, hvor den igjen stabiliseres. Totalbestanden synker til vel 200 000 tonn, mens reduksjonen i den kjønnsmodne bestand er langt mindre. Grunnen er at årsklassene født i perioden 1968-72 er særdeles svake sammenlignet med tidligere årsklasser. Årsklassene 1962 og 1963 som har rekruttert gytebestanden i 1977 og 1978 var meget sterke og har holdt gytebestanden oppe til tross for den relativt høye beskatningen.

Lignende beregninger for snabeluer er vist i Figur 40. Fra 1965 til 1975 økte den fangstbare bestand (6+) fra 300 tusen tonn til 1 mill. tonn. Dette skyldes en kraftig økning i rekrutteringen fra årsklassene født etter 1960. I disse årene skjedde det en 3-dobling i styrken av årsklassene, og denne høye rekrutteringen har holdt seg like til årsklassen 1972 som er den siste det finnes beregninger for.

Denne betydelige økningen i rekrutteringen har ikke gitt seg lignende utslag i gytebestanden. Dette fordi beskatningen øket sterkt i årene 1975-1977, men også fordi de sterke årsklassene født etter 1962 ennå ikke er rekruttert til den voksne bestand. I de siste 3 årene er totalbestanden og den voksne bestand blitt redusert til 800 000 tonn og 100 000 tonn henholdsvis.

Potensielt langtidsutbytte

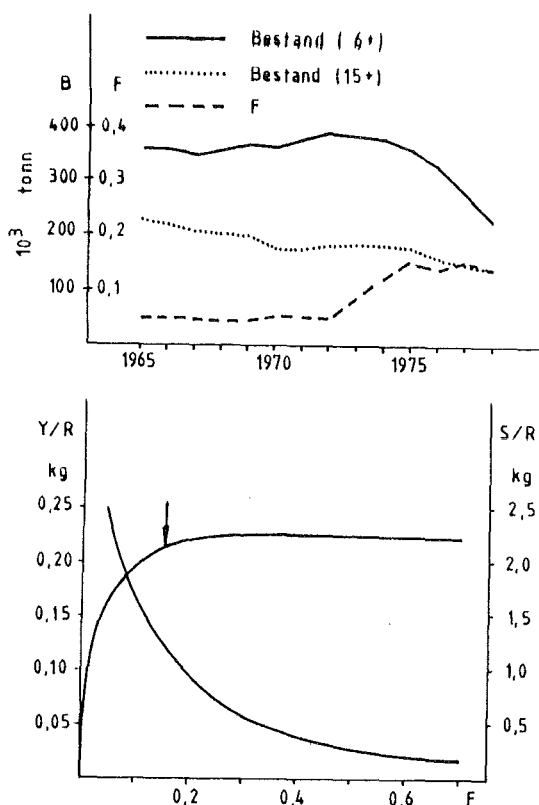


Fig. 39. Beregnet bestand eldre enn 6 år, gytebestand (15+) og fiskedødelighet for vanlig uer i årene 1965-78. Nederst i figuren er vist beregnet utbytte (Y/R) og gytebestand (S/R) per rekrutt for det nåværende fiskemønster. $M=0.1$, rekrutteringsalder 6 år. Pilene angir F-verdien i 1978.

Nederst i Figur 39 er vist beregnet utbytte og gytebestand pr. rekrutt for vanlig uer. Karakteristisk for arter med så sen vekst og kjønnsmodning er at de gir relativt høyt utbytte per rekrutt med lav F og at gytebestanden reduseres særdeles sterkt ved voksende beskatning.

For vanlig uer er $F_{\max}=0.2$. Fiskedødeligheten etter 1975 har vært på om lag 0.15, d.v.s. at den nå er middels sterkt beskattet ($E=0.60$). Imidlertid er rekrutteringen i tilbakegang og for å opprettholde gytebestanden på det nåværende nivå har en foreslått å senke F til 0.1 som er tilnærmet lik $F_{0.1}$. Det ville i tilfelle føre til at fangsten måtte reduseres til under 20 000 tonn. Opprettholdes samme F som nå (0.15) vil gytebestanden gå ned mot 100 000 tonn.

Siden rekrutteringen har vært så forskjellig i slutten av 1970-årene sammenlignet med tidligere år, er det vanskelig å angi MSY. Årsklassene 1965-72 har i gjennomsnitt rekruttert omlag 40 mill. individer på 6-årstrinnet. En så lav rekruttering gir et maksimalt langtidsutbytte på 10 000 tonn. Årsklassen 1962-64 derimot rekrutterte 140 mill. individer på samme alderstrinn. Det gir en MSY på 35 000 tonn.

Nederst i Figur 40 er vist beregnet utbytte og gytebestand per rekrutt for snabeluer. Kvotereguleringen i 1978 reduserte F fra 0.5 til 0.2 som er tilnærmet lik F_{\max} . Bestanden var sterkt overbeskattet, men reduksjonen i F gir bare en liten økning i utbytte per rekrutt (5%). For gytebestanden ville derimot en vedvarende F -verdi på 0.5 ha vært katastrofal ($S/R=40$ gram). Senkes F fra 0.20 til 0.10 taper en 10% i utbytte per rekrutt, mens gytebestanden 3-dobles. En videre reduksjon av F er således en aktuell beskatningsform for å sikre rekrutteringen.

For snabelueren er det også vanskelig å angi sannsynlig MSY fordi rekrutteringen har vært varierende. Årsklassene 1968-72 rekrutterte i gjennomsnitt 540 mill. individer på 6-årstrinnet. Det gir et maksimalt langtidsutbytte på 130 000 tonn og en tilsvarende gytebestand i størrelsesorden 200. Årsklassene før 1968 var imidlertid betydelig svakere, i størrelsesorden 200 mill. individer på 6-årstrinnet. Det sistnevnte rekrutteringsnivå gir et maksimalt langtidsutbytte i størrelsesorden 50 000 tonn.

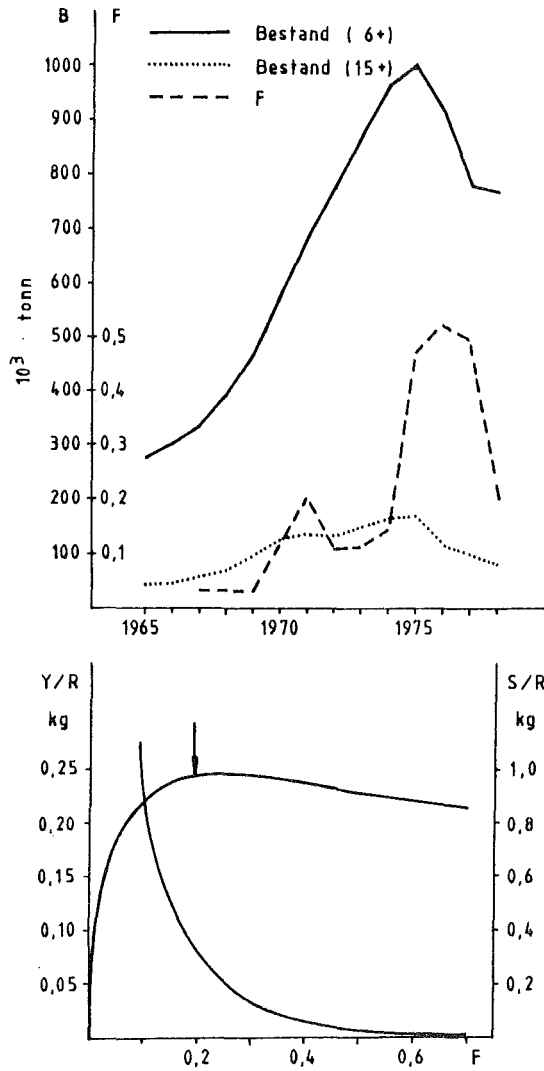


Fig. 40. Beregnet bestand eldre enn 6 år og gytebestand (15+) for snabeluer i årene 1965-78. Nederst i figuren er vist beregnet utbytte (Y/R) og gytebestand (S/R) per rekrutt for det nåværende fiskemønster. $M=0.1$, rekrutteringsalder 6 år. Pilen angir F-verdien i 1978.

BLÅKVEITE

Bestandsstruktur

Det finnes to hovedstammer av blåkveite. En stamme ved Island og Øst-Grønland, og en som lever i den nordøstlige del av Norskehavet og Barentshavet. Den sistnevnte går under betegnelsen norsk-arktisk blåkveite. Den har hittil gitt størst avkastning.

NORSK-ARKTISK BLÅKVEITE

Utbredelse og livsmønster

Blåkveita gyter langs eggakanten mellom 70°N og 75°N på 400-800 meters dyp der temperaturen er $2-4^{\circ}\text{C}$. Gytingen foregår over et lengre tidsrom, fra oktober til juni.

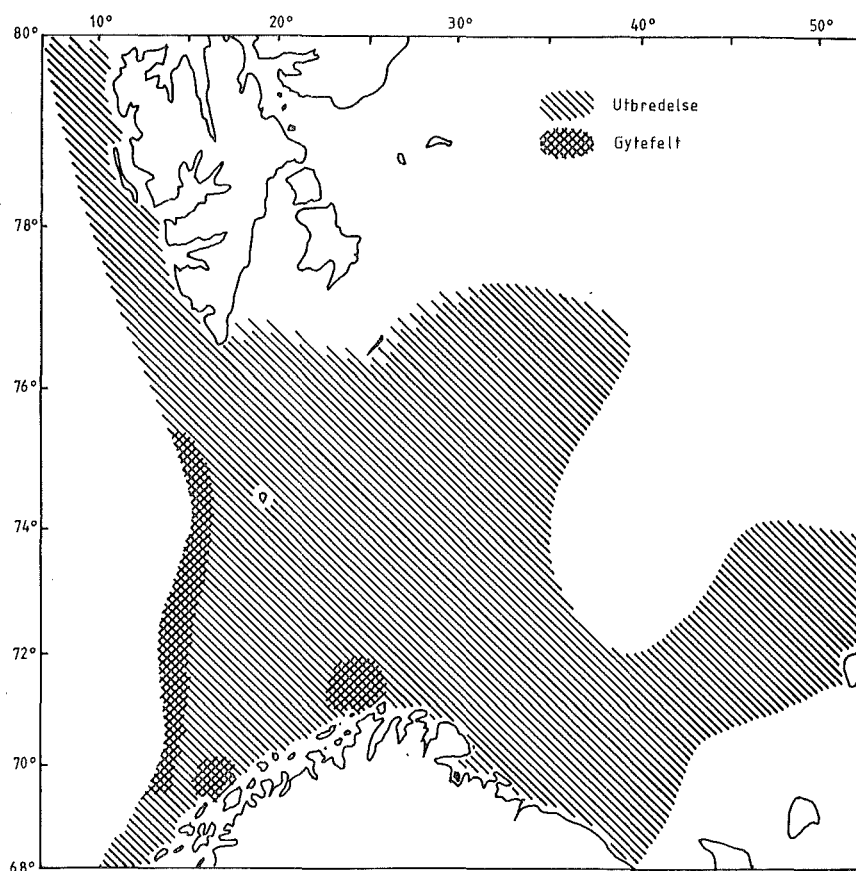


Fig. 41. Utbredelse av norsk-arktisk blåkveite.

Eggene driver fritt i vannmassene. Ettersom larvene vokser, beveger de seg mot overflatelaget. Når de er ca. 6 cm lange "vandrer" det venstre øyet halvveis over til høyre side av fisken. Den mister pigmenteringen på blandsiden som blir hvit. Etter denne metamorfosen, søker den til bunnen.

Etter at yngelen har bunnslått seg lever den en stund langs Vest-Spitsbergen og i de grunnere bankområdene nord og øst i Barentshavet hvor temperaturen kan være under 0°C. Men etter hvert som den blir eldre, trekker den sør- og vestover til varmere og dypere vann. Blåkveitehunnen blir kjønnsmoden som 9-åringer, hannene 1 til 2 år tidligere. Ved kjønnsmodning er hunnene om lag 60 cm lang, hannen 45 cm.

Beskatning

Øverst i Figur 42 er vist fangst av blåkveite etter 1950. Linefisket etter blåkveite er gammelt. Det foregikk på relativt store dyp, 400-800 meter, og var hovedsaklig basert på den voksne bestand. Viktige fangstfelt var Vesterålen, Tromsøflaket og eggakanten nordover til Bjørnøya.

Frem til 1964 var årsfangsten i størrelsesorden 10 000 tonn eller mindre og det meste ble fisket av norske linefiskere. I 1964 begynte russerne å fiske blåkveite med trål. Fangsten økte til 40 000 tonn, ble så igjen redusert i noen år, for så å øke dramatisk til 90 000 tonn i 1970. I årene 1974-76 stabiliserte fangstene seg mellom 35 000 og 40 000 tonn. Det norske linefisket etter blåkveite er i denne perioden blitt ulønnsomt. Dels fordi bestanden og dermed tilgjengeligheten er blitt mindre og dels fordi linefiskerne fortrenses av trålerne fra de beste fiskefeltene.

Siden 1977 er fangsten av blåkveite blitt kvoteregulert i henhold til fiskeriavtalen med Sovjet. Fangstene fordelt på land fremgår av Tabell 18.

Beregnet bestand over 4 år, gytebestand (9+) og fiskedødelighet er vist i Figur 42. Før trålfisket ble introdusert (1964)

Tabell 13. Fangsten av norsk-arktisk blåkveite. Rundvekt i 1000 tonn.

	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978 ¹⁾
<u>Fordelt på nasjoner</u>											
Norge	22,5	14,9	14,2	7,2	6,3	3,8	4,1	3,2	2,0	1,7	1,8
line/garn											
trål	-	-	1,7	2,3	9,7	10,2	4,7	1,7	4,0	2,5	2,3
Sovjet	3,4	19,8	35,6	54,3	16,2	8,6	17,0	20,4	16,6	15,0	14,7
Vest-Tyskland	-	0,1	-	+	+	0,1	0,1	0,1	+	0,1	0,3
Øst-Tyskland	0,3	3,8	18,7	2,9	1,6	4,0	5,9	8,5	9,0	8,2	4,6
Polen	-	5,3	19,3	12,3	8,0	2,1	5,1	3,6	3,6	0,2	0,5
Færøyene	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
Storbritania	-	-	-	-	1,3	1,2	0,9	0,7	0,9	1,1	0,2
Sum	26,2	43,8	89,5	79,0	43,1	29,9	37,8	38,2	36,1	28,9	24,4

1) Foreløpige tall

var beskatningen liten og bestanden akkumulert, i en antatt størrelsesorden av 400 000 tonn. Denne er blitt fisket ned gradvis siden 1965, til under 150 000 tonn i 1978. Gytebestanden er fisket ned fra 130 000 tonn i 1970 til 30 000 tonn i 1978. Fiskedødeligheten i 70-årene har vært høy. I 1970-71 var $F \approx 0,6$, i 1978 var $F = 0,42$. Fiskemønsteret tilsvarer en minste fangstbarhetsalder på 6.5 år.

Potensielt langtidsutbytte

Nederst i Figur 42 er vist beregnet utbytte og gytebestand per rekrutt for nåværende beskatningsmønster. I 1970-årene har bestanden vært sterkt overbeskattet. Det er imidlertid ikke så svært mye å vinne i langtidsutbytte per rekrutt ved å redusere F fra 0.42 (1978) til 0.2, som er F_{\max} . Men av hensyn til gytebestanden vil det utvilsomt være en stor fordel å redusere F til F_{\max} . En slik reduksjon vil 3-doble gytebestanden.

Det har vært relativt jevn rekruttering til blåkveitebestanden og årsklassene 1967-75 har rekruttert om lag 35 mill. individer på 3-årstrinnet i gjennomsnitt. Med nåværende beskatning, tilsvarer det et likevektsutbytte på vel 20 000 tonn og en gytebestand på 30 000 tonn.

Maksimalt langtidsutbytte med nåværende rekruttering og beskatningsmønster er 23 000 tonn, med tilsvarende gytebestand på 90 000 tonn. Alternativet $F_{0,1} = 0,12$ gir et langtidsutbytte på 20 000 tonn og en gytebestand på om lag 150 000 tonn.

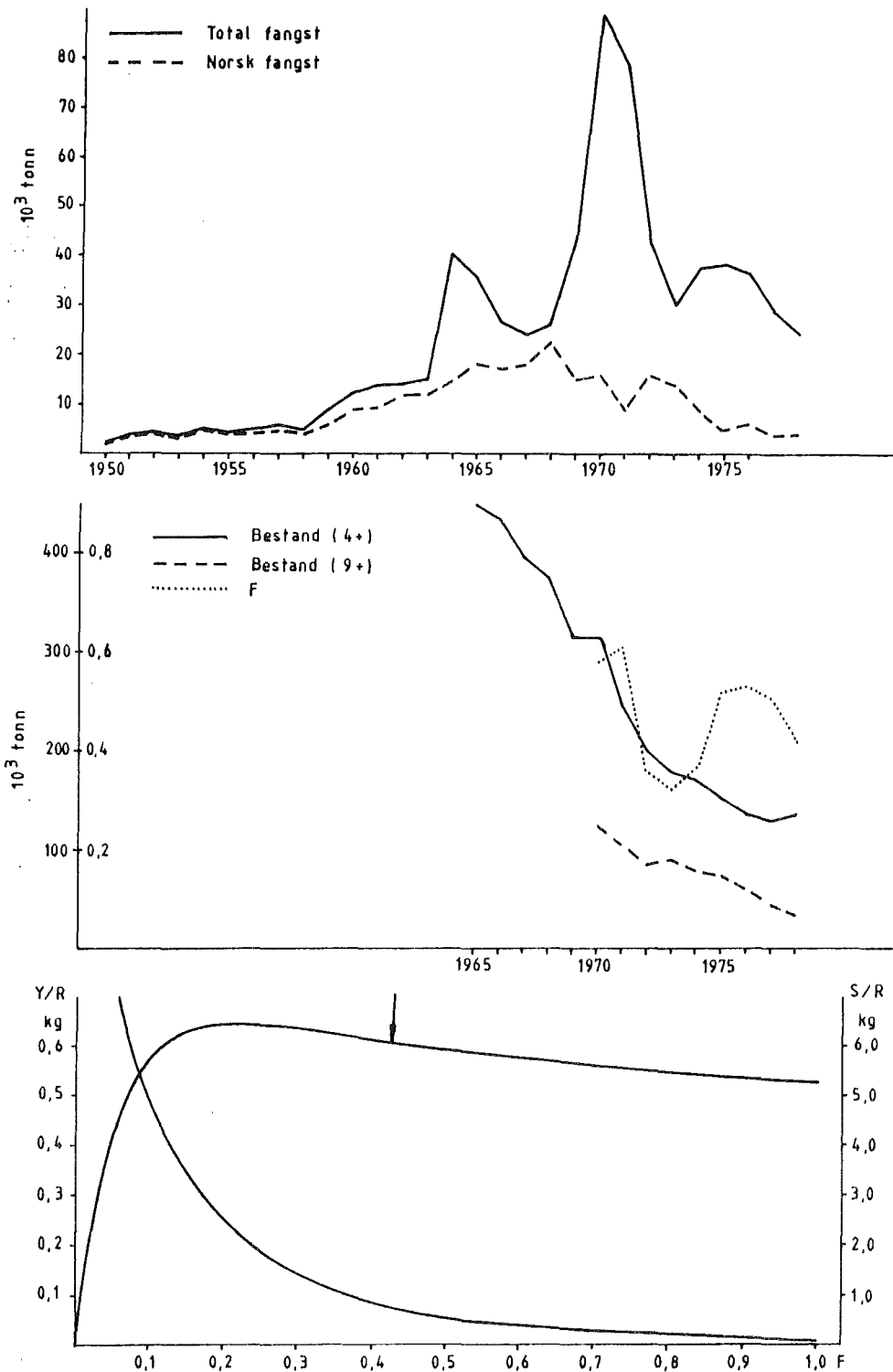
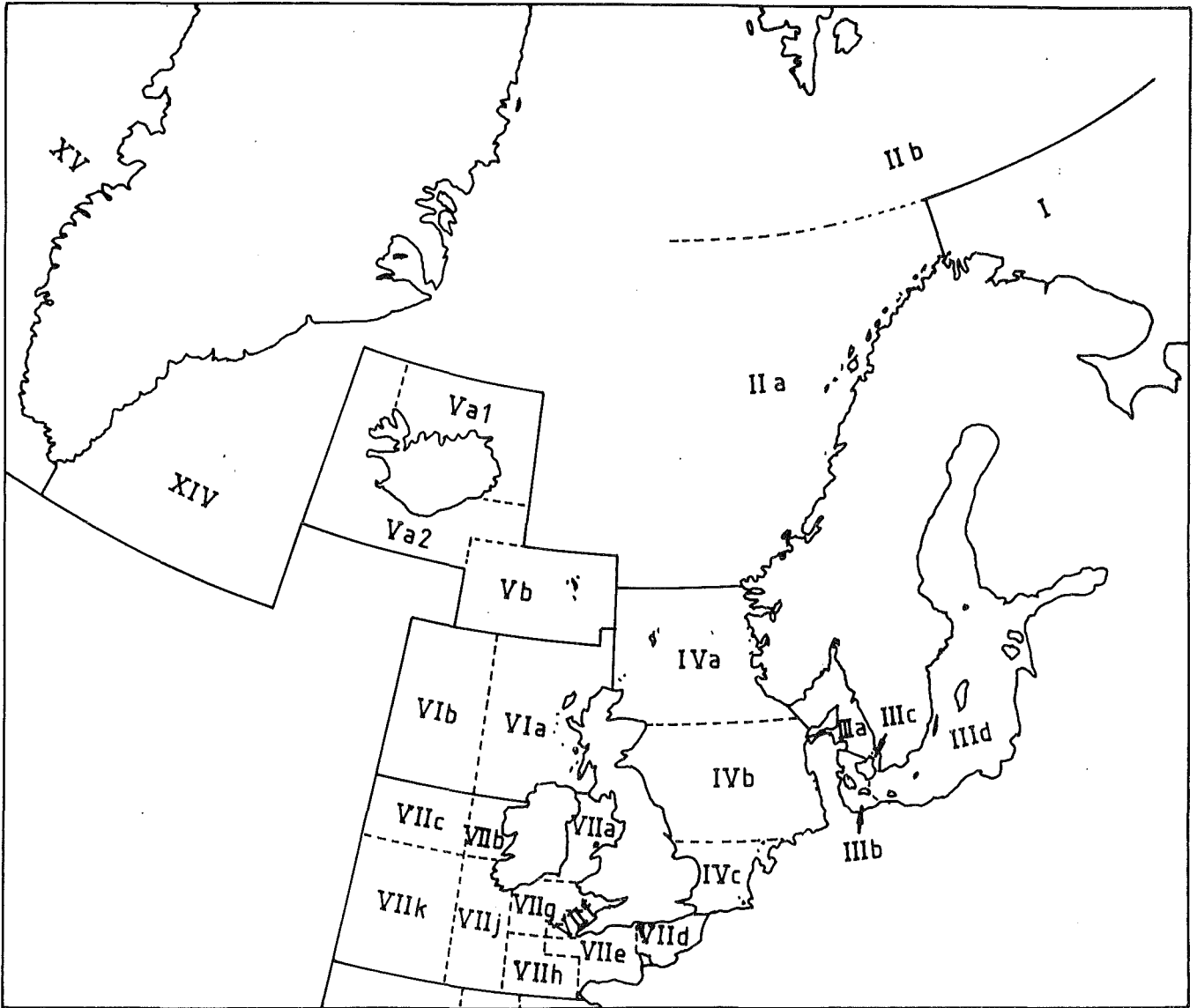


Fig. 42. Fangst (øverst) og beregnet bestand og fiskedødelighet (F) for norsk-arktisk blåkveite (midten). Nederst er vist beregnet utbytte og gytebestand per rekrutt. $M=1.05$, rekrutteringsalder 3 år. Pilen viser beregnet F for 1978.

Av hensyn til gytebestanden har ICES foreslått å redusere fangsten av norsk-arktisk blåkveite til 14 000 tonn i 1980.

VEDLEGG



ICES områder