

LODDAS UTBREDELSE I BARENTSHAVET I FORHOLD TIL
TEMPERATURFELTET I PERIODEN 1974-1982

[The distribution of capelin in the Barents Sea in relation
to the water temperature in the period 1974-1982]

Av

HARALD LOENG, ODD NAKKEN og ASKJELL RAKNES
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt

ABSTRACT

LOENG, H., NAKKEN, O. and RAKNES, A. 1983. Loddas utbredelse i Barentshavet i forhold til temperaturfeltet i perioden 1974 - 1982. [The distribution of capelin in the Barents Sea in relation to the water temperature in the period 1974-1982]. Fisken Hav., 1983(1): 1-17.

The variations in the distribution and abundance of the different age groups of capelin in the Barents Sea were studied in relation to temperature variations in the period 1974-1982. The data were collected on yearly cruises in September-October.

During the period 1976-1980 a pronounced south- and westward displacement of all age groups was observed. The displacement coincides with decreasing water temperatures in the region, and it is shown that the older age groups, 2, 3 and 4 years old fish, inhabited significantly warmer water masses in the years 1980-1982 than previously. The mean weight of the fish, especially for the 2 years old, changed correspondingly, as it was higher in 1980-1982 than previously in the period.

INNLEDNING

Lodda i Barentshavet gyter ved en alder av 3-6 år (DRAGESUND, GJØSETER and MONSTAD 1973, HAMRE and TJELMELAND 1982) og 4 år gammel fisk dominerer i gytebestanden. Mesteparten av lodda gyter bare én gang. Gytefeltene strekker seg fra Kvitsjøområdet i øst til Lofotenområdet i vest, og hovedgytingen foregår i mars-april. De siste årene har mesteparten av gytingen foregått på Finnmarkskysten.

DRAGESUND et al. (1973) og HAMRE and TJELMELAND (1982) viser kart over utbredelsesområder for ulike aldersgrupper og gytevandring. I beiteperioden, om sommeren og høsten, er fisken utbredt over store deler av Barentshavet. De yngste årsklassene, 0 og 1 år gammel fisk, finnes da i sør- og vestdelen av utbredelsesområdet, mens den eldre fisken er mer nordlig og østlig fordelt. Senhøstes, når isen legger seg i Barentshavet, vandrer alle årsklassene mot sør etter hvert som isen trekker sørover. Den umodne delen av bestanden stopper opp ute i havet om vinteren og vandrer nordover igjen

på beitevandring om våren (april-juni); den kjønnsmodne delen av bestanden fortsetter mot kysten på gytevandring.

Siden 1971 har Havforskningsinstituttet hver høst kartlagt utbredelsen av lodde i Barentshavet. Resultatene fra disse toktene har vist at utbredelsesområdet for lodda i september-oktober er blitt vesentlig forflyttet i løpet av perioden. LOENG (1981) viste at disse forskyvningene falt sammen med tilsvarende forflytninger av isotermene og hans hovedkonklusjon var:

I perioden 1971-1976 da det var relativt varmt i de nordøstlige deler av Barentshavet fantes også lodda langt mot nord og øst; i årene 1977-1980 da de nordøstlige deler av Barentshavet var kaldere var fordelingen av lodde mer sør- og vestlig.

Fig. 1 viser utbredelsesområdet for hele loddebestanden (alle årsklasser samfengt) og isotermene for 0 og 2°C i 100 m. Figuren viser tydelig at jo lavere

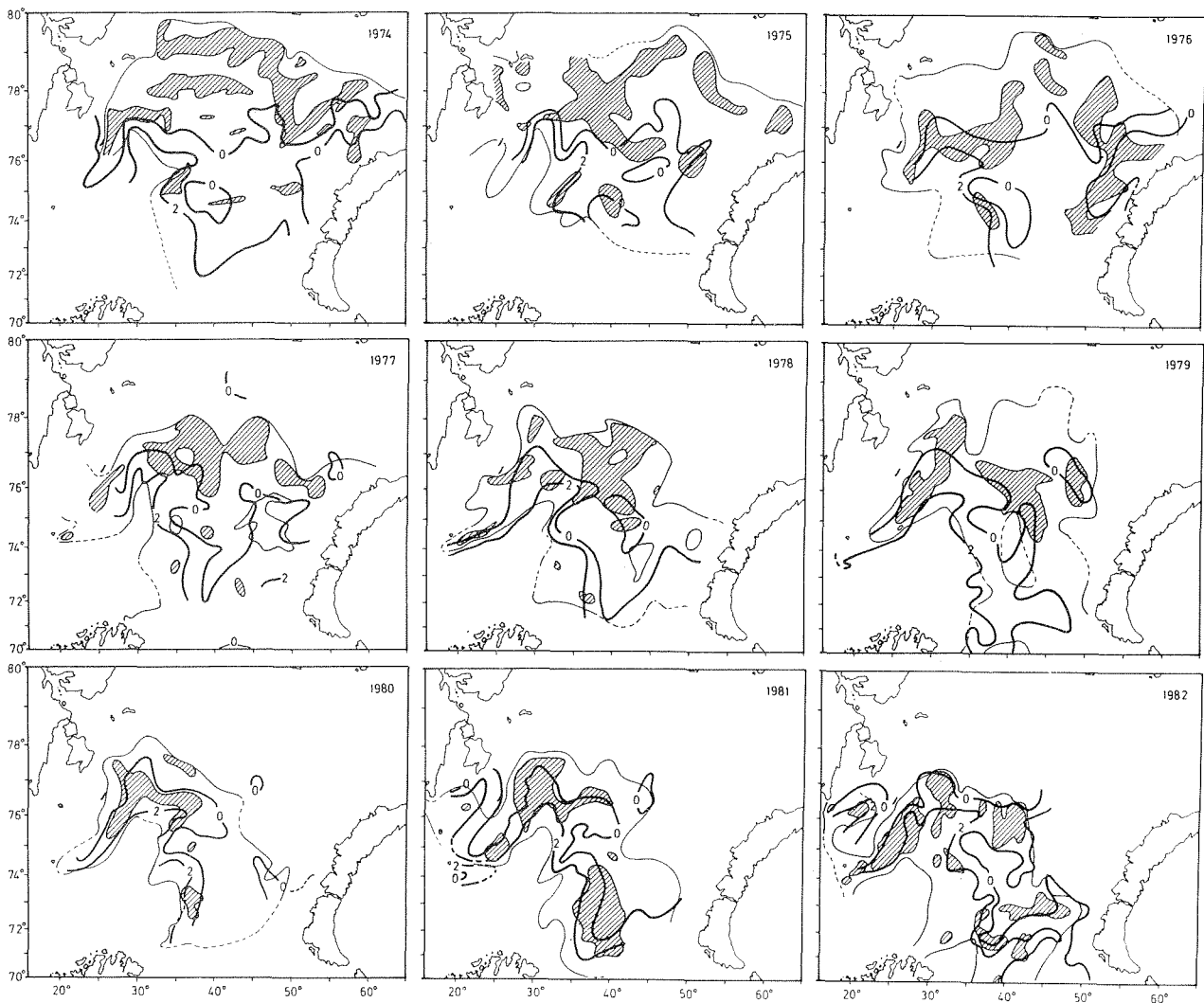


Fig. 1. Isotermene for 0°C og 2°C i 100m og utbredelsen av lodde (alle aldersgrupper samfengt) i perioden 1974-1982. Områdene med tetteste loddekonsentrasjoner er skravert. [The distribution of 0°C- and 2°C-isotherms in 100m depth and the distribution of capelin in the period 1974-1982. The areas of main concentration of capelin are hatched.]

temperaturen er i havet, desto lenger sør og vest finnes loddekonsentrasjonene. De to begivenhetene, sør og vestlig loddefordeling og lav temperatur i Barentshavet, synes sammenfallende. Dersom en ønsker å belyse i hvilken grad disse forflytningene faller sammen med forandringer i vekst og kjønnsmodning, må en foreta en analyse for hver enkelt aldersgruppe og årsklasse. Et vesentlig spørsmål i denne sammenhengen er hvordan forskyvningene av loddekonsentrasjoner og temperaturfelt har foregått.

Det foreliggende arbeidet tar derfor sikte på å vise:

- temperaturfeltets geografiske forflytning
- loddas geografiske forflytning
- temperaturfeltets og loddas innbyrdes fordeling

Det tar også sikte på å belyse de vekstvariasjoner som er observert hos lodda i denne sammenheng.

MATERIALE OG METODER

Alt materiale denne rapporten bygger på, er innsamlet under Havforskningsinstituttets høstloddetokter. Under disse toktene kartlegges utbredelsen av lodde og bestandens størrelse beregnes. I alle år som er omhandlet i denne rapporten, er undersøkelsene gjennomført innenfor tidsrommet 7 september-15 oktober (Tabell 1). For å få et mest mulig ensartet datagrunnlag er årene 1971-1973 av ulike årsaker ikke tatt med i denne undersøkelsen; i 1972 var f.eks. tidspunktet for toktet en måned tidligere.

Tabell 1. Tidsrom for høstloddetoktene i perioden 1974-1982, og referanser til rapporter fra toktene. [Periods of capelin investigations in autumn in the years 1974-1982 and references to cruise reports.]

År	Undersøkelsesperiode	Referanse
1974	15 sept. - 12 okt.	(BUZETA <i>et al.</i> 1975)
1975	12 sept. - 15 okt.	(DOMMASNES, NAKKEN og RØTTINGEN 1976)
1976	11 sept. - 1 okt.	(DOMMASNES og RØTTINGEN 1977)
1977	16 sept. - 7 okt.	(MONSTAD og RØTTINGEN 1977)
1978	14 sept. - 11 okt.	(DOMMASNES, LOENG og MONSTAD 1979)
1979	17 sept. - 28 sept.	(Intern toktrapport)
1980	10 sept. - 5 okt.	(Intern toktrapport)
1981	7 sept. - 5 okt.	(Intern toktrapport)
1982	7 sept. - 3 okt.	(Intern toktrapport)

Akustiske og biologiske data

Mengde og utbredelse av lodde er registrert med ekkointegreringssystemer, og registreringene er identifisert ved hjelp av trål. Fra trålfangstene er det tatt prøver for å bestemme loddas alder, lengde og vekt. Dette gir grunnlag for opplysninger om antall lodde og loddas lengde og vekt fordelt på årsklasser i

de forskjellige statistiske ruter og områder som Barentshavet er delt opp i (Fig. 2). I denne rapporten er det benyttet data for de ulike årsklasser fra disse statistiske rutene, og disse dataene er sammenholdt med temperaturobservasjoner (Fig. 2). For nærmere beskrivelse av metodikken som blir brukt under de akustiske mengdemålinger, vises til toktrapportene i Tabell 1 og til NAKKEN and DOMMASNES (1975).

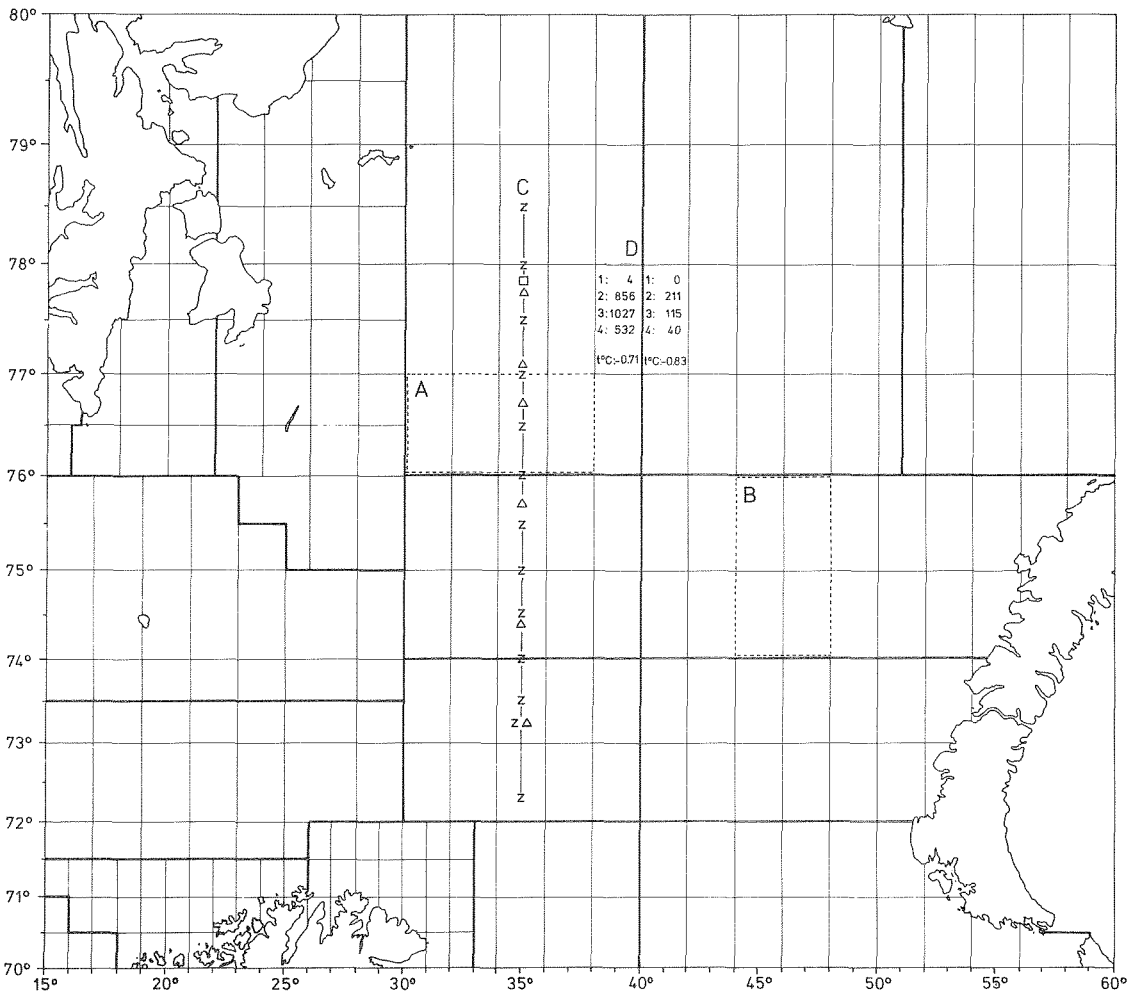


Fig. 2. Kart som viser inndelingen av Barentshavet i statistiske ruter. A og B: områder benyttet til å undersøke klimavariasjoner (jmf. Fig. 6) C: Snitt med hydrografiske stasjoner (z), pelagisk trål (Δ) og bunnt랄 (\square) (jmf. Fig. 5) D: Eksempel på fordeling av antall 1-4 år gammel lodde (antall $\cdot 10^{-7}$) sammen med middeltemperaturen for 10-200m i to statistiske ruter. [Statistical areas in the Barents Sea. A and B: Areas for investigation of climatic changes (see Fig. 6). C: The distribution of hydrographic stations (z) and trawl stations (Δ and \square) along a section in 1977 (see Fig. 5) D: Example of number of 1-4 years old capelin (number $\cdot 10^{-7}$) and mean temperature (10-200m) in two statistical areas.]

Hydrografiske data

Hydrografiske stasjoner er tatt langs kurslinjene; etter 1978 med en avstand på 30 nautiske mil mens stasjonsnettet i tidligere år var noe mer åpent. Observasjonene er foretatt ved hjelp av Nansen-vannhentere, Bissett-Berman STD-sonde eller Neil Brown CTD-sonde.

For hver hydrografisk stasjon er det beregnet middeltemperaturer for dybdelaget 10-200 m. En nærmere begrunnelse for valg av dybdelag er gitt i neste kapittel under avsnittet "Vertikal fordeling". I hver enkelt statistisk rute er så middeltemperaturen for dette dybdelaget beregnet etter en av følgende metoder:

1. Den enkelte hydrografiske stasjon er tillagt vekt (m_i) etter hvor stort område den representerer i den statistiske ruten. Stasjonens temperatur, t_i , multipliseres med vekten. Dette gjøres for alle stasjoner (N) i ruten og middeltemperaturen, \bar{t}_m , fås ved å dividere med summen av vektene (M)

$$\bar{t}_m = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N t_i m_i \quad (\text{middeltemperatur i ruten})$$

2. Det er tegnet isolinjer for middeltemperaturen i 10-200 m for hver 0.5°C i hele undersøkelsesområdet. Arealet (a_i) mellom isotermene t_i og t_{i+1} er multiplisert med middeltemperaturen for arealet. Dette er gjort mellom samtlige isotemer (N) i ruten og middeltemperaturen \bar{t}_m , fås ved å dividere med rutens totale areal, A .

$$\bar{t}_a = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{t_{i+1} + t_i}{2} \cdot a_i \quad (\text{middeltemperatur i ruten})$$

Metode 1 gir gode resultater når det er et regelmessig stasjonsnett med 2-3 stasjoner for hver rute og små horisontale temperaturgradienter. Metode 2 gir bedre resultater i områder med få observasjoner og hvor det er store horisontale gradienter. Metoden er imidlertid svært tidkrevende.

For 1981 er begge metodene benyttet. Resultatene fra de to metodene for de ulike ruter er plottet mot hverandre i Fig. 3. I de fleste tilfellene er middelverdiene sammenfallende; i 80% av rutene var differansen mindre enn $0,25^\circ\text{C}$,

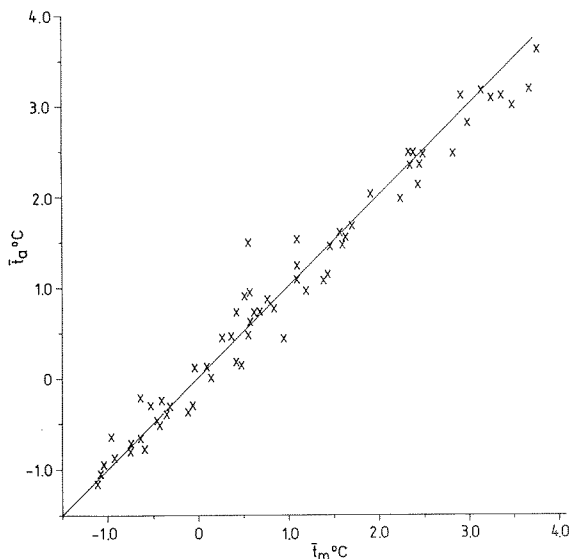


Fig. 3. Middeltemperaturen i 10-200m for alle statistisk ruter i undersøkelsesområdet i 1981, beregnet etter to forskjellige metoder (forklaring i teksten). [Calculated mean temperature in 10-200m for all statistical areas in 1981, using two different methods].

og bare i en rute var differansen større enn $0,5^{\circ}\text{C}$. En lineær regresjonsanalyse ga en linje gjennom origo med stigningskoeffisient 1,0; korrelasjonskoeffisienten var 0,99. I praksis er det derfor samme hvilken metode som anvendes og metodene kan benyttes om hverandre. Dette har også blitt gjort ved at metode 1 er benyttet der hvor det har vært god hydrografisk dekning, mens metode 2 er benyttet der det har vært få temperaturobservasjoner og i områder med store horisontale gradienter.

For å vise hvordan temperaturen i Barentshavet har variert gjennom undersøkelsesperioden er det beregnet middeltemperaturer for to områder, A og B (Fig. 2). For disse områdene er middeltemperaturen for hvert år beregnet for dybdeintervallet 10-200 m. Som grunnlag for dette midlet er middelveidene for de statistiske rutene innenfor området benyttet beregnet etter metode 1 eller 2 som beskrevet ovenfor.

FORDELING AV LODDE OG TEMPERATUR

Horisontal fordeling

Utbredelsen av lodde (alle årsklasser samlet) de enkelte år i perioden 1974-1982 er vist i Fig. 1. Som beskrevet innledningsvis, var det en markert forflytning sørover fra 1976 til 1977. Videre fram mot 1982 har det vært små endringer i utbredelsen vest for 35°Ø . Lenger øst har yttergrensene for loddas utbredelse gradvis beveget seg mot sør og vest og loddas hadde sin sørligste utbredelse i 1982.

Områdene med tette konsentrasjoner (skravert i Fig. 1) ligger spredt i utbredelsesområdet. I hovedtrekk har også disse områdene gradvis beveget seg sørover og vestover i tidsrommet 1974-1980. Loddas var mest konsentrert i 1980. I de to siste årene har det vært en svak forflytning østover av områder med tettere konsentrasjoner.

På Fig. 1 er også isolinjene for 0°C og 2°C i 100 m tegnet inn. Vest for 35°Ø er endringene i beliggenheten totalt sett små. Isotermen for 0°C har forflyttet seg lite mens isotermen for 2°C har beveget seg ca 60 nautiske mil mot sør. De største endringene har skjedd i den østlige delen av Barentshavet. Fram til 1976 var det små endringer i beliggenheten av 0°C -isotermen mens det var en meget stor forflytning fra 1976 til 1977. Videre fram til 1980 har 0°C -isotermen beveget seg mot sørvest. Bevegelsen av 2°C -isotermen har i samme tidsperiode vært i samme retning, men betydelig mindre. I årene 1981 og 1982 er det antydninger til at begge isotermene har beveget seg noe nordover igjen i den østlige delen av Barentshavet.

Fig. 1 viser også tydelig at mens en i årene 1974-1979 hadde betydelige andeler av loddeforekomstene nord og øst for 0°C -isotermen så var disse andelene vesentlig lavere i årene 1980-82. Da ble mesteparten av loddas observert i området mellom 0°C og 2°C isotermene.

Fig. 4 viser utbredelsesområdet for de ulike årsklasser av lodde i 1981. Statistiske ruter som inneholdt mer enn 2% (i antall) av den enkelte årsklasse er

skraverte. Det totale utbredelsesområdet for 1- og 2-åringer var tilnærmet det samme, men konsentrasjonene av 1 år gammel lodde fantes i den sørlige delen av utbredelsesområdet (varmtvannsdelen), mens de største konsentrasjoner av 2-åringer fantes i den nordlige delen av området. Tre og fire år gammel fisk hadde tilnærmet samme utbredelsesområde og hovedkonsentrasjonene fantes i de samme områdene som for 2-åringene. Både 3- og 4-åringene hadde en mindre sørlig utbredelse enn den yngre lodda. Hovedtrekkene i dette utbredelsesmønsteret var typisk for alle år; konsentrasjonene av 2-, 3- og 4-åringer fantes i de samme områder, mens de største konsentrasjonene av 1-åringer var lengre sør.

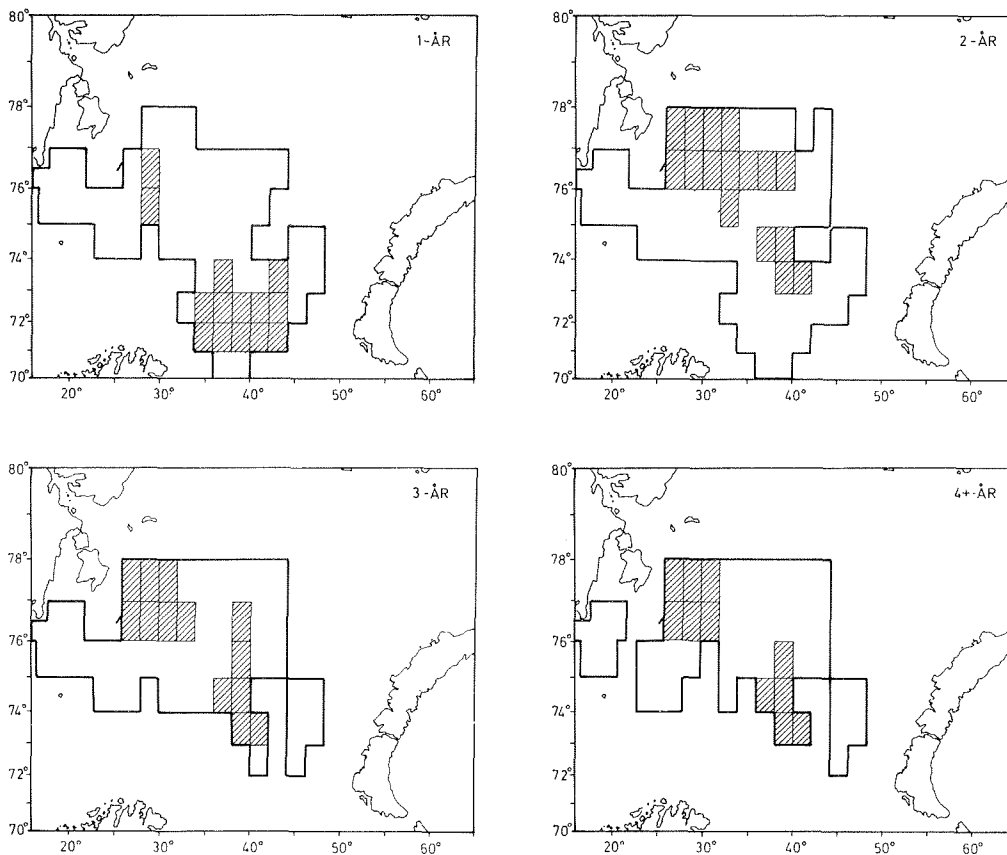


Fig. 4. Utbredelsesområdet for de ulike årsklasser av lodde i 1981. Statistiske ruter som inneholder mer enn 2% (i antall) av den enkelte årsklasse er skravert. [The distribution area of the different age groups of capelin in 1981. Statistical areas containing more than 2% (in number) of each age group are hatched].

Vertikal fordeling

Fig. 5 viser en typisk temperaturfordeling langs et snitt nord-sør i Barentshavet om høsten. I sør er det Atlanterhavsvann med temperaturer over 2°C i mesteparten av vannsøylen, helt i nord er det Arktiske vannmasser med temperaturer mellom $-1,8$ og 0°C . Området midt på snittet, mellom $74^{\circ}30'\text{N}$ og $76^{\circ}30'\text{N}$, er et blandingsområde hvor vannmassene er fordelt i henhold til sirkulasjonsmønsteret på og rundt Sentralbanken.

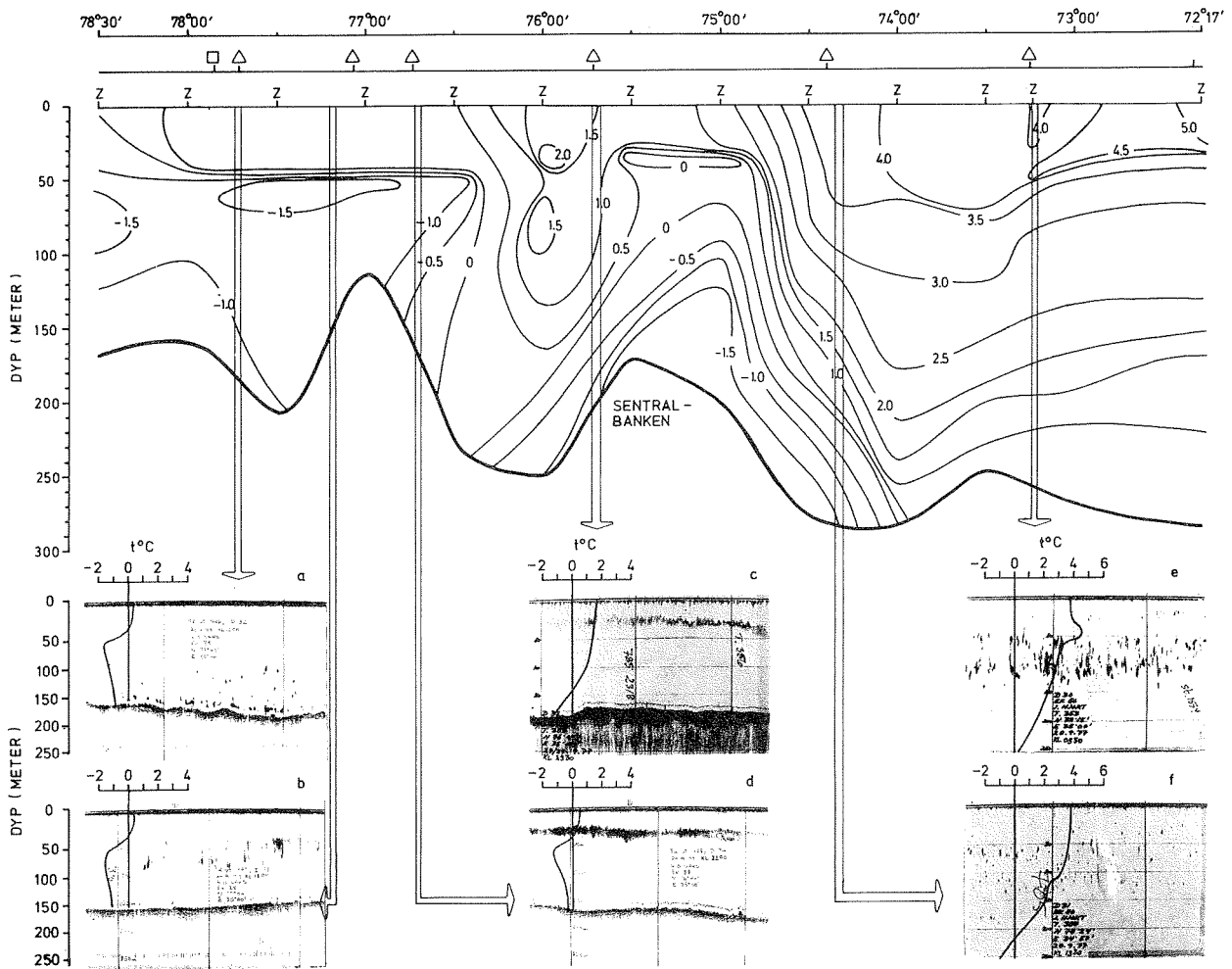


Fig. 5. Temperaturfordelingen i et snitt langs 35°Ø i 1977. z: hydrografisk stasjon, Δ : pelagisk trål, \square : bunntål (jmf. Fig. 2). Nederst ekkogrammer som viser lodderegistreringene nær trållokalitetene. Den vertikale temperaturfordeling på trållstasjonene er også inntegnet. [Temperature distribution along section C along 35°E in 1977 (see Fig. 2). z: hydrographic station, Δ : pelagic trawl, \square : bottom trawl. The echograms (a-f) below show the vertical distribution of capelin and the vertical temperature profile at the trawl stations].

Erfaringsmessig har det vist seg at l-åringene hovedsaklig befinner seg mellom 10 og 100 m mens eldre lodde i alt vesentlig finnes mellom 10 og 200 m. Den eldste lodda kan til dels stå ennå dypere, ned mot 250-300 m, men dette er relativt små andeler av totalantallet. Innenfor dette dybdelaget har lodda en døgnlig vandring. Om dagen står den i småstimer i varierende dyp, mens den om natten er samlet i et slør i de øvre vannlag. Dette er illustrert i Fig. 5 som viser lodderegistreringer i tilknytning til trållstasjoner langs snittet (se Fig. 2) i 1977. Om dagen stod lodda i stimer i ulike deler av vannsøylen, gjerne helt nede ved bunnen (ekkgogram a og f). Om natta var den samlet i et slør, hovedsaklig mellom 20-100 m (ekkgogram c og d). Ekkogrammene b og e viser typiske lodderegistreringer i overgangen mellom dag og natt. b viser hvordan sløret dannes om kvelden og e hvordan det går over i stimer om morgenen.

I den sørlige delen av snittet, hvor temperaturen i store deler av vannsøylen var over 1°C (ekkokrogrammene c, e og f), var det hovedsaklig 1-åringer i trålfangstene, 80-90 prosent, mens resten var 2 år gammel fisk. På de to nordligste trålstasjonene, illustrert ved ekkogram a, var det ingen 1-åringer. Her var mesteparten av fisken 2- og 3-åringer med et mindre innslag av 4-åringer. På de to trålstasjonene rundt 77°N forekom 1- og 2-åringene i blanding, med omlag like andeler på hver av de to aldersgruppene, og med et lite innslag av 3-åringer - mindre enn 5 prosent. Stort sett er dette en tilsvarende nord-sørfordeling av aldersgruppene som den som fremgår av Fig. 4; den yngste lodda står lengst sør og innslaget av eldre aldersgrupper øker etter hvert som en kommer nordover i havet.

Ved å sammenholde temperaturfordelingen i snittet i Fig. 5, temperaturprofilene på trålstasjonene, lodderegistreringene og aldersfordelingene på trålstasjonene ser en følgende: De eldre aldersgruppene i nord oppholdt seg i vann varmere enn 0°C bare om natten. Om dagen fantes denne lodda i betydelig kaldere vann, og under oppvandringen om kvelden og nedvandringen om morgenen passerte den temperaturminimumet som i store deler av det nordlige Barentshavet er mellom $-1,5$ og $-1,8^{\circ}\text{C}$. Unglodda (1-åringene) i sør fantes stort sett hele døgnet i vannmasser mellom overflaten og 100 m der temperaturene var høyere enn $1,0^{\circ}\text{C}$. Disse hovedtrekkene i vertikalfordelingen gjør det naturlig å velge lagene 10-100 m og 10-200 m som representative for fordelingene av henholdsvis 1-gruppe lodde og eldre fisk.

KLIMAVARIASJONER

Fig. 1 viser som nevnt i forrige kapittel, at det i perioden 1974-82 har vært en markert forflytning av isotermene for 0°C og 2°C i 100 m, spesielt mellom årene 1976 og 1977. Dette antyder tildels store klimaendringer i Barentshavet i undersøkelsesperioden. BLINDHEIM and LOENG (1981) har studert temperaturendringer i Atlanterhavsvannet i innstrømningsområdet til Barentshavet mellom Troms og Bjørnøya. I dette området sank temperaturen ca. $0,9^{\circ}\text{C}$ mellom høsten 1976 og høsten 1977, og havet var kaldt både i 1978 og 1979. Fra 1980 og fram til 1982 ble vannmassene varmere igjen i innstrømningsområdet, og høsten 1982 var temperaturene omtrent som før den sterke avkjølingen satte inn (LOENG 1983).

Fig. 6 viser temperaturvariasjonene i den vestlige og østlige delen av Barentshavet i undersøkelsesperioden (område A og B i Fig. 2). Område A dekker en del av polarfrontområdet, det vil si overgangen mellom Atlanterhavsvann og Arktisk vann, og temperaturvariasjonene her vil derfor reflektere forflytninger i frontområdets beliggenhet. Temperaturvariasjonene er forholdsvis like det som ble funnet i snittet mellom Troms og Bjørnøya i samme periode (BLINDHEIM and LOENG 1981, LOENG 1983). Det var et stort temperaturfall mellom 1976 og 1977, men allerede i 1979 økte temperaturen igjen. Tidsrommet 1979-82 har noenlunde jevn temperatur; høyere enn 1977-78, men noe lavere enn perioden 1974-76.

Område B er valgt i yttergrensen av området hvor det har vært observert lodde de senere årene. I denne østlige delen av Barentshavet har temperaturvariasjonene vært noe annerledes enn i den vestlige delen. Etter et maksimum i

1975 sank temperaturen jevnt til et minimum i 1979, og i årene 1980-82 har temperaturen bare vært ubetydelig høyere enn dette minimumet.

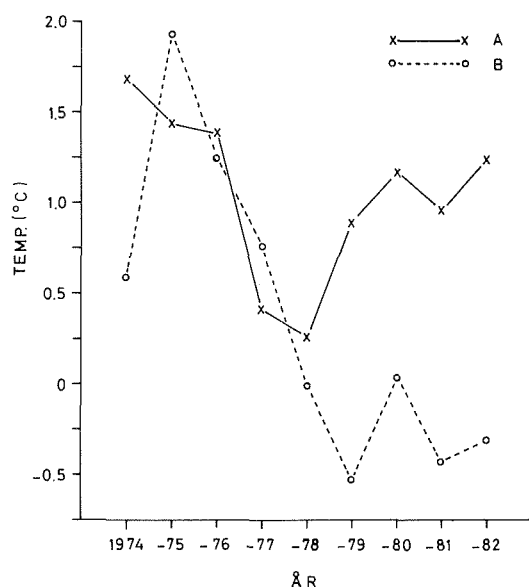


Fig. 6. Temperaturvariasjoner i den vestlige (A) og østlige (B) delen av Barentshavet i tidsrommet 1974-1982. (see Fig. 2). [Time series of temperature in the western part (A) and the eastern part (B) of the Barents Sea, in the period 1974-1982. The areas A and B are shown in Fig. 2].

Temperaturvariasjoner tilsvarende de som er påvist i område B, finner en igjen for dybdelaget 0-200 m i Kola-snittet (langs 33°30'Ø, mellom 70°30'N-72°30'N). MIDTTUN, NAKKEN og RAKNES (1981) viser temperaturavviket i Kola-snittet for tidsrommet 1960-1981; fra og med 1977 var temperaturen der lavere enn normalt med det største avviket, - 1,6°C, i 1979. Også tidligere i perioden 1960-1981 har en observert store negative temperaturavvik i Kola-snittet, men de kalde periodene har aldri vart så lenge som denne siste perioden, 1977-1981 (MIDTTUN, NAKKEN og RAKNES 1981).

Hovedinntrykket av Fig. 6 er at temperaturvariasjonene i de to ulike delene av loddas utbredelsesområde har vært vesensforskjellige i undersøkelsesperioden: I vest (område A) var havet kaldest i 1977-1978, mens det ble betydelig varmere igjen i 1979-1982. I øst, derimot, har havet vært betydelig kaldere enn tidligere i hele perioden 1978-1982. En ser også at minimumstemperaturen forekom et år senere i det østlige området enn i det vestlige.

LODDAS FORDELING I FORHOLD TIL TEMPERATURFELTET

I det foregående er det vist at både temperaturfeltet og fordelingen av lodde har forflyttet seg over store områder i Barentshavet i perioden 1974-1981. Vi skal nå undersøke mer systematisk om disse forflytningene har skjedd på en slik måte at omgivelsestemperaturen til lodda er blitt forandret. Fordelingen av lodde i forhold til temperaturen i 100 m (Fig. 1) antyder at lodda i perioden 1980-1982 har oppholdt seg i varmere vannmasser enn tidligere.

Fig. 7 viser frekvensfordelinger for de ulike aldersgrupper av lodde (prosent av antall) mot middeltemperaturer for dybdelaget 10-200 m. En ser tydelig at 1 år gammel lodde oppholder seg i varmere vannmasser enn den eldre fisken.

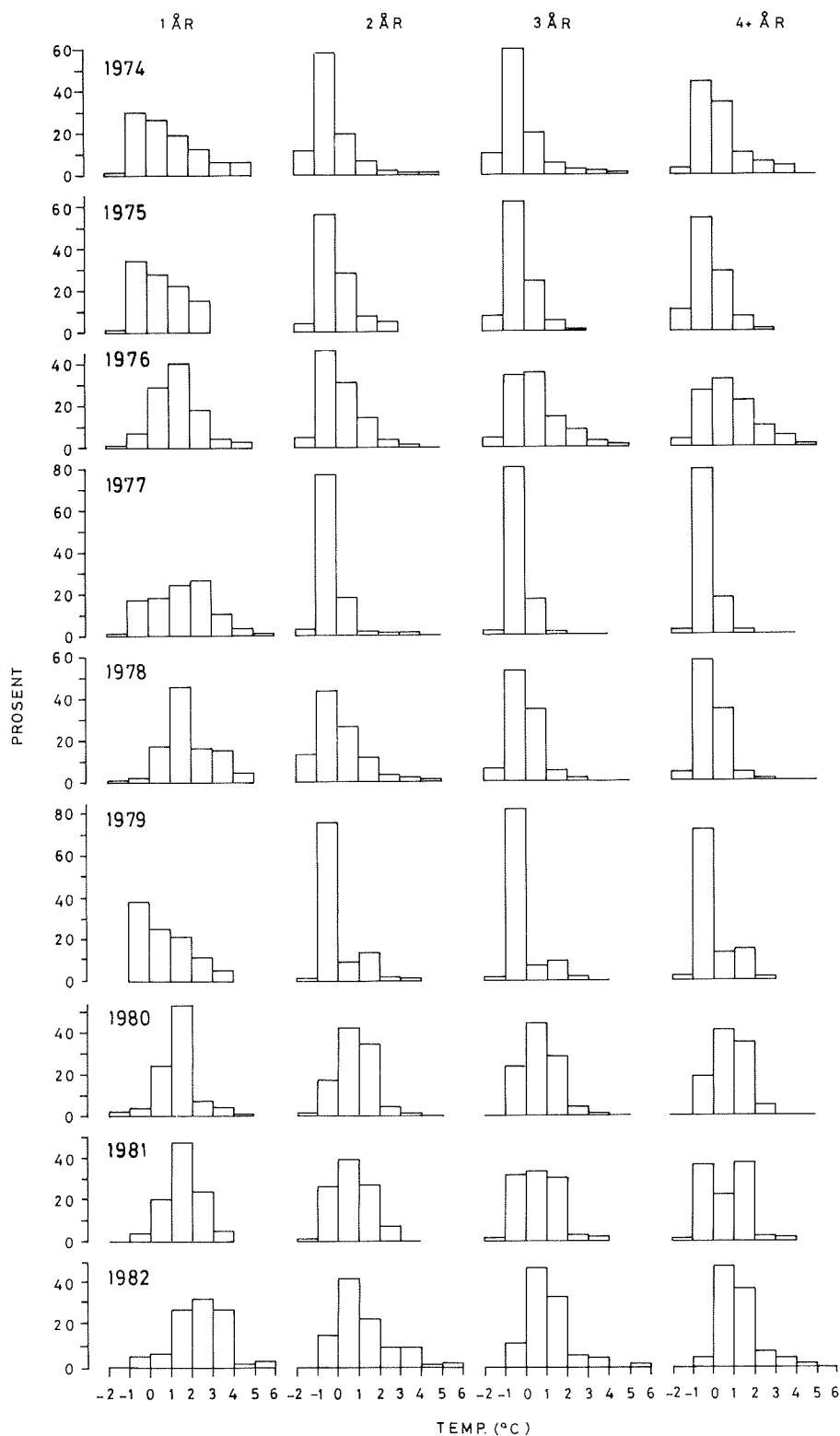


Fig. 7. Frekvensfordelinger for de ulike aldersgrupper av lodde (prosent av antall) mot middeltemperaturen for dybdelaget 10-200 m. [Frequencies distribution (per cent of numbers) of the different age groups of capelin related to mean temperature for the depth interval 10-200 m].

Det fremgår også at spesielt 2, 3 og 4 år gammel fisk er blitt observert i varmere vannmasser i perioden 1980-1982 enn tidligere. Det synes som om spredningen av lodda i temperaturfeltet var noe mindre under nedkjølingsperioden 1977-1979 enn både før og etter denne perioden, idet svært mye av 2-, 3- og 4- åringene i disse årene fantes mellom -1° og 0°C .

Hovedtrekkene i Fig. 7 fremgår også av Tabell 2 som viser middeltemperaturen i omgivelsene til de enkelte årsklasser. Den yngste fisken, 1-åringene finnes i varmest vann, mens 2-, 3- og 4- åringene står i varmere vann i årene 1980-1982 enn tidligere. Det er ingen signifikant forskjell i omgivelsestemperaturen til 2- 3- og 4- åringer når en betrakter hvert enkelt år; disse aldersgruppene synes stort sett å være fordelt i vannmasser med tilnærmet samme middeltemperatur.

Tabell 2. Middeltemperaturen (\bar{T}) og standardavviket (s) i utbredelsesområdet for 1-, 2-, 3- og 4-års gammel lodde i perioden 1974-1982. [Mean temperature (\bar{T}) and standard deviation (s) in the distribution area of 1, 2, 3 and 4 years old capelin in the period 1974-1982].

År	ALDER							
	1-år		2-år		3-år		4-år	
	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$	s	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$	s	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$	s	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$	s
1974	1.04	1.46	-0.15	1.00	-0.18	0.99	0.32	1.11
1975	0.61	1.01	-0.03	0.88	-0.29	0.74	-0.26	0.78
1976	1.34	1.04	0.16	0.98	0.46	1.09	0.76	1.21
1977	1.66	1.36	-0.32	0.72	-0.38	0.59	-0.37	0.59
1978	1.78	1.10	0.03	1.07	-0.11	0.77	0.13	0.69
1979	0.72	1.13	-0.05	0.86	-0.19	0.69	-0.05	0.72
1980	1.36	0.94	0.78	0.91	0.68	0.88	0.85	0.89
1981	1.51	0.78	0.63	0.88	0.53	0.95	0.53	0.90
1982	2.38	1.21	1.12	1.22	0.99	0.91	1.13	0.83

Fig. 7 og Tabell 2 vil i de fleste av årene gi for lave middeltemperaturer for utbredelsesområdet til 1-åringene. Årsaken til dette er at de akustiske undersøkelserne først og fremst har tatt sikte på å gi pålitelige anslag for fisk som er 2 år og eldre. Dette har ført til at de sør-og sørvestlige delene av undersøkelsesområdet - hvor 1- åringene finnes - er blitt dårlig dekket. En må derfor anta at det i de fleste år har stått til dels betydelige mengder av 1-åringer i varmere vann sør og vest for området som er undersøkt. Beste dekningen med hensyn på 1 år gammel fisk var i 1981 og 1982, dårligste i 1979.

Middeltemperaturene i Fig. 7 og Tabell 2 er for dybdelaget 10- 200 m. Som tidligere nevnt ville det ha vært mer naturlig å bruke dybdelaget 10-100 m for 1 år gammel fisk. I 1981 da dekningen av 1-åringene var forholdsvis god, ble middeltemperaturren beregnet for begge dybdeintervaller. Resultatet viste

at middeltemperaturen var ca 1°C høyere i 10-100 m enn i 10-200 m. På grunn av manglende områdedekning av 1-åringene de fleste årene, ville vi ikke under noen omstendigheter fått en riktig middeltemperatur for utbredelsesområdet til denne årsklassen. Derfor har vi benyttet 10-200 m bare for å vise at 1-åringene oppholder seg i varmere vann enn eldre lodde. Den reelle middeltemperaturen i omgivelsene for denne årsklassen vil på grunnlag av det som er sagt ovenfor ligge minst 1°C høyere enn hva som er angitt i Tabell 2.

I Tabell 2 skiller 1976 seg ut med relativt høye middeltemperaturer i forhold til årene før og etter, spesielt i utbredelsesområdet til 3- og 4-år gammel fisk. Dette skyldes noen få ruter (Fig. 2) i frontområdet med relativt mye fisk, hvor temperaturobservasjoner mangler. Middeltemperaturene i disse rutene er beregnet ut fra interpolerte verdier og dette gir rom for store feil. Når disse rutene ble utelatt, ble middeltemperaturene betydelig lavere, 0,0°C for 2-åringer, 0,2°C for 3-åringer og 0,4°C for 4-åringer.

VEKST AV LODDA

I Tabell 3 er vist gjennomsnittsvektene per individ av 2 og 3 år gammel lodde sammen med middeltemperaturene de enkelte år. Middelvektene er tatt fra HAMRE and TJELMELAND (1982). Tabellen viser at i de tre årene fra 1980 til 1982 da lodda stod i varmere vann, var også middelvektene høyere enn tidligere både for 2- og 3-åringer. Spesielt synes 2-åringene å ha fått øket vekt sammenliknet med tidligere. Dersom en betrakter økningen i middelvekt av hver årsklasse fra 2- til 3-årstrinnet, er bildet noe mer uklart. Lengst til høyre i Tabell 3 er denne vektøkningen satt opp. Siden målingene er utført mot slutten av vekstperioden (sept.-okt.), er det antatt at mesteparten av vektøkningen skyldes sommerveksten som 3-åringer.

Tabell 3. Middelvekter per individ og middeltemperaturer i utbredelsesområdet for 2 og 3 år gammel lodde. Vektøkningen fra 2 til 3 år lengst til høyre. [Average weight in grams of 2 and 3 years old capelin together with mean temperatures (t) in the distribution area. The individual growth (in grams) of capelin from 2 to 3 years of age is shown in the column to the right].

År	ALDER				Vektøkning(g) 2 til 3 år
	2 år		3 år		
	Vekt(g)	t °C	Vekt(g)	t °C	
1974	5.6	-0.15	9.1	-0.18	
1975	6.8	-0.03	10.4	-0.29	4.8
1976	8.2	(0.16)	12.4	(0.46)	5.6
1977	8.1	-0.32	16.8	-0.38	8.6
1978	6.7	0.03	16.5	-0.11	8.4
1979	7.4	-0.05	13.5	-0.19	6.8
1980	9.4	0.78	18.2	0.68	10.8
1981	9.4	0.63	17.0	0.53	7.6
1982	9.4	1.12	17.0	0.99	7.6

Tallene viser at i begge de relativt "kalde" årene 1977 og 1978 hadde 3-åringene en sommervekst som kan sammenlignes med den som er funnet i perioden 1980-82 da lodda stod i varmere vann. Den største vektøkningen fant sted fra 1979 til 1980 (1977-årsklassen) da også den største økningen i middeltemperatur ble observert. Siden 1-gruppen ikke er representert fullgodt i prøvene og mesteparten av lodda gyter som 4-åringer, er aldersgruppene 1 og 4 ikke tatt med i Tabell 3.

DISKUSJON

Resultatene i dette arbeidet er i overensstemmelse med andre undersøkelser både når det gjelder klimaendringene som har funnet sted i Barentshavet i perioden 1974-1982 (BLINDHEIM and LOENG 1981, LOENG 1983), og når det gjelder forflytningen av loddeforekomstene mot sør og vest (LOENG 1981). I perioden fram til og med 1979 synes denne forflytningen av lodda å følge endringene i temperaturfeltet (Fig. 1). Dette blir bekreftet gjennom Fig. 7 og Tabell 2 som viser at hovedkonsentrasjonene av både 2-, 3- og 4-år gammel lodde i denne perioden oppholdt seg i omtrent samme temperaturfelt år etter år, ca 0°C , og innenfor et relativt snevert temperaturintervall. I årene 1980-1982 skjedde det imidlertid en forskyvning i forholdet mellom loddas utbredelsesområde og temperaturfeltet. Dette vises ved at middeltemperaturen i fordelingsrommet til fisken var omlag $0,8-1,2^{\circ}\text{C}$ høyere enn i tidligere år samtidig som temperaturintervallet hadde en større bredde.

Undersøkelsene viser at lodda under sin døgnvandring beveger seg gjennom vannmasser med temperaturer lavere enn $-1,5^{\circ}\text{C}$. Oppholdstiden i disse kalde vannmassene er imidlertid av kort varighet, og Fig. 7 viser at en aldri har funnet nevneverdige forekomster av lodde i vannmasser hvor gjennomsnittstemperaturen er lavere enn -1°C . Dette kan forklare den sterkt sammenfallende geografiske forflytning av temperaturfeltet og loddas utbredelsesområde under nedkjølingsperioden; etterhvert som havet ble kaldere i nord og øst og -1°C -isotermer rykket sør- og vestover, "skjøv" den loddeforekomstene foran seg. Fig. 7 viser også at det gjennom hele undersøkelsesperioden har vært en spredning av loddeforekomster mot høyere temperaturer, også i den "kalde" perioden, men bare en liten andel av den eldre lodda oppholder seg i vannmasser hvor gjennomsnittstemperaturen er høyere enn 2°C . Hovedtyngden av 2 år og eldre lodde synes å oppholde seg i vannmasser hvor gjennomsnittstemperaturene er mellom -1 og 2°C , og det har skjedd store forflytninger av konsentrasjonene innenfor dette temperaturintervallet.

Den betydelige økningen som fant sted i loddas omgivelsestemperatur, falt sammen med en øket vekst (Tabell 3). En slik vekstøkning var å forvente idet vi under høstloddetoktene vanligvis observerer de største individene i hver aldersgruppe lengst mot vest og sør i utbredelsesområdet. Når så hele utbredelsesområdet blir forskjøvet mot varmere vann - slik som observert - vil ventelig gjennomsnittsveksten øke. Likevel, også i de "kalde" årene 1977 og 1978 hadde 3-åringene høy sommervekst, og det er således ingen entydig sammenheng mellom vekst og "omgivelsestemperatur". Det må her poengteres at vi bare har benyttet data fra høstloddetoktene. En tilsvarende analyse for vinter- og vårmånedene vil kanskje modifisere resultatene.

Selv om det kan være en tilsynelatende nær sammenheng mellom loddas utbredelsesområde og temperaturfeltet, betyr ikke dette at der er en direkte årsak-sammenheng. Sannsynligvis er det et sett av faktorer som fører til variasjoner i loddebestandens tallrikhet, vekst og utbredelse. Et forhold som kan ha innvirket både på fordelingen av lodda og på veksten, slik vi observerer den, er tallrikheten og fordelingen av ungtorsk. I midten av 70-årene var bestanden av ungtorsk relativt stor, og den hadde en sterk nordlig og østlig utbredelse (MIDTTUN, NAKKEN og RAKNES 1981). En må derfor anta at den delen av biomassen av lodde som da befant seg lengst mot sør og vest - i alle fall i noen grad - ble beitet ned av torsk. Dette kan være en medvirkende årsak til at det fantes lite lodde i sør- og vestområdene i disse årene. I årene 1980-1982 da lodda stod i varmere vann enn tidligere, har bestanden av ungtorsk vært svært liten, og i tillegg har den hatt en vestlig fordeling i Barentshavet (MIDTTUN, NAKKEN og RAKNES 1981). Det er derfor sannsynlig at en eventuell beiteeffekt på loddeforekomstene også har vært mindre.

Det synes også som om forskyvningene av loddefordelingen om høsten faller sammen med forskyvninger av gyteområdene påfølgende vinter. Både i 1981, 1982 og 1983 har innsigene av gytelodde vært mer vestlig fordelt enn i midten av 70-årene (ANON. 1982).

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

1. I perioden 1974-1982 har det vært store endringer i temperaturfeltet i Barentshavet, men variasjonene har vært forskjellige i den vestlige og østlige delen av loddas utbredelsesområde.

I vest var det et stort temperaturfall fra 1976 til 1977, og havet var kaldest i årene 1977-1978. I tidsrommet 1979-82 var havet igjen varmere, men temperaturen var ikke så høy som før 1976.

I øst var havet betydelig kaldere i hele perioden 1978-1982 enn i tidsrommet 1974-1977, og temperaturen de 5 siste årene har vært tildels betydelig lavere enn "normalen" for hele 60-årsperioden 1920-1979.

2. I årene 1976-1980 skjedde det en forflytning mot sør og vest både av loddas utbredelsesområde og av områdene med de tettste loddekonsentrasjoner, mens utbredelsesområdet forflyttet seg relativt lite i perioden etterpå (1980-1982).
3. Fram til 1979 falt endringene i utbredelsesområdet til eldre lodde (2-4 år) nøye sammen med endringene i temperaturfeltet. Middelttemperaturen i fordelingsrommet var litt lavere enn 0°C . I årene 1980-1982 var denne middelttemperaturen betydelig høyere enn tidligere, mellom $0,6-1,1^{\circ}\text{C}$.
4. Mesteparten av 2-, 3- og 4-år gammel lodde ble observert i vannmasser med temperaturer fra -1°C til 2°C . Den yngste fisken, 1-åringene, oppholdt seg i varmere vannmasser med temperaturer mer enn 1°C høyere enn for de eldre aldersgruppene.

5. Både 2- og 3-år gammel lodde hadde større gjennomsnittsvekt i årene 1980-1982 enn tidligere da lodda stod i kaldere vannmasser. Variasjonene i vektøkning (veksten) fra 2- til 3-årstrinnet viste imidlertid ikke noen klar sammenheng med endringene i omgivelserstemperaturen.

TAKK

Karen Gjertsen har utført beregningene av middeltemperaturer. Hun har også tegnet noen av figurene. En takk også til de har vært behjelpelig med utarbeidelsen av manuskriptet.

LITTERATUR

- ANON. 1982. Atlanto-Skandian Herring and Capelin Working Group report 27-29 October 1982. Int. Coun. Explor. Sea, 1982: 1-17. [Mimeo.]
- BLINDHEIM, J. and LOENG, H. 1981. On the variability of Atlantic influence in the Norwegian and Barents Seas. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 17: 161-189.
- BUZETA, R. DALEN, J., DOMMASNES, A., HAMRE, J. og NAKKEN, O. 1975. Loddeundersøkelser i Barentshavet i september- oktober 1974. Fiskets Gang, 61: 101-104.
- DOMMASNES, A., NAKKEN, O. og RØTTINGEN, I. 1976. Loddeundersøkelser i Barentshavet i september-oktober 1975. Fiskets Gang, 62: 101-108.
- DOMMASNES, A. og RØTTINGEN, I. 1977. Loddeundersøkelser i Barentshavet i september-oktober 1976. Fisken Hav., 1977 (2): 47-59.
- DOMMASNES, A., LOENG, H. og MONSTAD, T. 1979. Loddeundersøkelser i Barentshavet høsten 1978. Fisken Hav., 1979 (1): 17-30.
- DRAGESUND, O., GJØSÆTER, J. and MONSTAD, T. 1973. Stock size and reproduction of the Barents Sea capelin. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 16: 105-139.
- HAMRE, J. and TJELMELAND, S. 1982. Sustainable yield estimates of the Barents Sea capelin stock. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, 1982 (H:45): 1-25. [Mimeo.]
- LOENG, H. 1981. Nordlig utbredelse av lodde og temperaturforholdene i Barentshavet om høsten. Fisken Hav., 1981(1): 1-10.
- LOENG, H. 1983. Klimavariasjoner i tre hydrografiske snitt i Barentshavet i perioden 1977-1982. Fisken Hav., 1983 (in prep.)
- MIDTTUN, L., NAKKEN, O. og RAKNES, A. 1981. Variasjoner i utbredelsen av torsk i Barentshavet i perioden 1977-81. Fisken Hav., 1981 (4): 1-16.

MONSTAD, T. og RØTTINGEN, I. 1977. Loddeundersøkelser i Barentshavet i september-oktober 1977. Fisken Hav., 1977 (3): 13-28.

NAKKEN, O. and DOMMASNES, A. 1975. The application of an echo integration system in investigations on the stock strength of the Barents Sea capelin (Mallotus villosus, Müller) 1971-1974. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, 1975 (B:25): 1-20. [Mimeo.]