

DET KGL. NORSKE VIDENSKABERS SELSKAB, MUSEET

# rapport

ZOOLOGISK SERIE 1977-9

Eksperiment med gjødsling  
av en naturlig innsjø.

Del III

Arnfinn Langeland  
Arne J. Jensen  
Helge Reinertsen  
Kaare Aagaard



Universitetet i Trondheim



EKSPERIMENT MED  
GJØDSLING AV EN NATURLIG INNSJØ

Del III  
Undersøkelser sommeren 1976  
av

Arnfinn Langeland, Arne J. Jensen,  
Helge Reinertsen og Kaare Aagaard

Støtte til undersøkelsen er gitt blant annet  
av Trondheim Elektrisitetsverk, Nord-Trøndelag  
Elektrisitetsverk, Sør-Trøndelag Kraftselskap,  
Konsesjonsfondet gjennom Norges Vassdrags- og  
Elektrisitetsvesen og Norsk Hydro A/S.

Universitetet i Trondheim  
Det Kgl. Norske Videnskabers Selskab, Museet  
Laboratoriet for ferskvannøkologi og innlandsfiske (rapport nr. 36)  
Trondheim, mai 1977

ISBN 82-7126-143-6



## ABSTRACT

of results of the second fertilization in 1976

Langeland, A., A. J. Jensen, H. Reinertsen & K. Aagaard. 1977.

Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del III. Undersøkelser sommeren 1976. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1977-9.*

The project continued in 1976 with investigations of physical-chemical conditions, primary production, phytoplankton, zooplankton, profundal benthos and fish.

In 1976 the second fertilization took place in Lake Langvatn where the nutrients were added to the lake in five doses on the dates June 21, July 7, August 2, August 10 and August 16. Each dose consisted of 200 kgs fertilizers, total loading of the lake was 1000 kgs. As the nutrients were mainly supposed to be distributed in the epilimnion 0-4,5 m depth, the total loading per m<sup>2</sup> was calculated as follows: 465 mg of nitrogen, 84 mg of phosphorus, 212 mg of potassium, 27 mg of magnesium, 36 mg sulphur, and traces of boron.

The concentration of phosphorus were high throughout the whole investigation period. Chemical analyses of snow indicated the high values of phosphorus recorded before fertilization to be caused by the inflowing water in spring. The concentrations of nitrates before fertilization were about the same in 1976 as in 1975. Already on June 24 the nitrates had dropped to values about the limits of practical analyses. Later only small amounts of nitrates were recorded shortly after each fertilization.

Lake Målsjøen has a higher content of lime, nitrates, and humic substances than Lake Langvatn.

The inflow of water in Lake Langvatn was calculated to 5,1·10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> in 1976. This caused an unusual high surface level the whole summer of 1976. The supply of allochthonous matter in 1976 was estimated to 3-4 g dry weight of particulated organic substances (POS ignition loss.) The content of POS into the lake was much higher in 1976 compared with previous years. This was caused by the much higher biomass of phytoplankton in 1976. The maximum content of POS was recorded on July 6 at 1 m depth with 2,39 mg dry weight/l.

The mean ratio between phytoplankton ( $\bar{P}$ ) and zooplankton ( $\bar{Z}$ ) biomass in Lake Langvatn was calculated to  $\frac{\bar{P}}{\bar{Z}} = 1,7$  in 1976. This was much higher than previous years where the  $\frac{\bar{P}}{\bar{Z}}$  ratio was approximately 0.3.

The phytoplankton in Lake Målsjøen shows an increase in monthly mean biomass from 305 mg/m<sup>3</sup> in 1974 to 421 mg/m<sup>3</sup> in 1976 (epilimnion mean). Algae from chrysophyceae dominated the biomass all years, but also cryptophyceae were important, especially in 1975 and 1976. In 1976 algae from diatomeae and peridineae were in greater abundance.

The primary production in the limnetic zone gave values in 1976 above the 1974 and 1975 level. The highest production was measured to 202 mg/m<sup>2</sup> on July 7. The total production in 1974, 1975, and 1976 from May 1 to November 1 is calculated to 8, 10 and 14 g/m<sup>2</sup>.

In Lake Langvatn the monthly mean biomass (0.2, 1 and 3 m) increased from 504 mg/m<sup>3</sup> in 1975 to 988 mg/m<sup>3</sup> in 1976. The highest biomass was in 1975 calculated to about 1400 mg/m<sup>3</sup> in early August. In 1976 a biomass of 4500 mg/m<sup>3</sup> was detected on July 7.

The algae composition of the two years shows a development of cryptophyceae and blue-green algae under the fertilization period in 1975, while diatomeae and in a second bloom green algae and cryptophyceae were dominating groups in 1976.

The primary production also increased from 1975 to 1976 and the maximum value was measured to 802 mg/m<sup>2</sup> on July 7. The total production was calculated to be 26 g/m<sup>2</sup> in 1975 and 49 g/m<sup>2</sup> in 1976. In both lakes the decreased amount of Cladocera must be an important factor in the development of a greater biomass of phytoplankton and total primary production.

The mean biomass of zooplankton in Lake Langvatn in 1976 decreased to the unexpected value of 43% of that recorded in 1975. This was mainly caused by the nearly complete disappearance of the most important zooplankton prey species *Holopedium gibberum*, *Bosmina longispina* and *Daphnia galeata*. These species were the most important prey species of fish in 1975. The small occurrence of the mentioned species in 1976 seems to have stimulated the development of *Bosmina longirostris* and *Asplanchna priodonta* which increased by a factor of approximately 10 compared with previous years. Changes in the Copepoda populations also could be recorded; *Mesocyclops leuckarti* increased by a factor of 4-6 and *Cyclops scutifer* decreased to about 25% of that recorded in previous years. The mean biomass of *Heterocope appendiculata* was the same all years. The main changes recorded in the zooplankton seem to have been caused by fish predation and support the general theories about fish predation and competition between zooplankton species.

The zooplankton biomass in Lake Målsjøen was in 1976 86% of the biomass in 1974. The biomass of herbivores was lower (only 67%) while the biomass of carnivores was higher than in 1974 (132%). Most species of Cladocera were found in considerably lower numbers, while the herbivore copepod *Arctodiaptomus laticeps* was found in higher numbers in 1975 and 1976 than in 1974. The main reason for this trend towards fewer Cladocera in Lake Målsjøen is probably due to a higher predation pressure from fish.

The bottom fauna is poor both in species and number. Samples taken at 10 and 20 m depths indicates abundances of 500 ind./m<sup>2</sup> of *Heterotrissocladius subpilosus* (third year class). At 30 m depth the abundances of *Sergentia coracina* (third and fourth year classes) are of similar values. These two species dominate completely the invertebrate fauna. *H. subpilosus* seems to have a development time of three years, and *S. coracina* possible even four years. Therefore full effect of the fertilization will not be registered until 1977 for *S. coracina*. The number of second year class of larvae of *H. subpilosus* is considerably larger in October 1976 than in October 1975. A production estimate of *H. subpilosus* for 1976 gave a value of 0.4-0.5 g/m<sup>2</sup>/year dry weight.

By tagging/recapture the number of char (above 16 cm length) was estimated to be 5651 in 1976, 6790 in 1975 and 3890 in 1974. The growth of char analyzed for the last years, showed a great increase in 1975 compared with previous years. Observations on condition factor and yield on floating nets in 1976 showed that the increased growth in 1975 did not continue in 1976. This seems to be a result of little availability of food items in the pelagic zone in 1976.

Traps used in the pelagic zone in 1976 caught great numbers of stickleback both in July, August, and September. This confirms the assumptions of a pelagic life in the population of stickleback. Zooplankton was the main food items of pelagic stickleback, *Bosmina longirostris* was the most important prey species. Stickleback is the most important prey for the brown trout implanted in Lake Langvatn in 1972 and 1974. Very high growth rates were recorded for the brown trout.

The estimates of production for the last three years in Lake Langvatn make it possible to set up a preliminary budget of material transfer. The unit used is grams of carbon per m<sup>2</sup> and year.

Year	1974	1975	1976
Primary production of phytoplankton	11 g C	26 g C	49 g C
Allochthonous matter	1-2 g C	1-2 g C	3-4 g C
Production of herbivore zooplankton	3 g C	10 g C	5 g C
Respiration of herbivore zooplankton	4 g C	13 g C	6 g C
Assimilated	7 g C	23 g C	11 g C
$k_1$ -efficiency ( $\frac{\text{Assimilated zooplankton}}{\text{Phytoplankton production}}$ )	64%	88%	22%
Nutrients: Pool in spring	780 mg N	780 mg N	780 mg N
(pr. m <sup>2</sup> ) Natural supply during summer	35 mg N	25 mg N	30 mg N
Artificial fertilization	0	1058 mg N	465 mg N
Available for transfer in epilimnion	815 mg N	1863 mg N	1275 mg N
Mean biomass of phytoplankton approx.	150 mg C	221 mg C	434 mg C
Mean biomass of zooplankton	323 mg C	562 mg C	242 mg C

Primary production in 1975 compared with that in 1974, showed an increase as expected from the nutrients made available by the fertilization. From the nutrients available in 1976 the primary production this year was expected to lie between the results of 1975 and 1974. This did not occur as the primary production reached the high level of 49 g C/m. Also the biomass of algae was higher in 1976 and exceeded that in 1975 with appr. 100%. Therefore the explanation for these unexpected results must be looked for in the dynamics of the biotic communities.

The biomass of algae and production seem to be dependant on the grazing effect of zooplankton. The higher ecological efficiency ( $k_1$ ) in 1975 compared with that in 1974 was caused by the greater occurrence of Cladocera in 1975. The lack of great Cladocera was responsible for the very low ecological efficiency in 1976. This is supposed to be caused by the fish predation in 1975; the prey Cladocera species in 1975 were identical with those which were recorded in very small densities in 1976.



The consistent increase of biomass of algae and production in Lake Målsjøen the last three years seems also to be connected with the same consistent decrease of densities of greater Cladocera species.

*Arnfinn Langeland, University of Trondheim, The Royal Norwegian Society of Sciences and Letters, Zoological Department, N-7000 Trondheim.*

*Arne J. Jensen, The Foundation of Scientific and Industrial Research at the University of Trondheim, Division of Automatic Control, N-7000 Trondheim.*

*Helge Reinertsen, University of Trondheim, College of Arts and Sciences, Botanical Institute, N-7000 Trondheim.*

*Kaare Aagaard, University of Trondheim, The Royal Norwegian Society of Sciences and Letters, Zoological Department, N-7000 Trondheim.*



## INNHOLD

ABSTRACT	9
FYSISK-KJEMISKE FORHOLD .....	9
Hydrologi .....	9
Temperatur .....	9
Siktedyp .....	15
Tilsats av næringsstoffer .....	15
Nitrogen og fosfor .....	18
Partikulært organisk stoff i Langvatn .....	21
PHYTOPLANKTON 1975-1976 OG PRIMÆRPRODUKSJON 1976 I LANGVATN ....	23
Phytoplankton .....	23
Primærproduksjon .....	27
Litteratur .....	29
PHYTOPLANKTON OG PRIMÆRPRODUKSJON I MÅLSJØEN 1974-1976 .....	30
Phytoplankton .....	30
Primærproduksjon .....	32
Samlet vurdering .....	34
Litteratur .....	35
ZOOPLANKTON I LANGVATN 1976 .....	36
Biomasse .....	36
Produksjon .....	41
Diskusjon .....	43
Litteratur .....	46
ZOOPLANKTON I MÅLSJØEN 1976 .....	47
Innledning .....	47
Biomasse .....	47
Utvikling i tid .....	49
Diskusjon .....	49
Litteratur .....	55
RESULTATER AV BUNNFAUNAUNDERSØKELSENE FRAM TIL 1976 .....	56
Resultater .....	56
Diskusjon .....	66
Litteratur .....	67
FISKEPOPULASJONER I LANGVATN .....	68
Populasjonstetthet hos røye .....	68
Kondisjon og vekst hos røye .....	73
Røyas føde .....	76
Trepigget stingsild .....	77
Ørret .....	81
Litteratur .....	83



## FYSISK-KJEMISKE FORHOLD

Helge Reinertsen og Arnfinn Langeland

### Hydrologi

Nedbør i undersøkelsesperioden og forandringer i vannstand i Langvatn i samme tidsrom framgår av figur 1. Fylling av bassenget gikk uvanlig fort i mai 1976 og steg til unormalt høy vannstand. Høyeste vannstand i 1976 ble nådd 27. mai med 3,38 m over lavvannstand, mot 1,28 m den 29. mai i 1975 og 1,26 m den 15. mai 1974. Den store avrenning til Langvatn i 1976 skyldes hovedsaklig store nedbørsmengder vinteren 1975/76, spesielt nedbøren i desember 1975 hvor det falt hele 389 mm, vesentlig som snø. På mars/april 1977 var vannstanden igjen nådd samme lave nivå som tidligere.

På grunnlag av grafisk beskrivelse av sammenhengen mellom avrenning og vanntrykket uttrykt ved vannstanden, er tilrenningen i 1976 beregnet til  $5,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ . For 1974 og 1975 er tilrenningen beregnet til henholdsvis  $2,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$  og  $1,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ .

To nedbørsperioder i vekstsesongen 1976 ga synlig utslag på vannstanden, de 4 siste dager i juli og de 12 første dager i september.

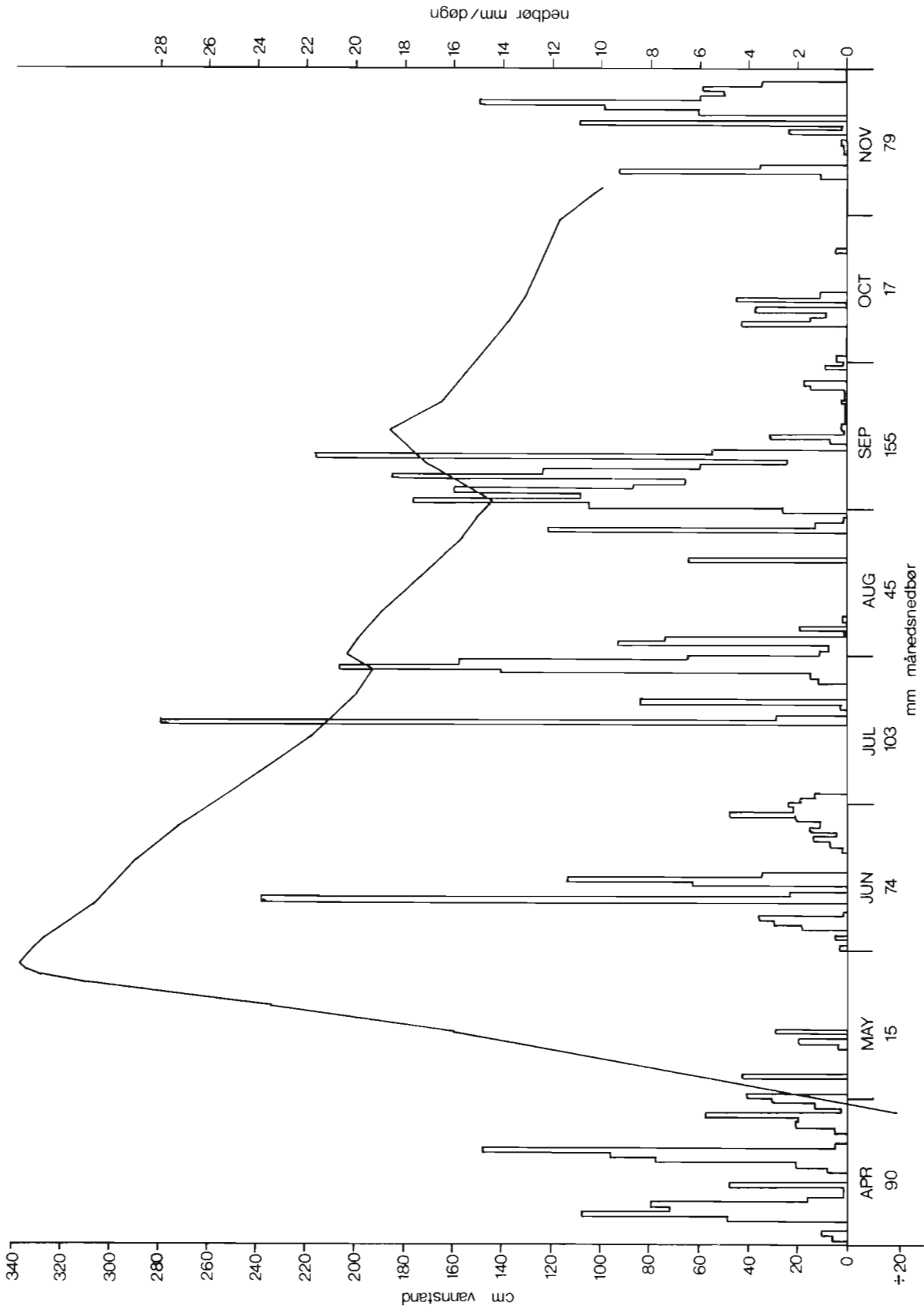
### Temperatur

Temperaturen i 1976 ble målt med vanlig termometer. Fra 20. juni ble også temperaturen registrert hver time med en Anderaa temperaturmåler på annenhver meters dyp ned til 20 m i Langvatn.

Temperaturforholdene i 1976 i Langvatn viste et mer varierende forløp enn tidligere år (figur 2 og 3). Tre markerte varmeperioder i overflatelagene ble registrert; første periode omkring 20. juni med max. temperatur  $15,4^\circ\text{C}$ , andre periode i midten av juli med max. temperatur  $20,0^\circ\text{C}$  og tredje periode i midten av august med max. temperatur på  $17,3^\circ\text{C}$ . Sprangsjiktet lå gjennomgående i området 4-5 m. I begynnelsen av september sank sprangsjiktet til 9-10 m og full omrøring fant sted fra midten av oktober.

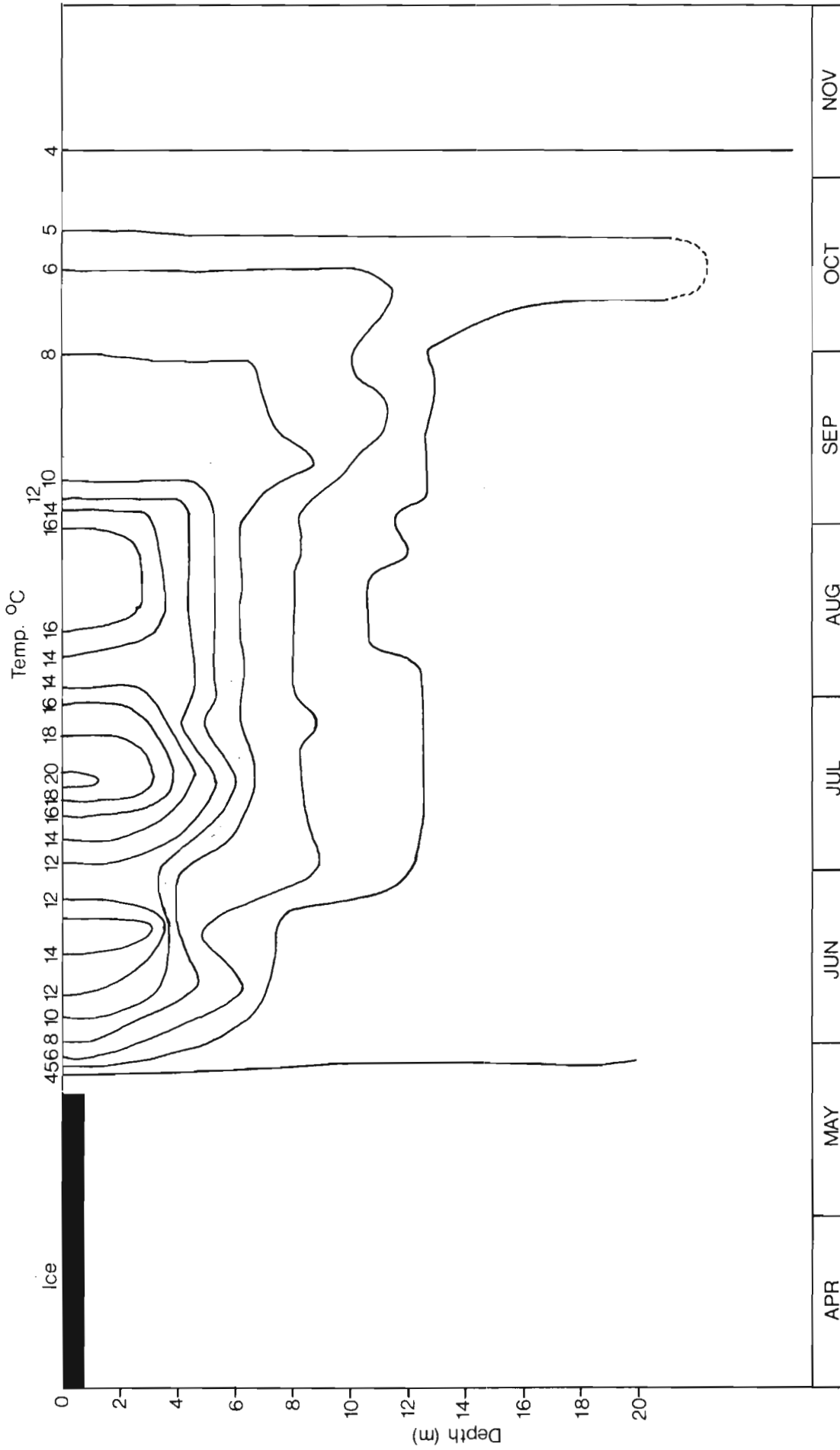
Temperaturforløpet i Målsjøen er gitt med isopletdiagram (figur 4) og med temperaturer på 1 meter på prøvedagene 1974-1976 (figur 5). I 1976 fant isløsningen sted først 21. mai, men allerede 25. mai var det





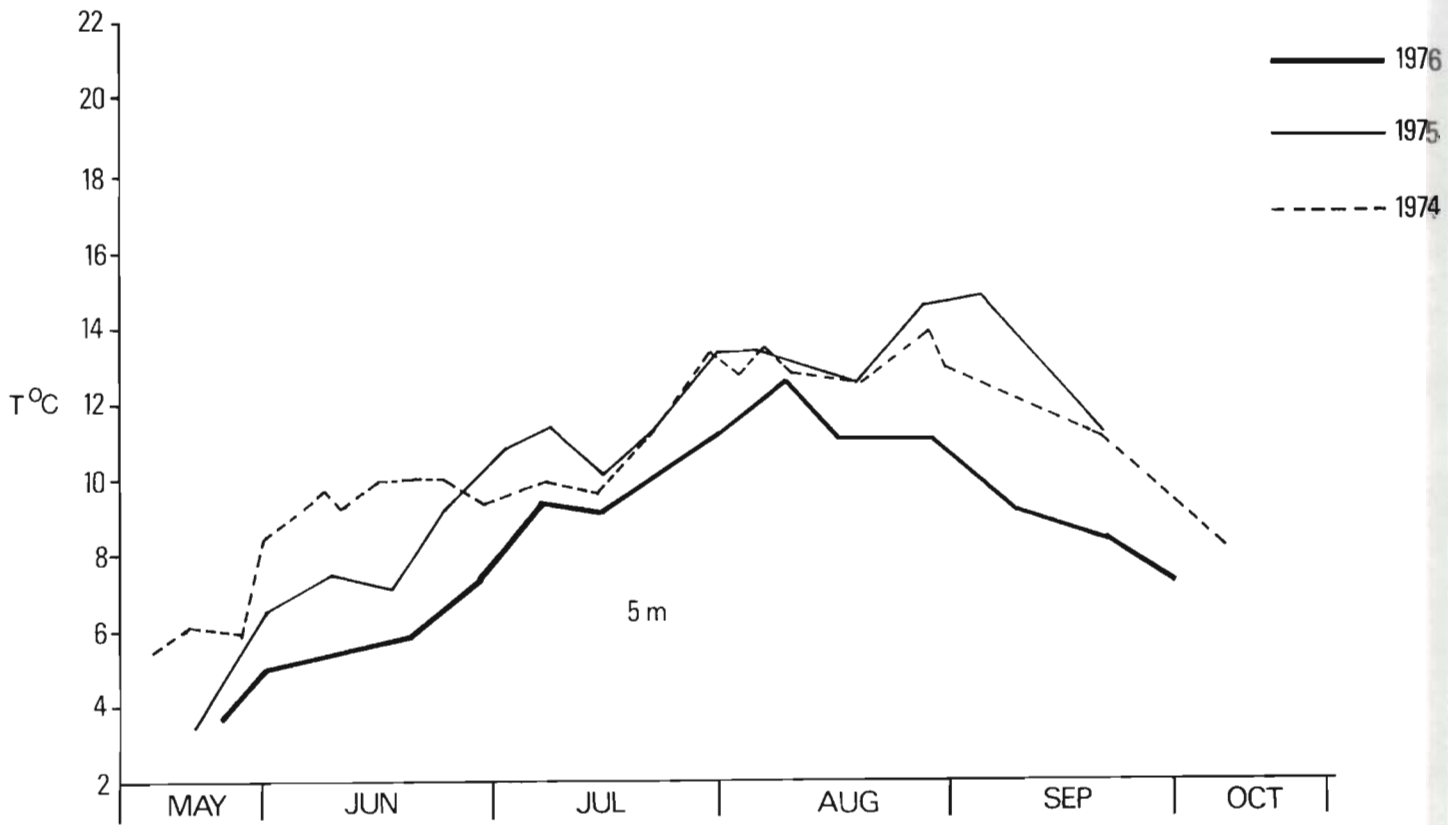
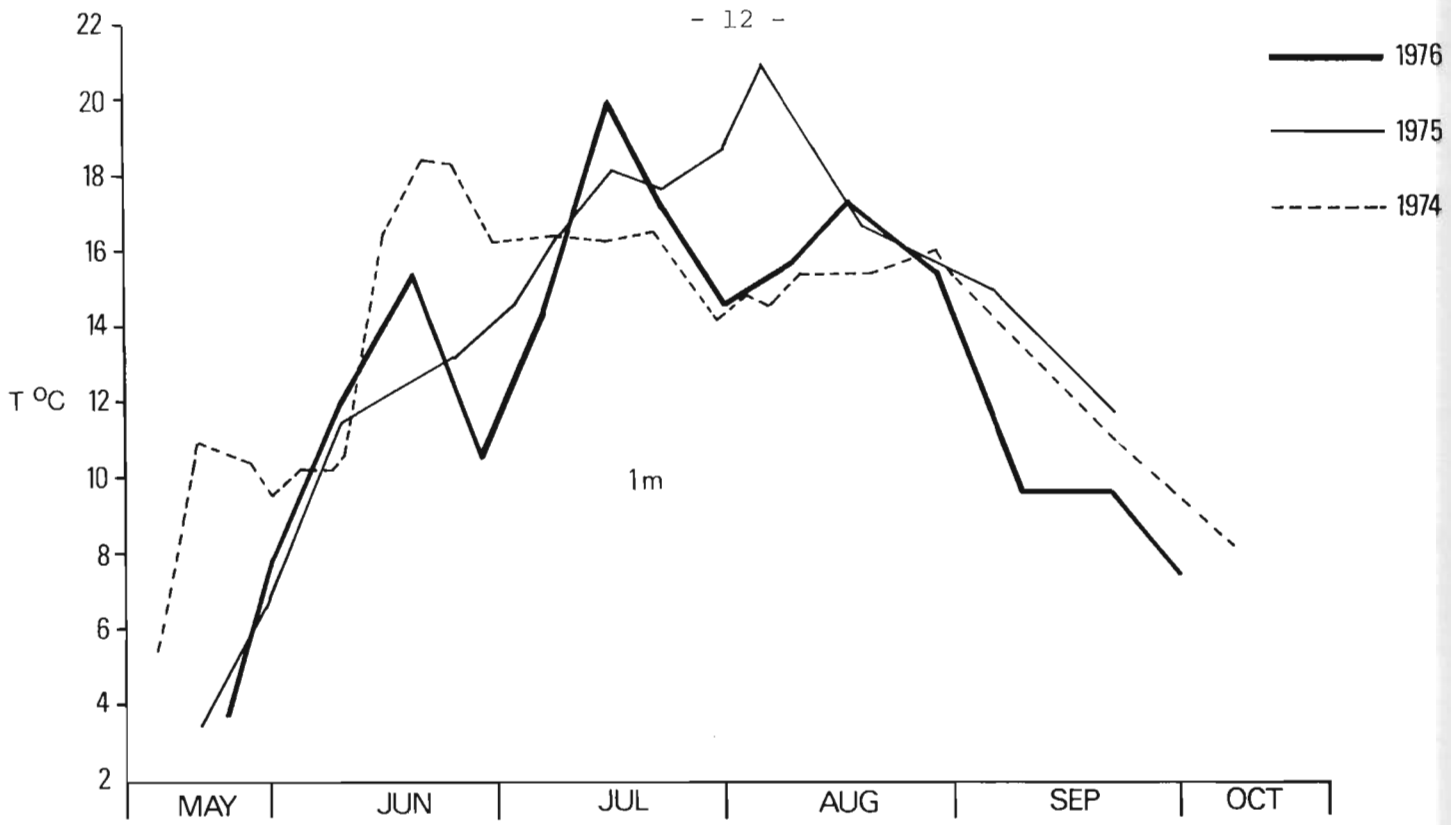
Figur 1. Relativ vannstand {—} og nedbør (mm/døgn) { } i Langvatn 1976. Total årsnedbør 981 mm. Nedbørdata fra Det Norske Meteorologiske Institutt.

Surface level and precipitation in Lake Langvatn 1976. Precipitation/year 981 mm.



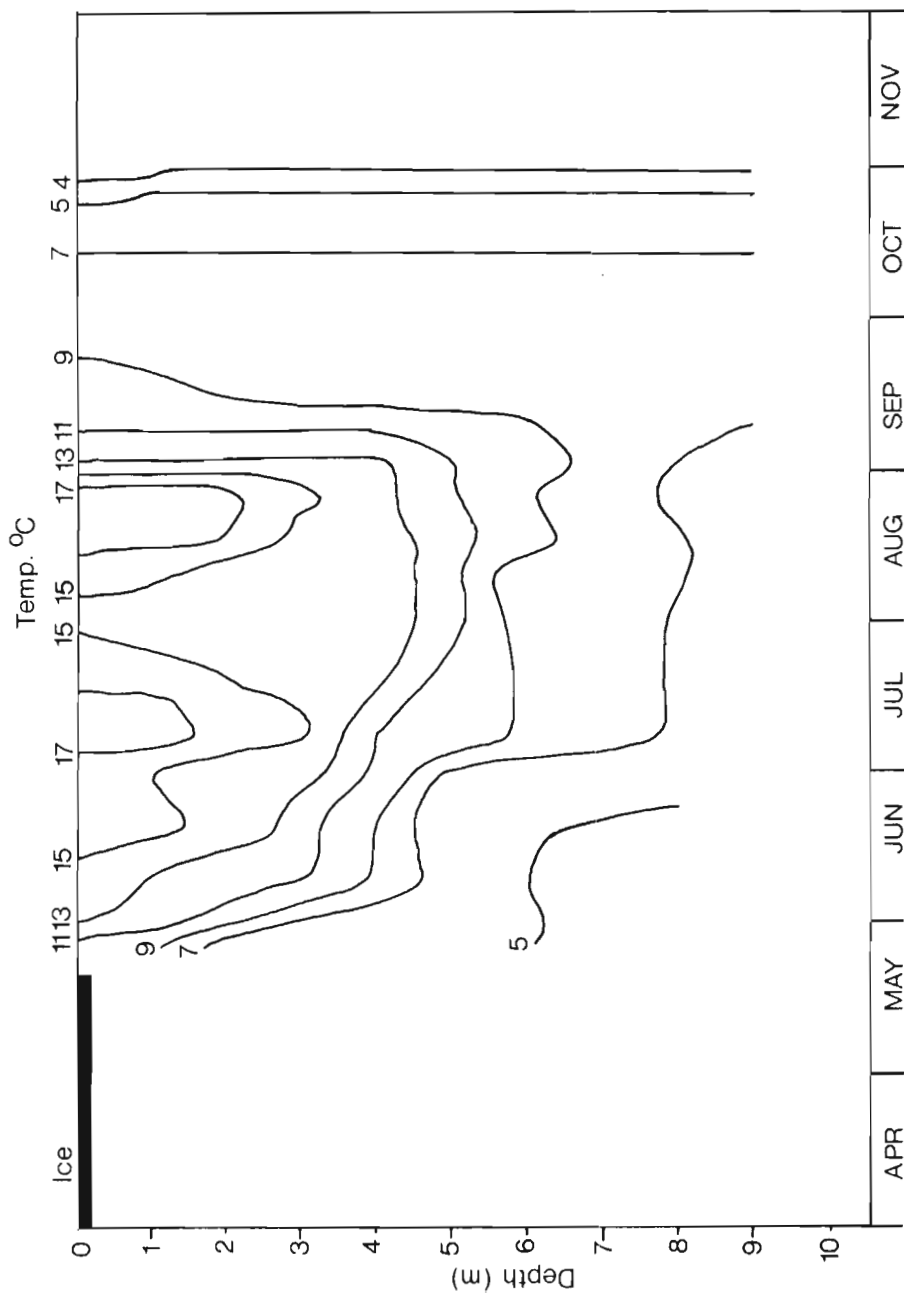
Figur 2. Temperaturforholdene i Langvatn 1976.

*Isotherms in Lake Langvatn 1976.*



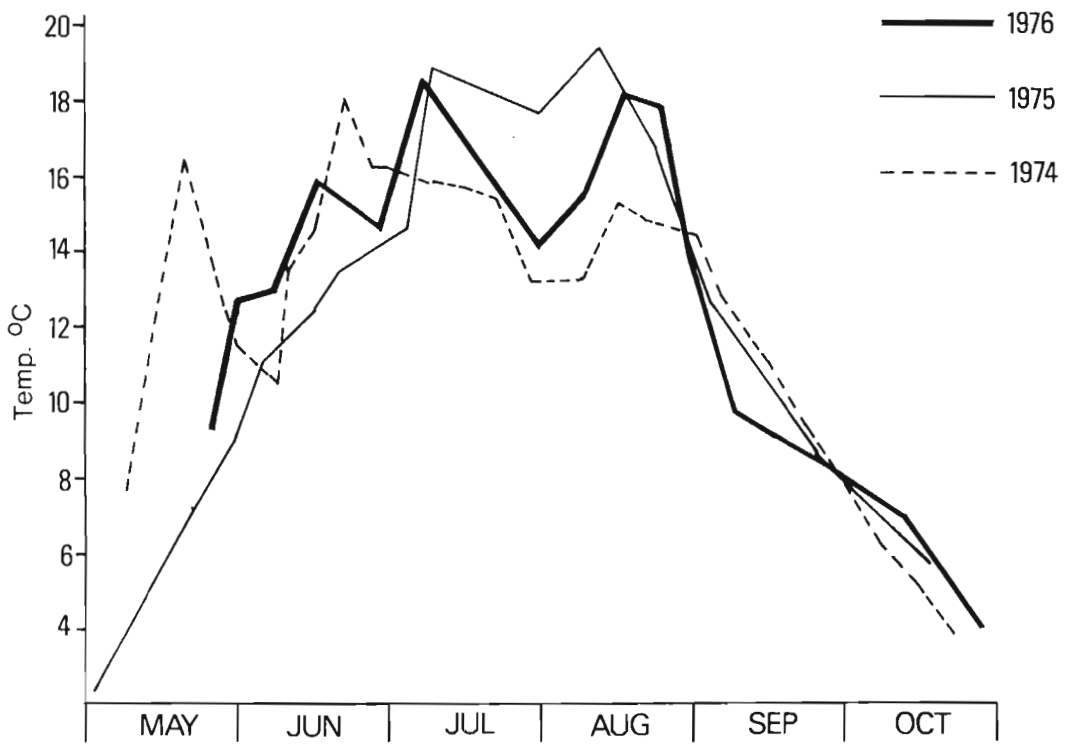
Figur 3. Temperatur på 1 og 5 m dyp i Langvatn 1974-1976.

*Temperature at 1 and 5 m depth in Lake Langvatn 1974-1976.*



Figur 4. Temperaturforholdene i Målsjøen 1976.

*Isotherms in Lake Lamsjøen 1976.*



Figur 5. Temperatur på 1 m dyp i Målsjøen 1974-1976.

*Temperature at 1 m depth in Lake Målsjøen 1974-1976.*



etablert sprangsjikt i innsjøen. Årets varmeste perioder var først i juli og midt i august med maksimaltemperaturer på 1 meter på henholdsvis 18,6 og 18,3°C den 7. juli og 16. august. I månedsskiftet juli-august var temperaturen på samme dyp nede i 14,1°C. Sprangsjiktet viste en jamn senkning i prøveperioden fra mellom 2 og 3 meter i juni til mellom 6 og 7 meter like før full omrøring midt i september.

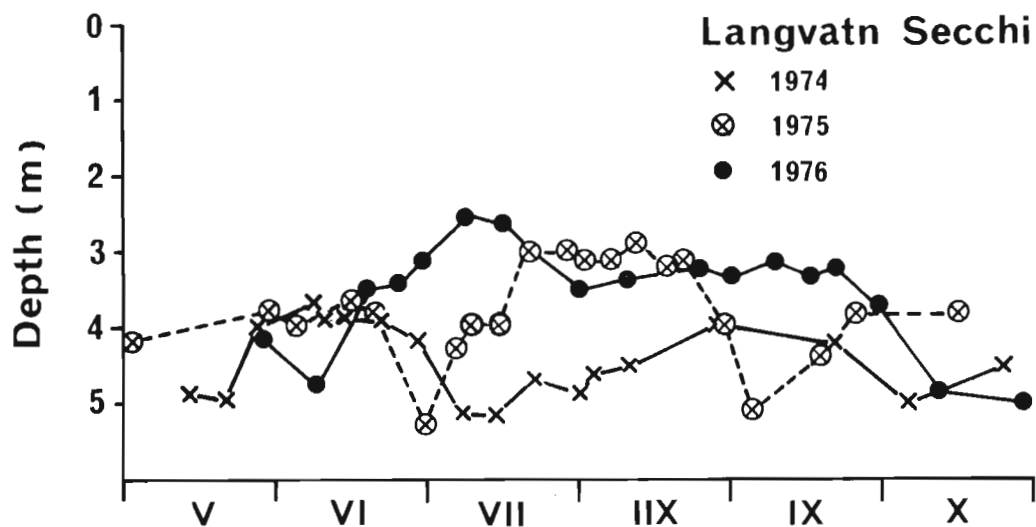
### Siktedyp

Det ble også i 1976 registrert en markert siktedypminking i Langvatn (figur 6). For månedene juli-september var gjennomsnittlig siktedyp 3,2 meter (n=11), mens siktedypet i 1975 bare var på et tilsvarende nivå fra slutten av juli til sist i august. Minste siktedyp ble i 1976 målt til 2,5 meter den 7. juli. Samme dag ble den største phytoplankton-biomassen gjennom sesongen registrert i innsjøen (jfr. Primærproduksjon og phytoplankton i Langvatn).

Siktedypet i Målsjøen varierte på prøvedagene mellom 1,5 og 4,3 meter (figur 7). Ytterpunktene ble målt henholdsvis 25. mai og 16. august. Gjennomsnittet for samtlige målinger i 1976 var 3,1 meter (n=16) mot 3,0 meter (n=12) året før. Det periodevise lave siktedypet i Målsjøen skyldes hovedsaklig tilførte humusstoffer. Effekten av humusinnholdet på lysgjennomgangen i Målsjøen illustreres i figur 8. Sammenliknet med Langvatn viser lysgjennomgangen i en 10 cm vannsøyle mindre gjennomgang av kortbølget lys. Vannfargen på vatnet fra Målsjøen var 95 mg Pt/l mot 40 mg Pt/l i vatnet fra Langvatn. Målingen ble utført med et Isco spektrometer den 15. september 1975.

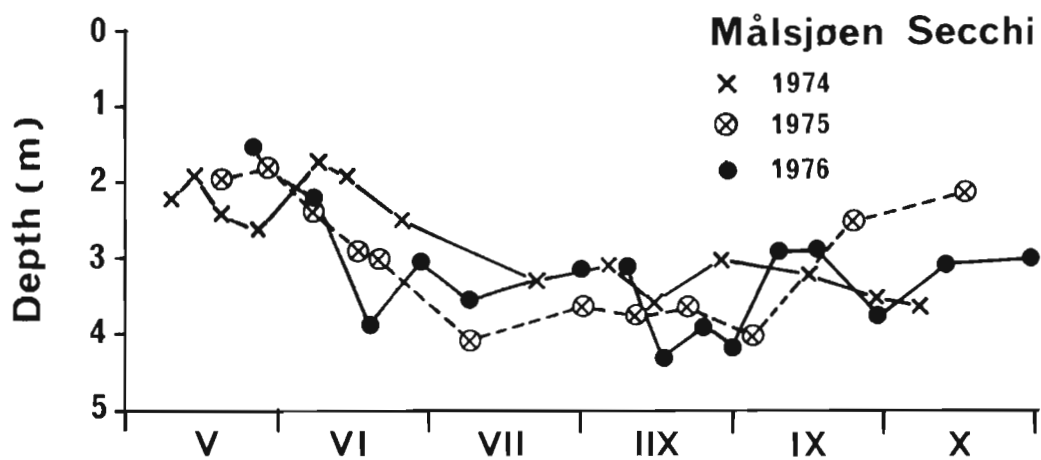
### Tilsats av næringsstoffer

Langvatn ble også i 1976 tilført næringsstoffer i form av fullgjødning D produsert av Norsk Hydro. Tilførselen ble dosert med 5 tilsatser á 200 kg (21.6., 5.7., 2.8., 10.8. og 16.8.), totalt 1000 kg. Med en tilsats på 1600 kg i 1975 gir dette en tilførsel på 63% av fjorårets. Ut fra et overflateareal på 430.000 m<sup>2</sup>, tilsvarer den totale tilførsel 2,33 g fullgjødning pr. m<sup>2</sup> eller 522 mg pr. m<sup>3</sup> i epilimnion (utstrekning 0-4,5 meter). Dette gir følgende tilførsler av nitrogen og



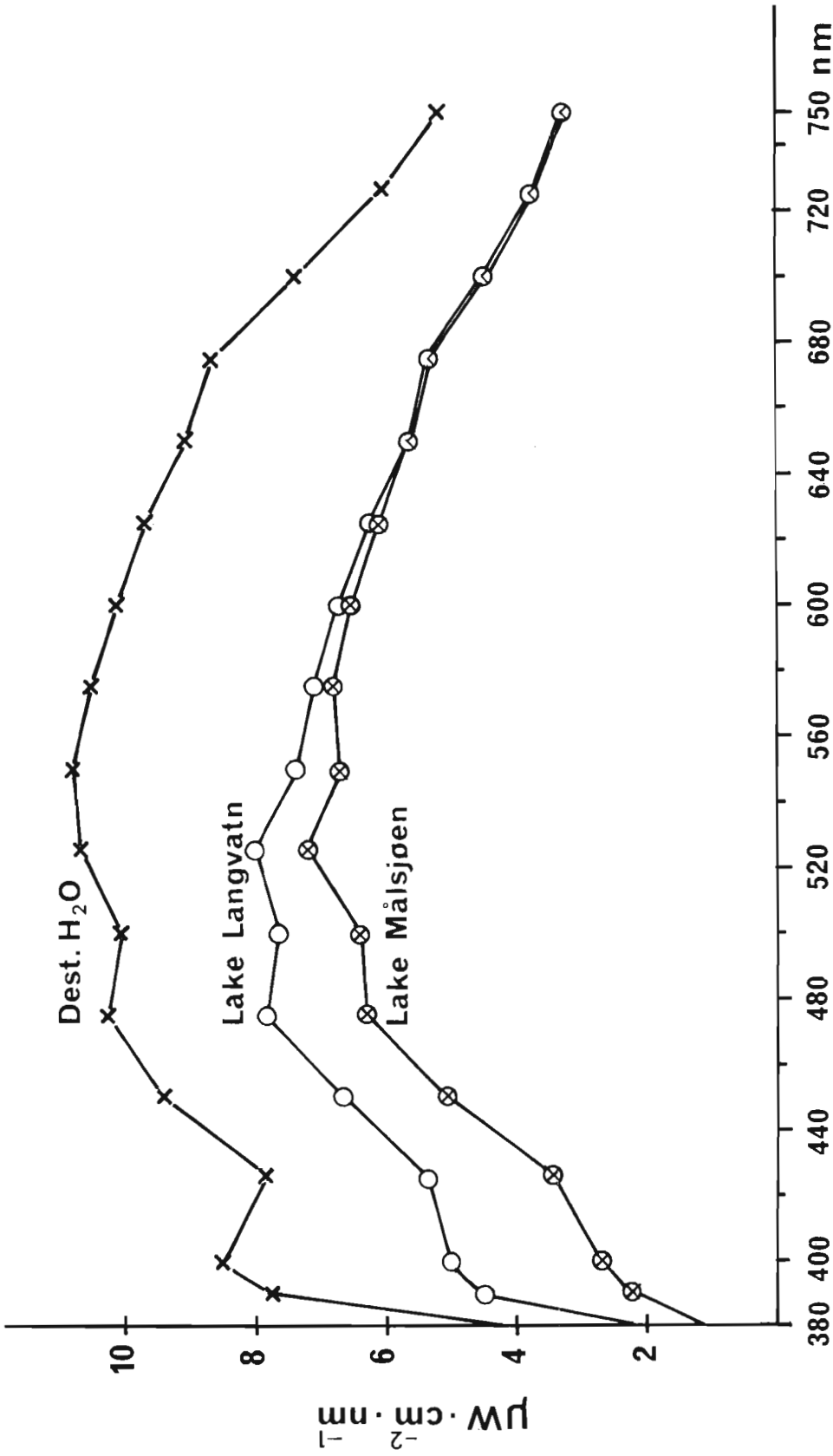
Figur 6. Siktedyp målt med Secchi-skive i Langvatn 1974-1976.

*Transparency depth (Secchi-disc) in Lake Langvatn 1974-1976.*



Figur 7. Siktedyp målt med Secchi-skive i Målsjøen 1974-1976.

*Transparency depth (Secchi-disc) in Lake Målsjøen 1974-1976.*



Figur 8. Lysgjennomgang av lys med forskjellig bølgelengde i en 10 cm vannsøyle i Langvatn, Målsjøen og destillert vann.

*Light penetration of light with different wave-length in a column of 10 cm water in Lake Langvatn, Lake Målsjøen, and distilled water.*

fosfor:

	Pr. gjødsling (mg)		Tot. tilførsel (mg)	
	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>
Nitrogen	20,6	93,0	103	465
Fosfor	3,8	16,8	19	84

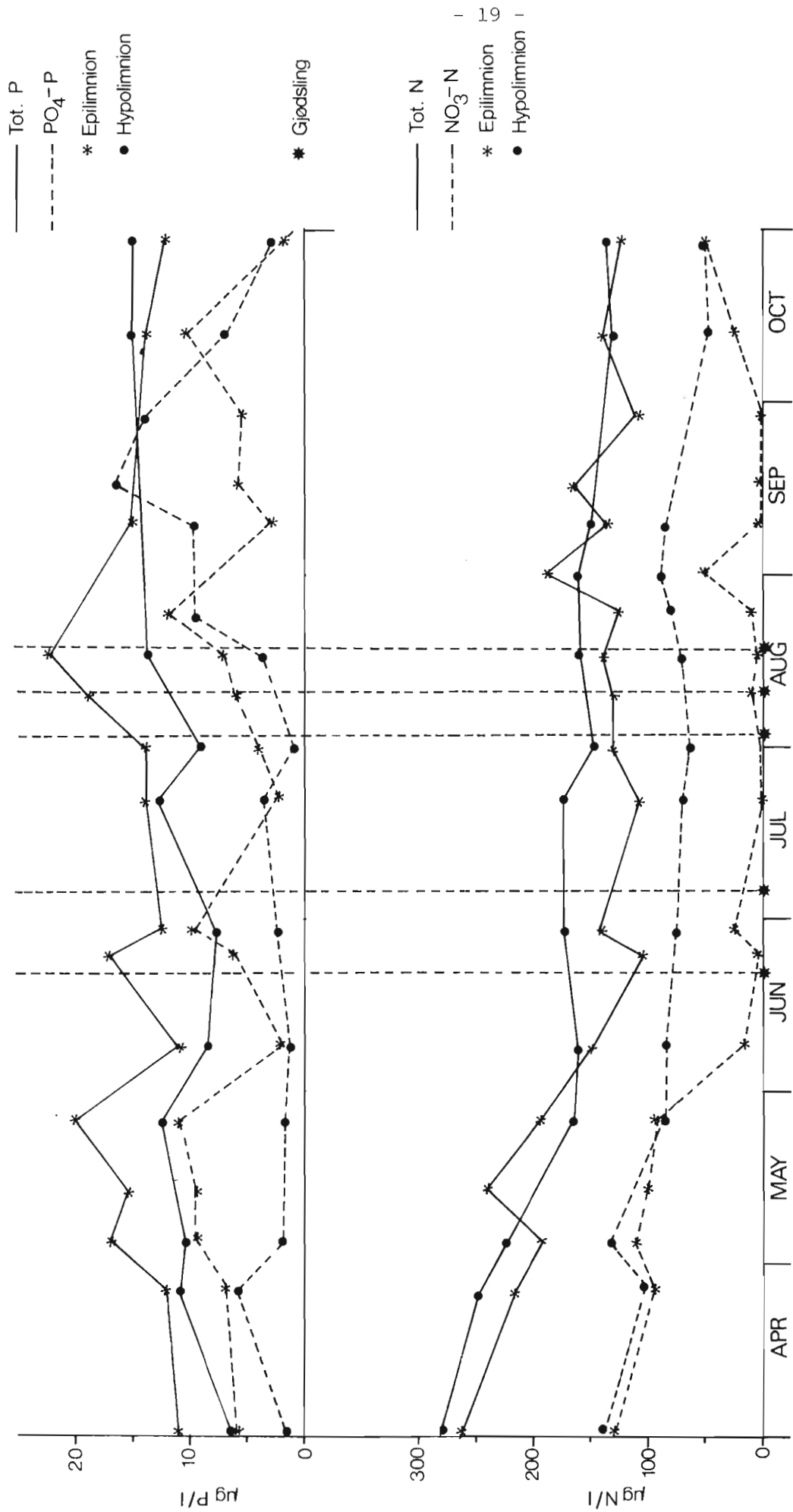
Ved beregningene er antatt 100% løselighet for nitrogenforbindelsene og 75% vannløselighet for tilsatt fosfor. I tillegg til nitrogen og fosfor ble det totalt tilsatt pr. m<sup>3</sup>: 47 mg K, 6 mg Mg, 8 mg S, 12 mg Ca og små mengder bor.

### Nitrogen og fosfor

Alle analyser av næringssalter ble også i 1976 utført ved SINTEF, Trondheim.

Resultatene fra Langvatn er gitt i figur 9. Sammenliknet med 1975 var nitratverdiene like etter isløsningen på samme nivå. Nitratmengdene var den 22. mai 1975 på 100 µg NO<sub>3</sub>-N, mens tilsvarende tall var 98 µg/l den 13. mai og 88 µg/l den 25. mai 1976. Alt 24. juni var imidlertid nitratmengdene på 1 meter under analysegrensen og fram til omrøringen i oktober ble målbare mengder med et unntak bare registrert etter gjødslinger. Den største økningen i NO<sub>3</sub>-innholdet i epilimnion ble imidlertid registrert etter sprangsjiktsenkningen i begynnelsen av september. Verdiene for tot. N lå ved starten av sesongen heller ikke vesentlig over fjorårets, med et gjennomsnitt for 0-15 m på 166 µg/l den 22. mai 1975 mot 179 µg/l den 25. mai 1976.

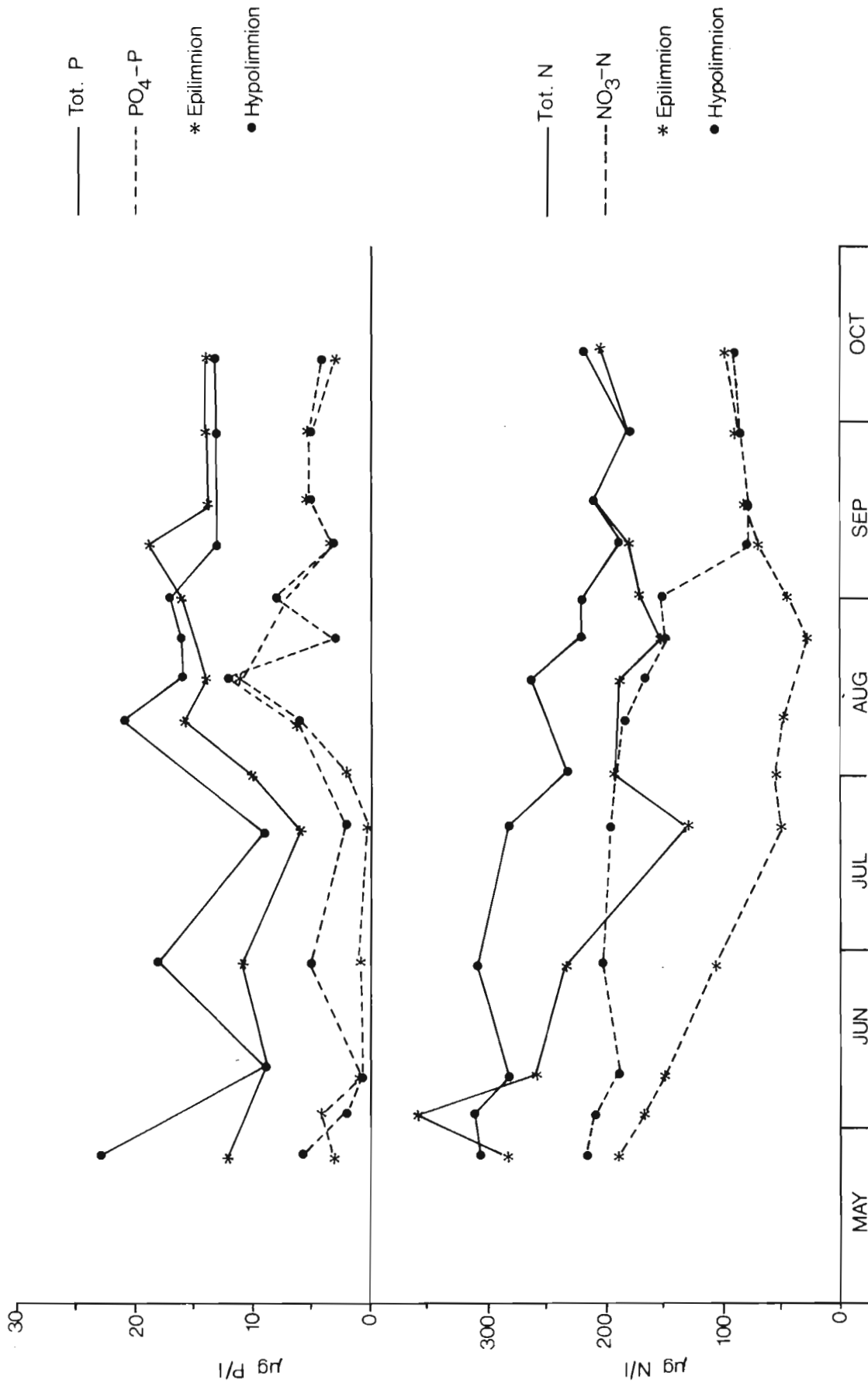
Orthofosfatverdiene var meget høye på 1 og 3 meter i 1976. Den 13. mai var gjennomsnittet for nevnte dyp 9,5 µg/l og den 25. mai på 11 µg/l, mot verdier rundt analysegrensen i 1975. De høye verdier i 1976 må hovedsaklig skyldes innrenning av fosfatrikt smeltevatn. Ved uttak av snøprofiler på forskjellige lokaliteter i nedslagsfeltet i april og mai, viste analyser av den store vinternebbøren et innhold av PO<sub>4</sub>-P fra 8-39 µg/l (gjennomsnittlig 20 µg/l for 9 snøprofiler). I gjødslingsperiodene ble det målt orthofosfatverdier i epilimnion på henholdsvis 9 og 12 µg/l den 28. juni og 23. august. Det ble ikke på noe tidspunkt i prøvetakingsperioden registrert verdier under 2 µg/l.



Figur 9. Analyser av plantenæringsstoffer i Langvatn 1976.

*Analyses of plant nutrients in Lake Langvatn 1976.*





Figur 10. Analyser av plantenæringsstoffer i Målsjøen 1976.

*Analyses of plant nutrients in Lake Målsjøen 1976.*

Tot. P lå ved siste måling i mai på 20 µg/l og kom bare opp på samme nivå under gjødslingsperioden i august.

Resultatene av næringssaltanalyser i Målsjøen er gitt i figur 10. Disse viser for tot. N og NO<sub>3</sub>-N ingen vesentlige forskjeller fra 1975. Blandeprove fra epilimnion ga et nitratinnhold på 190 µg/l den 25. mai 1976. Verdien på 1 m 22. mai 1975 er oppgitt til 115 µg/l, men denne synes meget lav sammenlignet med juniverdier på 135 og 105 µg/l. Nitratinnholdet i epilimnion sank gradvis til 30 µg/l den 23. august 1976 og lå ved høstomrøringen på 80 µg/l.

Tot. N-verdiene varierte fra rundt 300 µg/l ved første prøvetaking til omkring 200 µg/l i omrøringsperioden i september.

Det ble ikke registrert høye orthofosfatverdier i Målsjøen ved prøvetakingen i mai. Den 25. mai var epilimnionmengden på 3 µg/l. I perioden fra først i juni til august ble det registrert verdier i epilimnion like ved eller under analysegrensen. Den 16. august kom mengdene opp i 11 µg/l, mens nivået under høstomrøringen lå på 5 µg/l.

Tot. P-mengdene viste tildels store variasjoner fra 6 µg/l den 21. juli til 19 µg/l den 9. september.

#### Partikulært organisk stoff i Langvatn

Målinger av partikulært organisk stoff som glødetap, ble fortsatt i 1976 på 1, 3, 5 og 10 m dyp. Middelerverdier for hele vekstsesongen i 1974, 1975 og 1976 framgår av følgende oppstilling:

	1974	1975	1976
1 m	0,69 mg/l	0,76 mg/l	1,11 mg/l
3 m	-	-	1,10 mg/l
5 m	0,62 mg/l	0,54 mg/l	0,93 mg/l
10 m	0,43 mg/l	0,34 mg/l	0,48 mg/l

Resultatene viser at partikkelinnholdet i 1976 var betydelig høyere enn de to foregående år som ikke var signifikant forskjellig. Partikkelinnholdet i 1976 var 61% og 50% høyere enn i 1974 på henholdsvis 1 og 5 m dyp. De største verdier i 1976 ble registrert i perioden 19.6.-22.7. med 2,39 mg/l den 6.7. som maksimalverdi. I 1975 ble de største verdier

registrert i perioden 15.7.-18.7. med 1,23 mg/l som maksimalverdi den 18.7. I 1976 ble en ny topp i partikkelinnholdet registrert i perioden 30.8.-21.9. med 1,73 mg/l den 21.9. Partikkelinnholdet på 10 m ligger på nær samme nivå i de 3 år som er sammenlignet.

Forholdstallet mellom middelbiomassen av phytoplankton (P) og zooplankton (Z) i 1976 er beregnet til 1,7 mens den i 1974 og 1975 lå på ca. 0,3. Dette gir en økning i forholdstallet på 5-6 ganger i favør av phytoplankton.

Målinger av partikulært organisk stoff i tilløpsbekkene i 1975 og 1976 indikerer liten forskjell i alloktont materiale pr. volumenhet. I middel er innholdet av partikulært organisk materiale målt til å ligge i området 0,3-0,4 mg/l. På grunnlag av beregnet tilrenning gir dette tilført partikulært organisk stoff av størrelsesorden:

1-2 g tørrstoff/m<sup>2</sup> år i 1974

1-2 g tørrstoff/m<sup>2</sup> år i 1975

3-4 g tørrstoff/m<sup>2</sup> år i 1976

PHYTOPLANKTON 1975-1976 OG PRIMÆRPRODUKSJON 1976 I LANGVATN

Helge Reinertsen

Også materialet fra Langvatn vil i denne rapporten bli presentert kort med resultater og hovedtendenser i materialet.

Phytoplankton

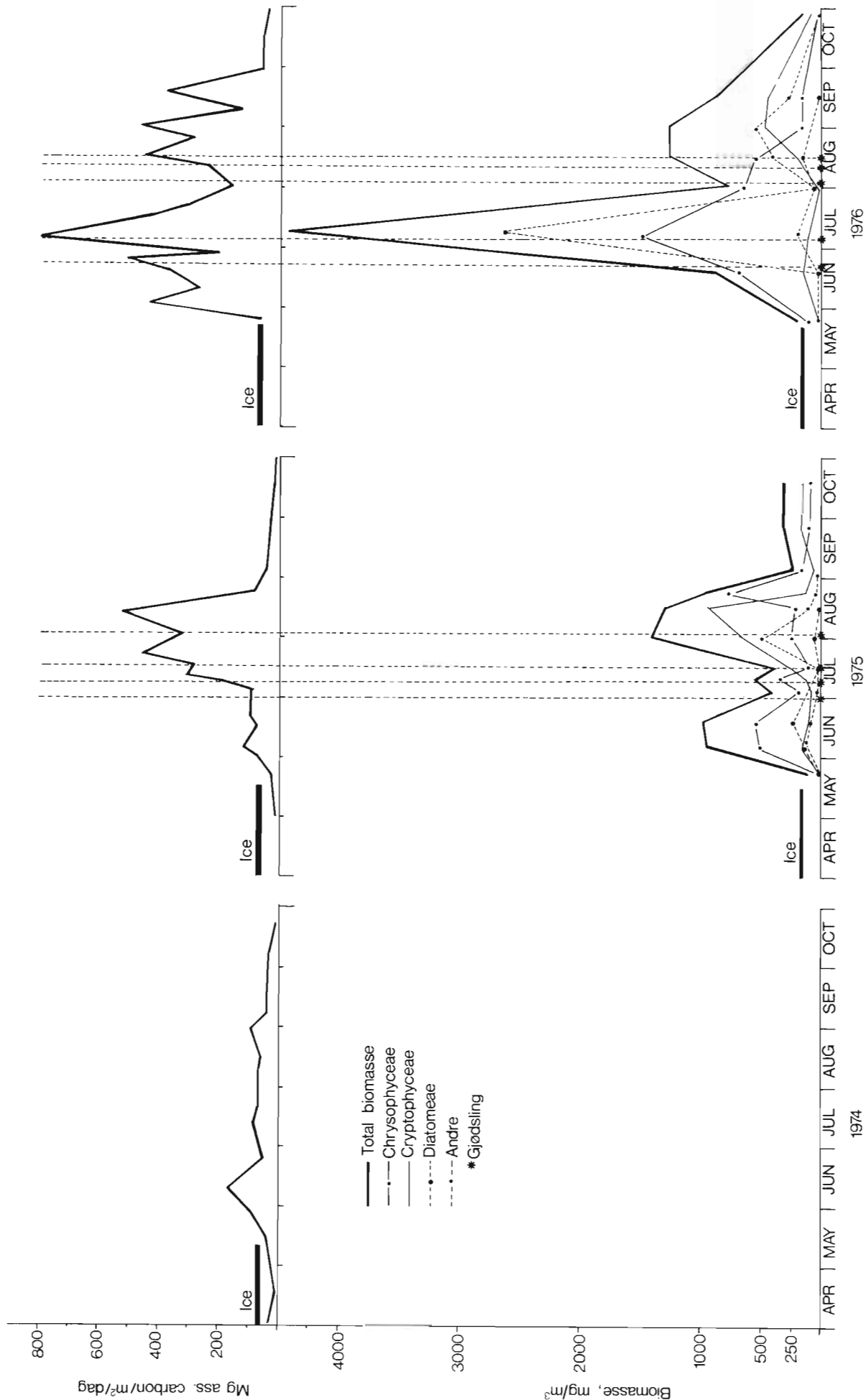
Metode

Phytoplankton ble innsamlet i 1976 fra 0,2, 1, 3, 5, 7 og 10 meter ved stasjon 2 og tellinger ble foretatt med Wild invertoskop. Alt materialet fra 1975 er bearbeidet, mens det i rapporten er med resultater av 8 (innsamlet 19) vertikalsekvenser fra 1976. Materialet fra 1974 er bearbeidet av hovedfagsstudent og vil foreligge høsten 1977.

For å studere forskjeller i algebiomasse ble også benyttet fluorimetrisk klorofyllbestemmelse (Holm-Hansen m.fl. 1965) og in vivo fluorescensmålinger med Turner fluorometer. Klorofyllbestemmelsen skiller ikke mellom klorofyll a og b. I fluorescensmålingene ble også benyttet herbicidet 3 - (3,4 - dichlorphenyl) - 1,1 - dimethylharnstoff (DCMU) for å stanse elektrontransporten i lysreaksjonen. Utslaget ved DCMU-tilsats er oppgitt som differansen i fluorescens før og etter tilsetning av herbicidet. Fluorescensen er angitt som fluorescensenheter ved gjennomlysning på 30-x-spalten.

Resultater

Biomasseforløpet i 1975 og 1976 ut fra algetellinger er vist i figur 1 med gjennomsnittsverdier for 0,2, 1 og 3 m. Den totale biomassen har i 1975 et to-toppet forløp med en vårtoppbiomasse rundt  $1000 \text{ mg/m}^3$  og biomassestørrelse på omkring  $1400 \text{ mg/m}^3$  i siste del av gjødslingsperioden. I første del av gjødslingsperioden ble det ingen oppgang i biomassen. Fra 7. juli viste tellingene en nedgang fra 570 til  $400 \text{ mg/m}^3$ .



Figur 1. Primærproduksjon og phytoplanktonbiomasse i Langvatn 1974-1976.

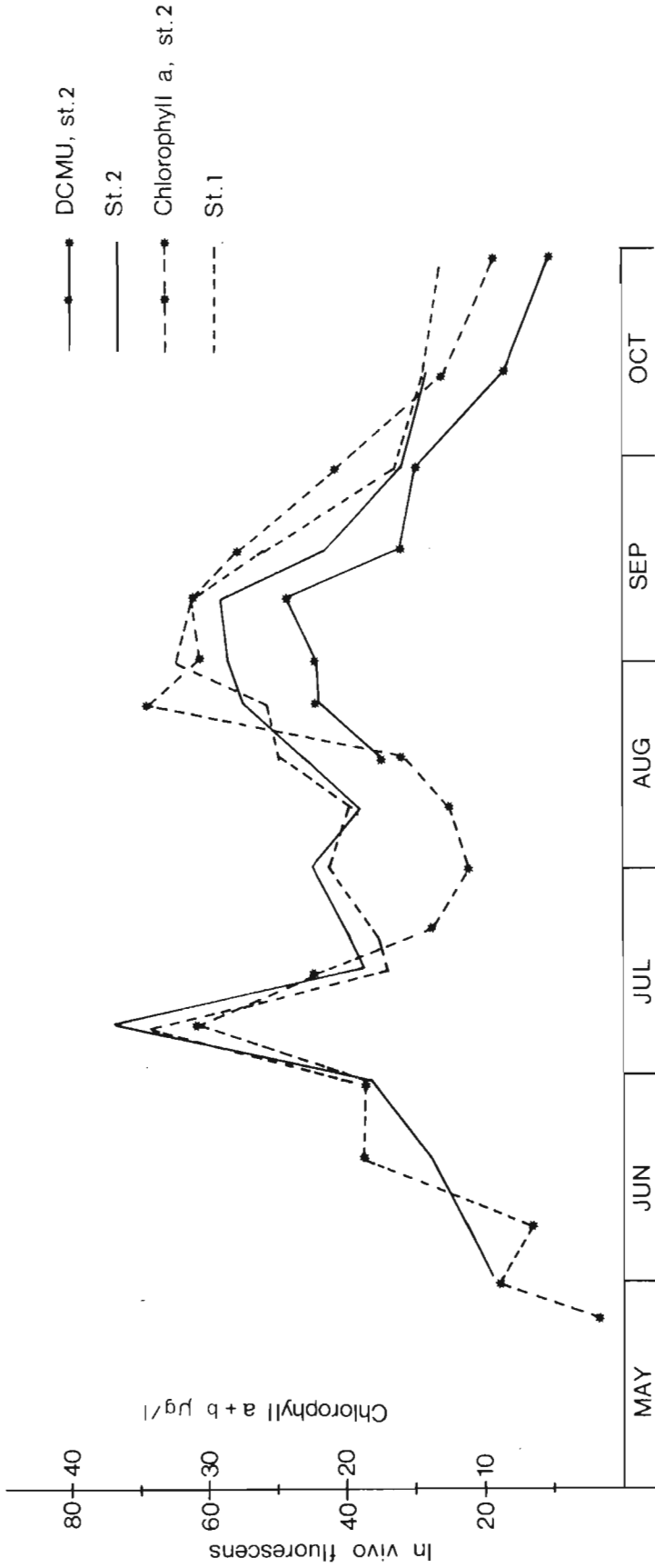
*Primary production and phytoplankton biomass in Lake Langvatn 1974-1976.*



Som vist i figur 1 dominerte chrysophyceer vårtoppen, mens cryptophyceae med *Rhodomonas minuta* og *Cryptomonas marssonii* kom i siste del av gjødslingsperioden. I månedsskiftet juli-august viste tellingene en oppblomstring av blågrønnalgen *Coelosphaerium kuetszingianum* og i mindre mengder *Oscillatoria limosa*. På sensommeren ble det en oppblomstring av chrysophyceae med dominans av *Bicosoeca lacustris* og *Chrysochromulina parva*. Gjennomsnittlig månedsbiomasse i 1975 var 504 mg/m<sup>3</sup>.

I 1976 viste de telte prøvene en meget høy biomasse den 7. juli med i underkant av 4500 mg/m<sup>3</sup>. Tidligere dominerende arter som *Spiniferomonas bourrellii*, *Dinobryon elegantissimum* og *Gymnodinium* cf. *mirabile* ble under julitoppen erstattet av diatomeene *Rhizosolenia erienis*, *R. longiseta*, *Synedra nana* og *Synedra* sp. Blant chrysophyceae kom en mallomonas-art, som er bestemt til *Mallomonas pseudocoronata*, i større mengder. Også *Chrysochromulina parva* og *Stalexomonas dichotoma* fantes i et stort antall. Etter gjødslingen i august utviklet det seg en ny biomassetopp med et samfunn dominerende av grønnalger og cryptophyceae. Av den siste gruppen dominerte *Rhodomonas minuta*, mens flere grønnalger som *Arthrodesmus incus* var. *ralfsii*, *Spondylosium planum*, *Dictyosphaerium primarium* og *Gonium pectorale* var i et større antall. *Dinobryon bavaricum* ble også registrert i et stort antall mot slutten av siste gjødslingstopp. Totalbiomassen kom i august-september opp i tilnærmet 1250 mg/m<sup>3</sup>. Gjennomsnittlig månedsbiomasse for 1976 var 998 mg/m<sup>3</sup>. Det vil si en tilnærmet dobling fra året før.

Klorofyll a+b (middel 1 og 3 m) og fluorescensverdiene (middel 0,2, 1 og 2 m) i figur 2 viser samme to-toppete forløp som resultatet fra algetellingene. Klorofyll-mengden lå den 7. juli på 28,3 µg/l, men sesongens maksimumsverdi ble målt den 24. august til 31,0 µg/l. Ut fra det foregående biomasseforhold kan dette synes merkelig. Diatomeer har imidlertid lavt klorofyllinnhold, noe resultater fra blant annet Mälaren og Vättern viste (Aasa 1970). I Mälaren gav perioder med dominans av grønnalger høyeste klorofyll a-andel, mens cryptophyceae dominerte i periode med høyeste klorofyll a-andel i Vättern (Aasa 1970). Det siste var også tilfelle i Norrviken (Ahlgren 1970). Ahlgren konkluderer imidlertid med at klorofyllinnholdet i Norrviken mer viser sesongmessige variasjoner avhengig av lysintensiteten. Til Langvatn lå energiinnstrålingen i august 1976 på 68% av juliverdien. Benyttet metode tar også med klorofyll b, noe som vil gi høyere klorofyll-andel ved innslag av grønnalger.



Figur 2. Klorofyll a+b og in vivo fluorescens uten og med tilsats av DCMU (3 - (3,4 dichlorphenyl) - 1,1 - dimethyl-harnstoff). Fluorescensøkning ved DCMU-tilsats er gitt som fluorescensdifferansen før og etter tilsats.

*Chlorophyll a+b and in vivo fluorescens with and without added DCMU. The increase in fluorescens with added DCMU is given as the fluorescens difference before and after DCMU is added.*

Fluorescensforløpet ved stasjon 1 og 2 følger innbyrdes samme forløp, men avviker fra klorofyllkurven sist i juli og først i august. En forklaring kan være innvirkning av de store bakteriemengdene som i denne perioden ble observert under planktontellinger.

## Primærproduksjon

### Metode

Målingene ble utført som tidligere år ved stasjon 1 og 2. Utrengninger er foretatt som nevnt under Målsjø-kapitlet.

### Resultater

Primærproduksjonsresultatene for årene 1974-1976 er vist i figur 1 som middel av målingene på stasjon 1 og 2. Resultatene for 1976 viser sammenlignet med 1975 stort sett større primærproduksjon gjennom hele sesongen. Alt under vårtoppen ble målt verdier over  $400 \text{ mg/m}^3$ . Den 7. juli var døgnproduksjonen  $805 \text{ mg/m}^2$ . Etterfølgende nedgang til under  $200 \text{ mg/m}^2$  ble under den andre gjødslingsperioden økt til mellom 400 og  $500 \text{ mg/m}^3$  i månedsskiftet august-september. Store variasjoner i lysintensiteten på måledagene, spesielt august-september, gjør at produksjonsforholdene i innsjøen ikke direkte kan sammenlignes ut fra døgnmålingene i figur 1.

Ser vi på utnyttelsesgraden av energi i området 400-700 nm (tabell 1) er den høyest i årets siste måneder, med et gjennomsnitt på 2,68 o/oo for samtlige måneder. Det vil si mer enn dobling av gjennomsnittet fra foregående år.

Tabell 1. Virkningsgrad (400-700 nm) i o/oo 1974-1976. Antall prøver i parentes.

*Photosynthetic efficiency (400-700 nm) in o/oo 1974-1976.  
Number of samples in brackets.*

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	$\bar{x}$
1974	0,30(2)	0,49(3)	0,56(2)	0,51(3)	0,28(2)	0,21(2)	0,39
1975	0,30(3)	0,60(3)	1,48(6)	2,50(3)	1,43(2)	0,85(1)	1,19
1976	0,21(1)	2,12(5)	2,08(4)	3,34(4)	4,51(3)	3,81(2)	2,68

Den totale primærproduksjon for perioden 1. mai - 1. november er beregnet til 11, 26 og 49 g/m<sup>2</sup> for årene 1974, 1975 og 1976.

#### Vurdering av materialet

Resultatet av gjødslingen i 1975 ga ingen biomasseoppgang før i siste del av juli på tross av høye primærproduksjonstall. Biomassen økte i løpet av siste halvdel av juli fra 400 til rundt 1400 mg/m<sup>3</sup>. Zooplanktonproduksjonen i juli måned (Langeland m. fl. 1976, s. 34) viser en meget sterk oppgang i første halvdel av juli, mens det i siste halvdel ble en drastisk nedgang raskt fulgt av en ny produksjonsøkning. Dette kan tyde på at zooplanktonets fødebehov i første del av juli er så stort at algebiomassen derved ikke øker. Sannsynligvis blir fødebehovet større enn tilgangen og zooplanktonproduksjonen kan ikke opprettholdes. "Produksjonskolapsen" gir anledning til oppbygging av større algebiomasse og følgelig fødetilgang for ny vekst av sekundærleddet.

I 1976 ble det meget høye produksjonstall under vårtoppen. Dette må kunne forklares ut fra den relativt store fosfortilførselen under snøsmeltingen. Tilførselen med smeltevannet kompliserer en eventuell vurdering. Ut fra at nitrogen vil være begrensende element med nivå under analysegrensen, skulle imidlertid fosfortilskuddet ha størst betydning for vårtopp og frem til et N-kilde-nivå under analysegrensen. I etterfølgende periode vil nitrogentilgangen være av avgjørende betydning for biomasseutviklingen og primærproduksjonen. Første tilsats i 1976 ble tilført da innsjøen viste nitrogenverdier mot analysegrensen. Nitrogen-

tilførselen totalt ved gjødsling i 1976 ble tilnærmet halvert i forhold til året før. Dobling av total primærproduksjon og månedlige gjennomsnittsbiomasser ble imidlertid sluttresultatet for primærleddet. Dette kan vanskelig forklares uten innvirkning av biotiske komponenter. Nedgang i total zooplanktonproduksjon og ikke minst andel av store cladocera (gj.fr. zooplankton i Langvatnet 1976) skulle tilsi mindre beiting på primærleddet enn i 1975 og følgelig større algebiomasse og produksjon (Hrbáček m. fl. 1961, Brooks og Dodson 1965, Losos og Heteša 1973).

#### Litteratur

- Ahlgren, G. 1970. Limnological studies in Lake Norrviken, a eutrophicated Swedish Lake. II. Phytoplankton and its production. *Schweiz. Z. Hydrol.* 32: 353-396.
- Brooks, J. L. & S. I. Dodson. 1965. Predation, body size, and composition of plankton. *Science* 150: 28-35.
- Holm-Hansen, O. m. fl. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.* 30: 3-15.
- Hrbáček, J. m. fl. 1961. Demonstration of the effect of the fish stock of species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 14: 192-195.
- Langeland, A. m. fl. 1976. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del II. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser.* 1976-2.
- Losos, B. & J. Heteša. 1973. The effect of mineral fertilization and of carp fry on the composition and dynamics of plankton. *Hydrobiological studies* 3: 173-217.
- Aasa, R. 1970. Lille Ullevifjärden. Växt- och djurplankton 1965. *Meddn. Naturvårdsverkets limnol. unders.* 33: 1-61. Limnologiska institutionen, Uppsala.

PHYTOPLANKTON OG PRIMÆRPRODUKSJON I MÅLSJØEN 1974-1976

Helge Reinertsen

Materialet fra årene 1974-1976 er ferdig bearbeidet, men vil i denne rapporten bare kort bli presentert med resultater og vurdering av hovedtendenser i materialet.

Phytoplankton

Innsamling og metode

Phytoplankton ble innsamlet som blandeprøve fra 0,2, 1 og 2 m over det dypeste partiet av innsjøen (Langeland m. fl. 1975, s. 21). Prøvene ble fiksert med "phytofix" og tellinger utført med Wild invertoskop etter sedimentering av prøvene i 10 og 50 ml tellekamer.

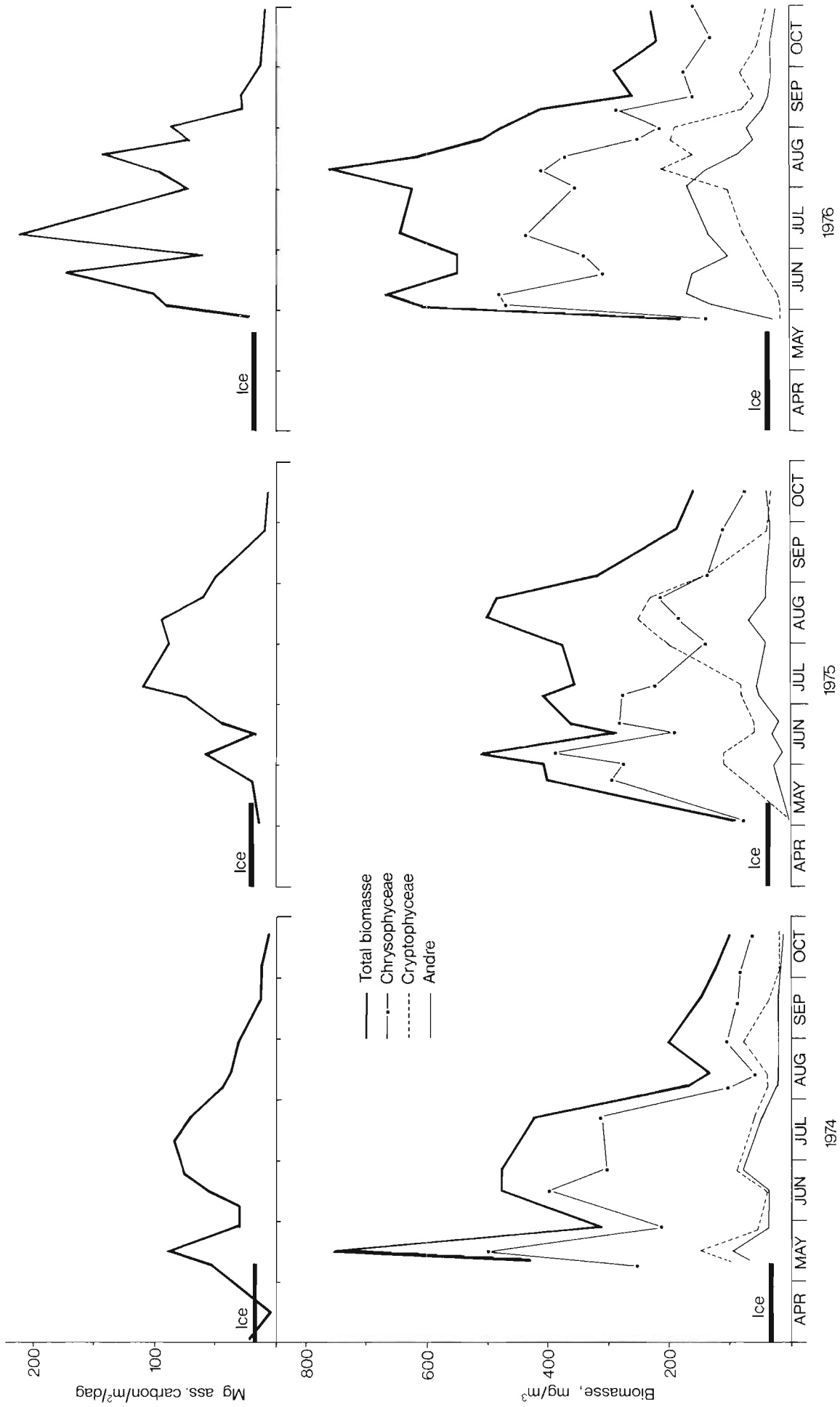
Resultater

Biomasseutviklingen fra 1974-1976 er vist i figur 1 og månedlige gjennomsnittsbiomasser i tabell 1.

Tabell 1. Månedlige gjennomsnittsbiomasser 1974-1976 i mg/m<sup>3</sup>.  
Antall prøvetakinger i parentes.

*Monthly average of biomass 1974-1976 in mg/m<sup>3</sup>. Number of samples in brackets.*

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	$\bar{x}$
1974	497(3)	478(2)	425(1)	166(3)	151(1)	115(2)	305
1975	298(3)	388(3)	379(3)	495(2)	255(1)	156(1)	329
1976	183(1)	572(4)	635(2)	589(4)	319(3)	225(2)	421



Figur 1. Primærproduksjon og phytoplanktonbiomasse i Målsjøen 1974-1976.

*Primary production and phytoplankton biomass in Lake Målsjøen 1974-1976.*



Som tabellen viser har det funnet sted en økning i månedlig gjennomsnittsbio masse fra 305 mg/m<sup>3</sup> i 1974 til 421 mg/m<sup>3</sup> i 1976. Karakteristisk for biomasseutviklingen fra 1974 til 1976 er avtagende biomasse i mai måned og økende biomassestørrelser i årets tre siste måneder. Som figur 1 viser utgjør chrysophyceae største andel av biomassen samtlige år og det var ingen større forandringer i artssammensetningen fra år til år. Arter som utgjorde hovedinnslaget i biomassen var *Pseudokephyrion Entzii*, *Chrysochromulina parva*, *Chromulina* spp., *Ochromonas* spp., *Phaeaster aphanaster* og *Dinobryon acuminatum*. Av cryptophyceae var *Rhodomonas minuta*, *Katablepharis ovalis*, *Chryptomonas marssonii* og *Cryptomonas erosa* dominerende arter. I 1974 og 1975 utgjorde grønnalgene hoveddelen av øvrige biomasseinnslag med *Coccomyxa borealis*, *Oocystis submarina* og *Nephrocytium lunatum*. I 1976 økte innslaget av diatomeer og peridineae. Fra sistnevnte gruppe skyldtes hovedsaklig økningen *Gymnodinium lacustre*, mens *Cycotella comta* økte mest av tilstedeværende kiselalger.

### Primærproduksjon

#### Metode

Gjennomføring av primærproduksjonsmålinger og lysmålinger var som beskrevet i Langeland m. fl. 1976. Oppgitte produksjonsverdier for 1974-1976 er korrigert for isotopdiskriminering (Golterman 1975) og på 1975-resultatene er foretatt en quench-korrigerings.

Ved utregning av fotosyntesens energiutnyttning er satt:

$$1 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sek} = \frac{1720}{x} \cdot 10^{-4} \text{ cal}/\text{cm}^2/\text{min.}/\text{nm}$$

Som gjennomsnittlig bølgelengde for området 400-700 nm er benyttet 580 nm. På grunn av sammenligningen med 1974 er energiutbyttet foreløpig ikke beregnet ut fra quantebetraktninger. Ved beregningene er det antatt 10% refleksjon av lyset ved vannoverflaten (Talling 1957).

### Resultater

Primærproduksjonsresultatene på prøvedagene fra 1974-1976 er vist i figur 1. Resultatene i 1976 ga døgnverdier langt over resultatene fra tidligere år. I et markert tretoppet forløp ble det målt produksjonsmaksima på 164, 202 og 135 mg/m<sup>2</sup>/døgn, henholdsvis 18. juni, 7. juli og 16. august. Sterkt varierende lysforhold på prøvedagene i august og september gir ellers ikke det rette bilde av produksjonskapasiteten på måledagene.

Karakteristisk for produksjonsforløpet i 1976 og også 1975 er større produksjon på sensommeren i forhold til 1974. Dette vises også i tabell 2 med månedlige gjennomsnitt for fotosyntesens virkningsgrad.

Tabell 2. Virkningsgrad (400-700 nm) i o/oo 1974-1976. Antall prøvetakinger i parentes.

*Photosynthetic efficiency (400-700 nm) in o/oo 1974-1976.  
Number of samples in brackets.*

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	$\bar{x}$
1974	0,23(3)	0,23(3)	0,53(2)	0,23(3)	0,16(1)	0,12(2)	0,25
1975	0,20(3)	0,28(3)	0,40(2)	0,76(3)	0,81(2)	0,31(1)	0,46
1976	0,08(1)	0,66(4)	0,68(2)	0,84(4)	0,51(3)	0,85(1)	0,60

Ut fra tabellen ser vi en markert økning i virkningsgraden i månedene august-oktober i 1975 og 1976. Sistnevnte år viste forøvrig en økning i virkningsgraden samtlige måneder med unntak av mai. Gjennomsnittlig økning i månedsmiddel var fra 0,25 o/oo i 1974 til 0,46 og 0,60 o/oo i 1975 og 1976. Den månedlige totalinnstråling 1974-1976 og sum for perioden 1. mai - 1. november er vist i tabell 3.

Tabell 3. Total innstrålt energi i Trondheimsområdet (g cal/cm<sup>2</sup>).

*Incident solar radiation in the Trondheim area (g cal/cm<sup>2</sup>).*

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	$\bar{x}$
1974	15114	14367	11412	10074	5518	2601	59086
1975	9805	11830	12732	8671	4561	1983	49582
1976	14554	11592	12497	8535	5232	2178	54588

Størst total innstråling var i 1974 med innstrålingsverdier i 1975 og 1976 på henholdsvis 84 og 92%.

Den totale primærproduksjon i perioden 1. mai - 1. november er beregnet til 8, 10 og 14 g/m<sup>2</sup> for årene 1974, 1975 og 1976.

#### Samlet vurdering

Både biomasseresultatene og primærproduksjonstallene viser en generell økning fra 1974 til 1976. Økningen gjelder ikke vårsituasjonen hvor en fikk den høyeste biomassen i 1974. Karakteristisk for våren 1974 var imidlertid relativt tidlig isløsning (9. mai 1974 mot 15. mai og 21. mai i 1975 og 1976), meget hurtig oppvarming av vatnet (fig. 5, s. 14) og rask etablering av sprangsjikt. Dette ga også høye produksjonsverdier sammenlignet med våren 1975, da det var meget sen oppvarming (fig. 5, s. 14) og lav energiinnstråling (tabell 3). Siktedypforholdene våren 1975 viste også liten lysgjennomgang (fig. 7, s. 16) i månedskiftet mai-juni. Våren 1976 kom produksjonstoppen etter den største biomasseutviklingen. Dette må blant annet ha sammenheng med at siktedypet gikk ned fra 2,2 m til 3,9 m fra 8. juni til 18. juni. Det høye nivået kunne også tyde på bedre næringsforhold, noe en imidlertid ikke kan se ut av kjemidataene fra Målsjøen.

Angående økning i biomasse og produksjon i årets siste måneder i 1975 og 1976 er spesielt zooplanktonresultatene til Jensen (se Zooplankton i Målsjøen 1976) interessante. Disse viser at mengden av store cladocera minket sterkt fra 1974 til 1975. I 1975 og også 1976 var bestanden av *Bosmina longispina*, *Daphnia galeata* og *Holopedium gibberum* i månedene august og september meget liten. Ut fra en slik

reduksjon i antall store cladocera skal en etter Hrbáček m. fl. (1961), Brooks og Dodson (1965) og Losos og Heteša (1973) vente en økning i phytoplanktonbiomassen og primærproduksjonen. En slik utvikling kan en finne i Målsjø-materialet og ved utfisking i 1977 og 1978 håper en å få sikrere slutninger om zooplanktonets betydning for regulering av primærleddet.

#### Litteratur

- Brooks, J. L. & S. I. Dodson, 1965. Predation, body size, and composition of plankton. *Science*, 150: 28-35.
- Golterman, H. L., 1975. *Physiological Limnology*. Developments in water science 2. Amsterdam, Elsevier. 489 p.
- Hrbáček, J. m. fl., 1961. Demonstration of the effect of the fish stock of species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 14: 192-195.
- Langeland, A. m. fl., 1975. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del I. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser.* 1975-13.
- Langeland, A. m. fl., 1976. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del II. *Ibid.* 1976-2.
- Losos, B. & J. Heteša, 1973. The effect of mineral fertilization and of carp fry on the composition and dynamics of plankton. *Hydrobiological studies* 3: 173-217.
- Talling, J. F., 1957. Photosynthetic characteristics of some freshwater plankton diatoms in relation to underwater radiation. *New Phytol.* 56: 29-50.

## ZOOPLANKTON I LANGVATN 1976

Arnfinn Langeland

Innsamling av zooplankton ble utført som tidligere år. Innsamlingsmetodikk, subsamplingsteknikk og metoder for produksjons- og biomasseberegninger er som tidligere beskrevet (Langeland, m.fl. 1975, 1976). Statistisk behandling av materialet er utført etter et program beskrevet av Jensen (1975). De tidligere presenterte resultater bygget på aritmetiske middelveidier. Nevnte program beregner også 95% konfidensintervall på grunnlag av logaritmisk transformasjon. Antilogaritmen til de transformerte talls middelveidi er korrigert ved å legge til 1,15 ganger variansen av de transformerte tallene. Dette gir et forventningsrett estimat av populasjonens middelveidi, (Jensen 1975). Dette er benyttet i den videre behandling av tallmaterialet. Disse tall vil derfor avvike noe fra de som tidligere er presentert i ovennevnte rapporter.

En sammenfattende og utførlig behandling av resultatene fra undersøkelsene i 1973-1976 vil bli gjort i en senere publikasjon. Hensikten med denne og tidligere rapporter er å gi en foreløpig presentasjon av hovedtendensene i materialet og foreløpige konklusjoner.

### Biomasse

I denne presentasjon er hovedvekten lagt på å beskrive populasjonenes biomasseutvikling. I tabell 1 og figurene 1, 2, 3 og 4 er resultatene i 1976 sammenlignet med tilsvarende i 1974 og 1975. Resultatene er uttrykt som mg tørrvekt/m<sup>2</sup>.

Resultatene viser at utviklingen av zooplanktonpopulasjonene var sterkt avvikende i 1976 sammenlignet med tidligere år. Figur 1 viser at hjuldyrene (Rotatoria) var den dominerende gruppe i 1976 hvor de utgjorde 43% mot 11% i 1974 og 11% i 1975 av middelbiomassen. Hoppekrepsene (Copepoda) utgjorde de respektive år 1974, 1975 og 1976 henholdsvis 35, 18 og 28% av middelbiomassen. Den dominerende gruppe i 1974 og 1975, vannloppene (Cladocera), med 54 og 71%, hadde redusert sin andel av middelbiomassen til 28% i 1976. Biomassen pr. m<sup>2</sup> hos Cladocera i 1976 lå også betydelig under de to foregående år med 157 mg/m<sup>2</sup> mot 396 mg/m<sup>2</sup> i 1974 og 908 mg/m<sup>2</sup> i 1975.

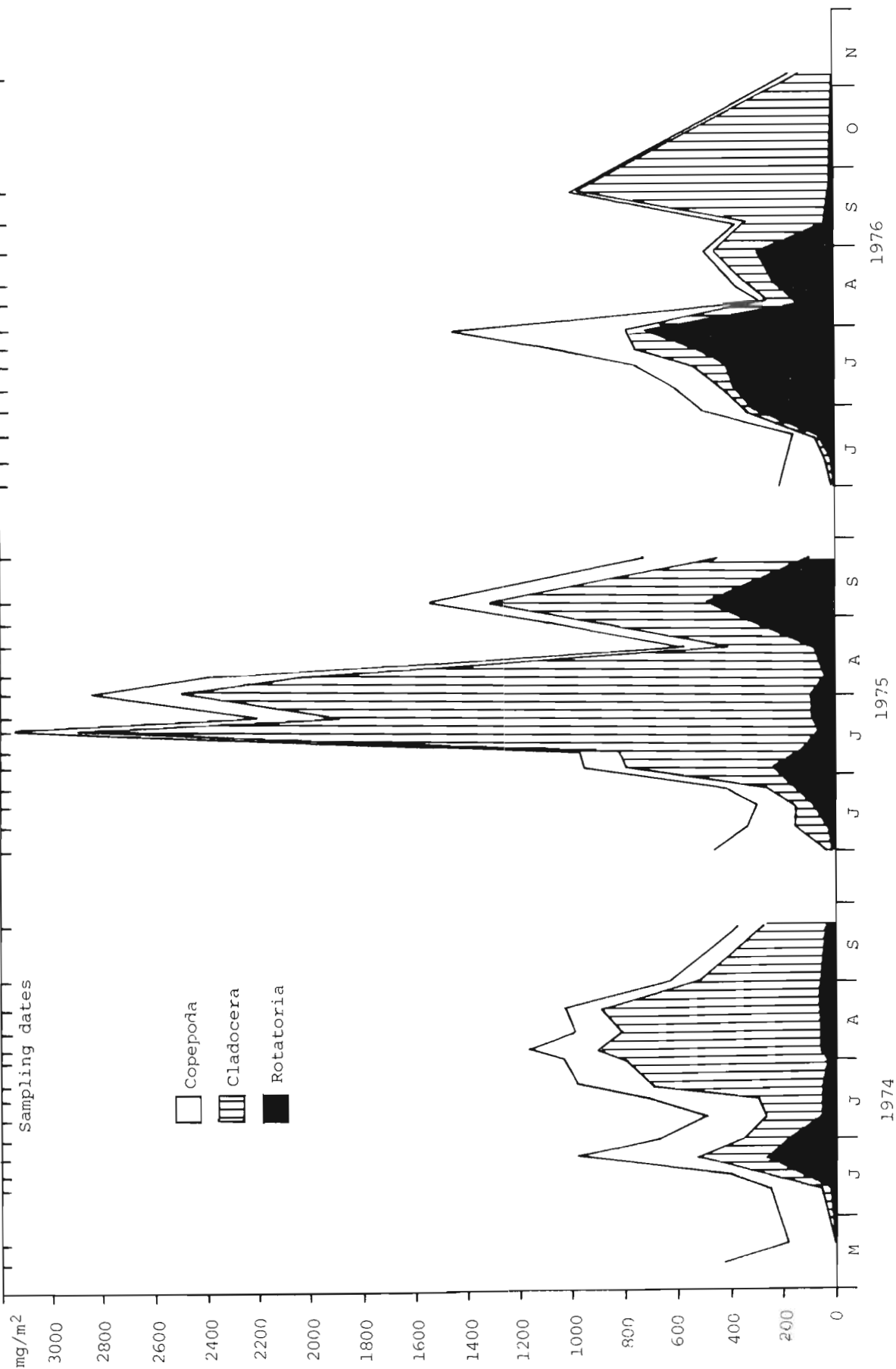


Fig. 1. Biomasse mg tørrvekt/m<sup>2</sup> av Copepoda (hoppekreps), Cladocera (vannlopper) og Rotatoria (hjuldyr) i Langvatn 1974, 1975 og 1976.

*Biomass as mg dry weight/m<sup>2</sup>, og Copepoda, Cladocera, and Rotatoria in Lake Langvatn 1974, 1975, and 1976.*

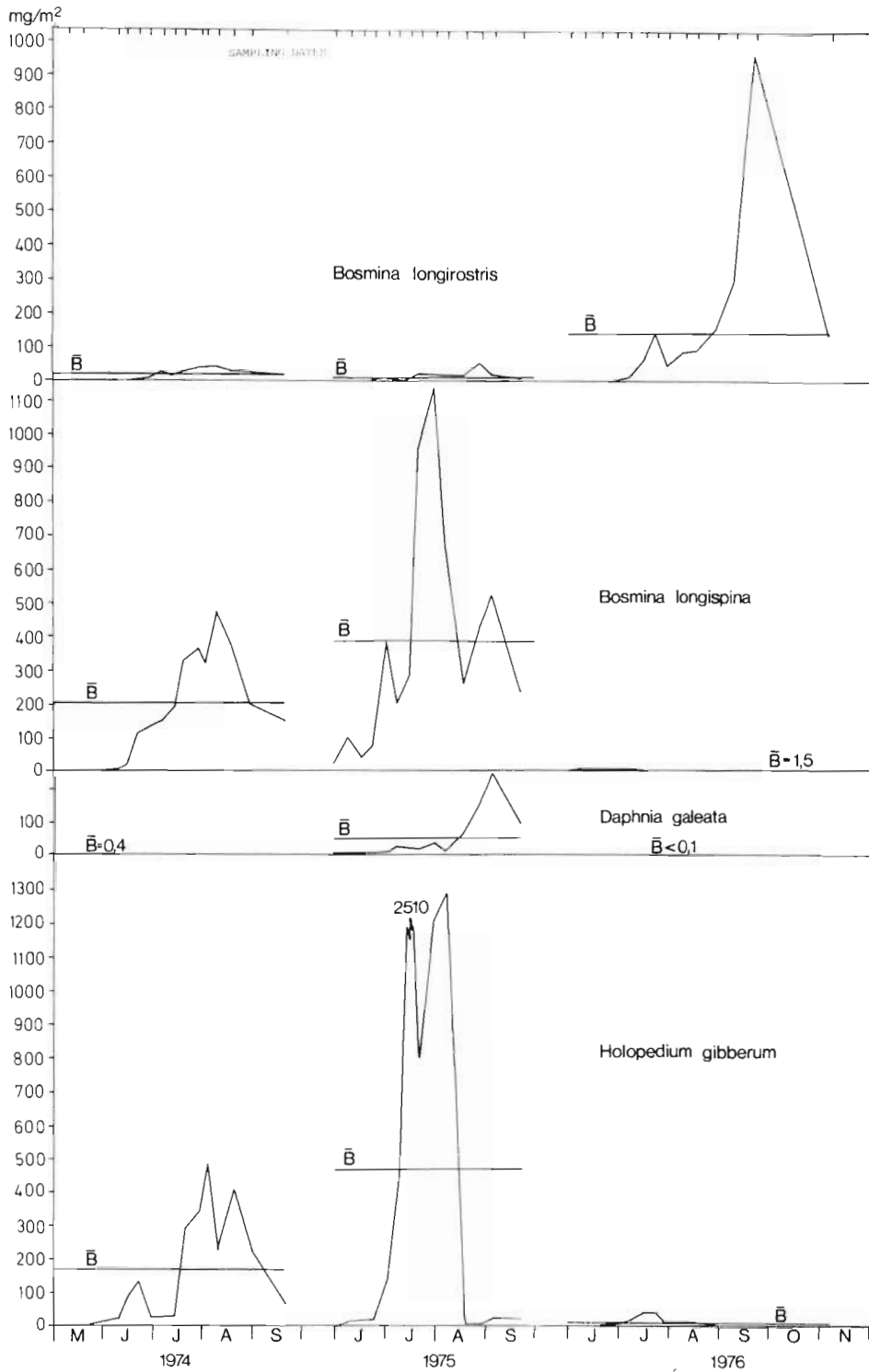


Fig. 2. Biomasse mg tørrvekt/m<sup>2</sup> av Cladocera (vannlopper) i Langvatn 1974, 1975 og 1976.  $\bar{B}$  er middelerdi for prøveperioden juni-september.

*Biomass as mg dry weight/m<sup>2</sup> of Cladocera in Lake Langvatn 1974, 1975, and 1976.  $\bar{B}$  is arithmetical mean for the sampling period June-September.*

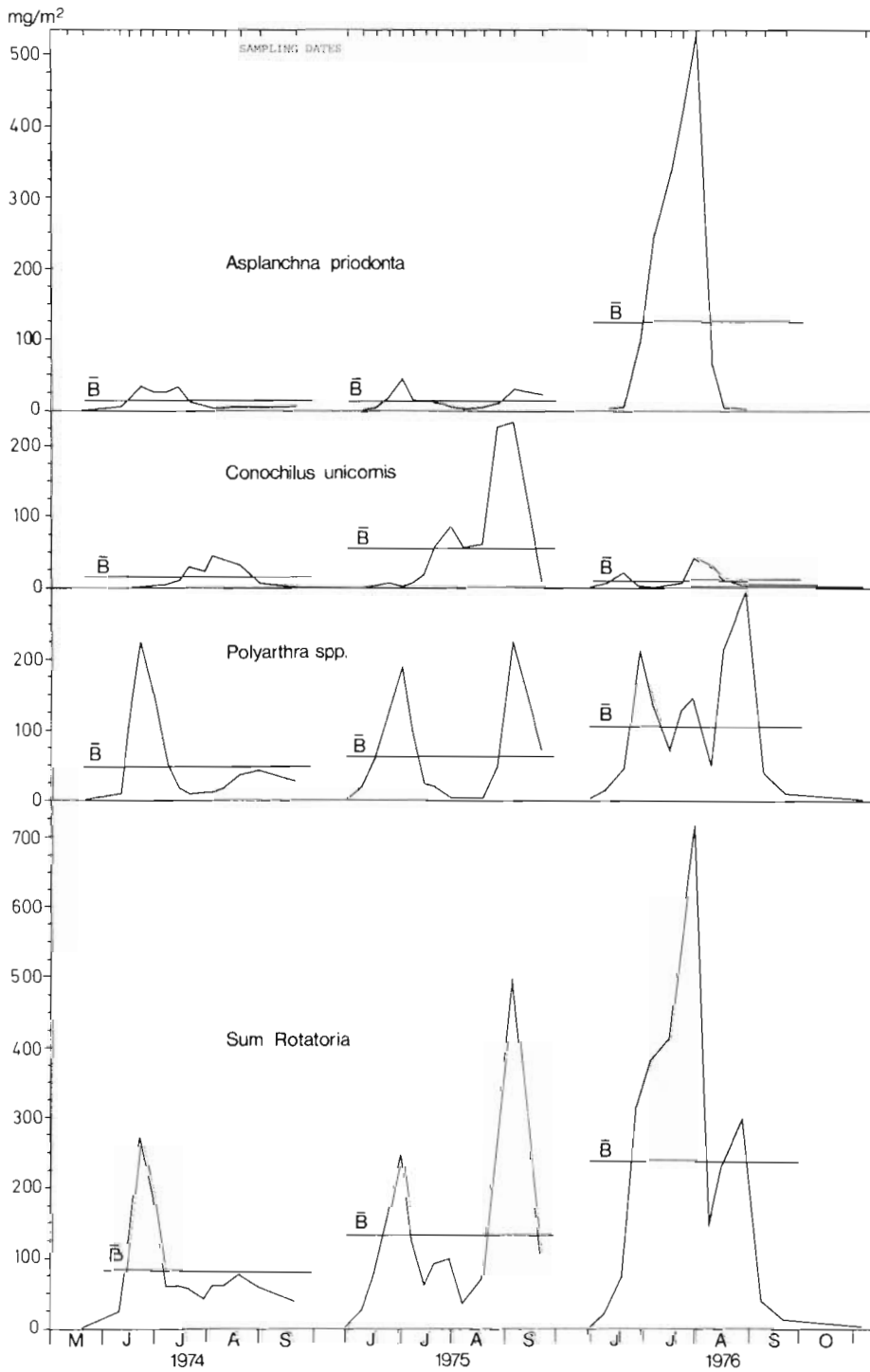


Fig. 3. Biomasse mg tørrvekt/m<sup>2</sup> av Rotatoria (hjuldyr) i Langvatn 1974, 1975 og 1976.  $\bar{B}$  er middelværdi for prøveperioden juni-september.

*Biomass as mg dry weight/m<sup>2</sup> of Rotatoria in Lake Langvatn 1974, 1975, and 1976.  $\bar{B}$  is arithmetical mean for the sampling period June-September.*



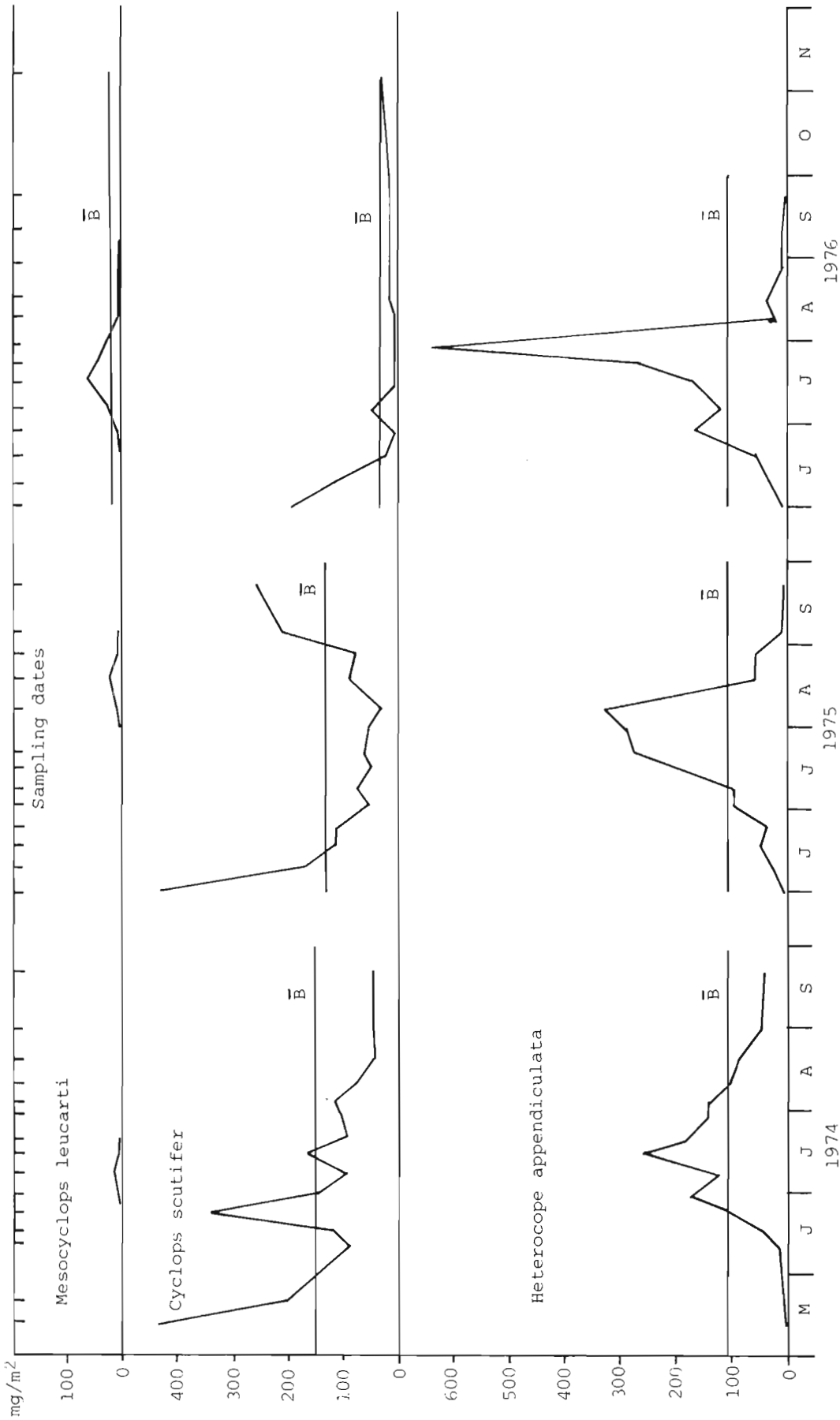


Fig. 4. Biomasse mg tørrvekt/m<sup>2</sup> av Copepoda (hoppekreps) i Langvatn 1974, 1975 og 1976.

$\bar{B}$  er middelvei for prøveperioden juni-september.

Biomass as mg dry weight/m<sup>2</sup> of Copepoda in Lake Langvatn 1974, 1975, and 1976.

$\bar{B}$  is arithmetical mean for the sampling period June-September.

Den sterke nedgang i Cladocerene i 1976 hadde hovedsaklig sin årsak i uvanlig svake populasjoner hos *Holopedium gibberum*, *Bosmina* (*Eubosmina*) *longispina* og *Daphnia galeata* (figur 2). Dette var uventet sett på bakgrunn av at alle tre viste en oppadgående tendens i 1975 i forhold til 1974. Den eneste Cladocera som økte sin biomasse i 1976 i forhold til tidligere år var *Bosmina longirostris* som er en mye mindre art enn den nærbeslektete *B. longispina*.

Rotatorienes sterke økning i 1976 skyldes hovedsaklig den største rotatorieart i Langvatn, *Asplanchna priodonta* (figur 3). Dens middelbiomasse i 1976 var 8-9 ganger høyere enn i 1974 og 1975. *Polyarthra*-artene hadde nær doblet sin biomasse i 1976 sammenlignet med tidligere år mens *Conochilus unicornis* hadde middelbiomasse noe lavere enn i 1974.

Copepoden *Heterocope appendiculata* er den art som har vist mest stabil populasjonsutvikling med middelbiomasse henholdsvis 105, 108 og 109 mg/m<sup>2</sup> i 1974, 1975 og 1976 (figur 4). *Cyclops scutifer* gikk tilbake i 1976 mens *Mesocyclops leucarti* hadde 4-6 ganger høyere biomasse i 1976 i forhold til tidligere. Men fortsatt utgjør den en ubetydelig del av totalbiomassen med 2% i 1976.

### Produksjon

Den beregnede produksjon for perioden juni-september viser samme utviklingsforløp som beskrevet for biomassen (tabell 1). At produksjonen hos Cladocera i 1976 med 4900 mg/m<sup>2</sup> er høyere enn i 1974, skyldes betydelig høyere fødselshastighet og omsetningstid hos den lille arten *B. longirostris* sammenlignet med *B. longispina* og *H. gibberum* som var dominerende Cladocerer i 1974. Den dobbelt så høye produksjon hos *H. appendiculata* i 1976 i forhold til tidligere år synes å ha sammenheng med redusert dødelighet hos nauplier og copepoditter i 1976. Døgnlign turnover ( $P/\bar{B} \cdot 120$  døgn) for Cladocera er beregnet til henholdsvis 0,08, 0,17 og 0,26 i 1974, 1975 og 1976. Dette betyr en døgnlign omsetning på 8%, 16% og 20% de respektive år. I Lake Mikorzynskie og Lake Lichenskie i Polen (Patalas 1970) og Lake Pääjavri i Finland (Latja 1974) er døgnlign turnover beregnet til henholdsvis 0,11, 0,24 og 0,13 for herbivore.

Tabell 1. Middelbiomasse  $\bar{B}$  (mg tørrvekt/m<sup>2</sup>) og produksjon P (mg tørrvekt/m<sup>2</sup> juni-sept.) hos zooplankton i Langvatn 1974, 1975 og 1976. Produksjon hos Rotatoria er beregnet etter Latja (1974) hvor  $P=30 \cdot \bar{B}$

Mean biomass  $\bar{B}$  (mg dry weight/m<sup>2</sup>) and production P (mg dry weight/m<sup>2</sup> June-Sept.) of zooplankton species in Lake Langvatn 1974, 1975, and 1976. The production of Rotatoria is calculated from Latja (1974) with  $P=30 \cdot \bar{B}$

Art	$\bar{B}$ mg tørrvekt/m <sup>2</sup>			P mg tørrvekt/m <sup>2</sup> juni-sept.		
	1974	1975	1976	1974	1975	1976
Holopedium gibberum	171	466	12	2000	14400	130
Daphnia galeata	<1	50	<1	10	1680	<1
Bosmina (Eubosmina) longispina	206	382	2	1300	2460	10
Bosmina longirostris	19	10	143	630	330	4760
Heterocope appendiculata	105	108	109	440	520	900
Cyclops scutifer	149	124	34	250	330	130
Mesocyclops leucarti	2	3	12	6	10	36
Conochilus unicornis	14	54	9			
Polyarthra spp.	49	64	105			
Kellicottia longispina	3	2	1	2460	4080	7170
Keratella cochlearis	1	2	1			
Keratella hiemalis	<1	<1	<1			
Asplanchna priodonta	15	14	123			
$\Sigma$ Rotatoria $P=\bar{B} \cdot 30$	82	136	239	2460	4080	7170
$\Sigma$ Cladocera	396	908	157	3940	18870	4900
$\Sigma$ Copepoda	256	233	155	696	860	1066
$\Sigma$ Zooplankton	734	1277	551	7096	23810	13136

### Diskusjon

Mange undersøkelser av zooplankton har vist at mengder og relativ sammensetning av zooplanktonarter har klar sammenheng med ernæringen eller de forskjellige økosystems produksjonsmuligheter, beiting først og fremst fra fisk og konkurranse mellom de forskjellige zooplanktonarter, se eksempel Brocksen m.fl. 1970, Brook 1971 og Milbrink 1971. I visse tilfeller kan fysiske faktorer spille en rolle som f. eks. hurtig vannutskiftning og vindpåvirkning. Vannutskiftning antas ikke å spille noen rolle i Langvatn pga. lang oppholdstid på vatnet og intet synlig utløp. Vindpåvirkning bidrar til den romlige fordeling av dyrene i de sirkulerende vannmasser i epilimnion 0-5 m dyp. Zooplanktonprøvene som er tatt tilfeldig over hele vatnet reduserer denne faktors betydning da det antas at prøvene er representative for hele innsjøen. Innsjøens bassengform med relativ liten littoralzone reduserer sterkt forstyrrende effekter fra littoralsonen på romfordelingen. Temperaturen har betydning for utviklings-hastigheten hos de forskjellige arter. Middelttemperaturen på 3 m dyp for juni, juli, august og 1.6.-31.8. er beregnet til:

	Juni	Juli	August	1.6.-30.8.
1974	11,9 <sup>o</sup>	15,5 <sup>o</sup>	14,6 <sup>o</sup>	14,0 <sup>o</sup>
1975	10,8 <sup>o</sup>	15,6 <sup>o</sup>	16,0 <sup>o</sup>	14,1 <sup>o</sup>
1976	10,4 <sup>o</sup>	15,1 <sup>o</sup>	14,9 <sup>o</sup>	13,5 <sup>o</sup>

En undersøkelse har vist at en temperaturforskjell på 6<sup>o</sup> doblet produksjon av herbivore zooplankton, men påvirket ikke middelbiomassen (Patalas 1970). Temperaturen på 3 m antas å være representativ for dyp hvor hovedtyngden av populasjonene oppholder seg. Temperaturforskjellene ovenfor indikerer små variasjoner i middeltemperatur, avvikene har vært en noe varmere august i 1976 og en noe varmere juni i 1974. Største avvik i månedsmiddel er registrert i juni med 1,4<sup>o</sup>, sesongmidlene synes å være svært lik med en max. differanse på 0,6<sup>o</sup>. Det er derfor liten grunn til å anta at de små temperaturforskjeller kan ha hatt avgjørende betydning for de registrerte store forskjeller i middelbiomasse og dens relative sammensetning. For enkelte arter synes temperaturen å ha fremskyndet eller forsinket periodene for populasjonsutvikling.

Brooks og Dodson (1965) har formulert sine teorier om predasjon og konkurranse om næringen i følgende 5 punkter, senere bekreftet av mange undersøkelser (Milbrink 1971): 1) Planktoniske plantespisere konkurrerer alle om det fine partikulære materialet ( $1\mu$ - $15\mu$ ). 2) Større dyreplanktonarter konkurrerer mer effektivt og kan ta større partikler. 3) Når fiskebeitingen er av lav intensitet blir de små planktoniske plantespisere utkonkurrert og erstattet av større former. 4) Når fiskebeitingen er stor vil den størrelsesberoende fiskepredasjon eliminere de største dyreplanktonarter. Dette tillater da de små dyreplanktonarter å bli dominerende. 5) Ved moderat fiskebeiting skader dette mer de største dyreplanktonarter som da ikke lenger kan undertrykke de små.

Undersøkelsene i Langvatn synes klart å støtte opp under de ovenfornevnte teorier. De 3 største og dominerende arter i 1974 og 1975 som nesten forsvant fra vannet i 1976 var de viktigste næringsdyr for røya i 1975 (se Langeland m. fl. 1976, s. 51). *H. gibberum* var dominerende næringsdyr i juli og første del av august, mens *B. longispina* og *D. galeata* synes å ha vært de viktigste næringsdyr på sensommeren og om høsten. *H. appendiculata* antas å ha en viss betydning som næringsobjekt for røye fra slutten av juli og første del av august. Dette har sammenheng med at de stadier som blir spist, hovedsaklig voksne dyr, bare er tilstede i vannet en kort periode, ca. 10-30 dager. Dette bidrar til å beskytte denne art mot predasjon. Skjebnen til de ovennevnte 3 Cladocera-arter i 1976 synes derfor å være gitt allerede i 1975.

Elimineringen av de største og mest effektive plantespisere, jfr. Brooks og Dodsons teorier nevnt ovenfor, har begunstiget utviklingen i 1976 av de minste arter *B. longirostris* og *A. priodonta*. Ifølge resultatene beskrevet for phytoplankton, se dette avsnitt, skulle næringsforholdene for zooplankton være meget gode i 1975 og 1976 sammenlignet med 1974. Gode næringsforhold har motsatt effekt av predasjon ved å øke produksjon og biomasse hos plantespisere.

Selv om gytebestanden av røye i ubetydelig grad har beitet på zooplankton i 1974 og 1976, har stingsild og de yngste årsklasser av røye beitet på enkelte arter også i 1976. Her er det grunn til å merke seg at stingsild beiter på den lille art *B. longirostris* når denne dominerer som i 1976. Denne art ble i ubetydelig grad funnet i smårøye i 1976, se avsnittet om fisk. Det synes derfor som at predasjon er en viktig faktor i å regulere forholdet mellom de to *Bosmina*-artene *B. longispina* og *B. longirostris* som tidligere antydnet av bl.a. Brooks (1971) og Stenson (1972).

Stenson (1973) har vist at fiskepredasjon også påvirker størrelsen av de kjønnsmodne individer hos *H. gibberum*. Denne art gjorde forsøk på å bygge opp bestanden i 1976, men gikk fort tilbake, størrelsen på dyrene i 1976 var meget små, omtrent som i 1974 og bare halvparten av dyrenes individuelle vekt i 1975. Dette indikerer sterk predasjon på denne art også i 1976. Her må det legges til at denne art er lett fordøyelig og vanskeligere å identifisere i mageprøver enn de andre arter. Dette bidrar til at arten kvantitativt blir underestimert i mageprøver hos predatoren.

Litteratur

- Brocksen, R. W., G. E. Davis & C. E. Warren, 1970. Analysis of trophic processes on the basis of density-dependent functions. In J. H. Steel (ed.): *Marine Food Chains*, pp. 468-498. University of California Press, Berkely.
- Brooks, J. L. 1971. Eutrophication and changes in the composition of the zooplankton. In *Eutrophication: Causes, consequences, correctives*, pp. 236-253. National Academy of Sciences.
- Brooks, J. L. & S. I. Dodson. 1965. Predation, Body Size, and Composition of Plankton. *Science*, 150(3692): 28-35.
- Jensen, A. J. 1975. Statistiske beregninger av kvantitativt zooplanktonmateriale. Datamaskinprogram med brukerveiledning. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1975-13*.
- Langeland, A., K. Kvittingen, A. Jensen, H. Reinertsen, B. Sivertsen & K. Aagaard. 1975. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del. I. *Ibid.* 1975-10.
- Langeland, A., A. Jensen & H. Reinertsen. 1976. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del II. *Ibid.* 1976-2.
- Latja, R., 1974. Pääjärven eläinplankton. *Luonnon Tutkija* 78(4-5): 153-156.
- Milbrink, G. 1971. Fiskpredation och eutrofiering - en litteraturöversikt. *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm*, 1971(10).
- Patalas, K., 1970. Primary and secondary production in a lake heated by thermal power plant. *Proc. Ann. Techn. Meet. Inst. Environm. Sci. Boston*. 1970, pp. 267-271. Mass.
- Stenson, J. A. E., 1972. Fish predation effects on the species composition of the zooplankton community in eight small forest lakes. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 52: 132-148.
- 1973. On predation and *Holopedium gibberum* (Zaddach) distribution. *Limnology and Oceanography* 18: 1005-1010.

## ZOOPLANKTON I MÅLSJØEN 1976

Arne J. Jensen

### Innledning

Feltarbeidet i 1976 var det samme som i 1975 (Langeland m. fl. 1976). Innsamlingsmetodikk var den samme som tidligere beskrevet (Langeland m. fl. 1975).

### Biomasse

Biomassen var i gjennomsnitt for de tre prøveseriene i 1976 74,3 mg tørrvekt/m<sup>3</sup> i pelagisk sone, fordelt på 40,5 mg/m<sup>3</sup> herbivore og 33,8 mg/m<sup>3</sup> carnivore. Totalt tilsvarer dette 86% av biomassen på tilsvarende datoer i 1974. Biomassen av herbivore var mindre (bare 67%) mens biomassen av carnivore var større enn i 1974 (132%).

Figur 1 viser biomassen av de enkelte artene i pelagisk sone i 1974, 1975 og 1976.

*Holopedium gibberum* hadde omtrent samme utvikling i 1975 og 1976, med bare én topp (i juli), mens arten i 1974 hadde to topper. Biomassen var omtrent den samme alle tre årene til i slutten av juli. Deretter ramlet populasjonen sammen de to siste årene.

*Daphnia galeata* hadde omtrent samme utvikling som *H. gibberum*, idet biomassen fra slutten av juli avtok merkbart i 1975 og 1976.

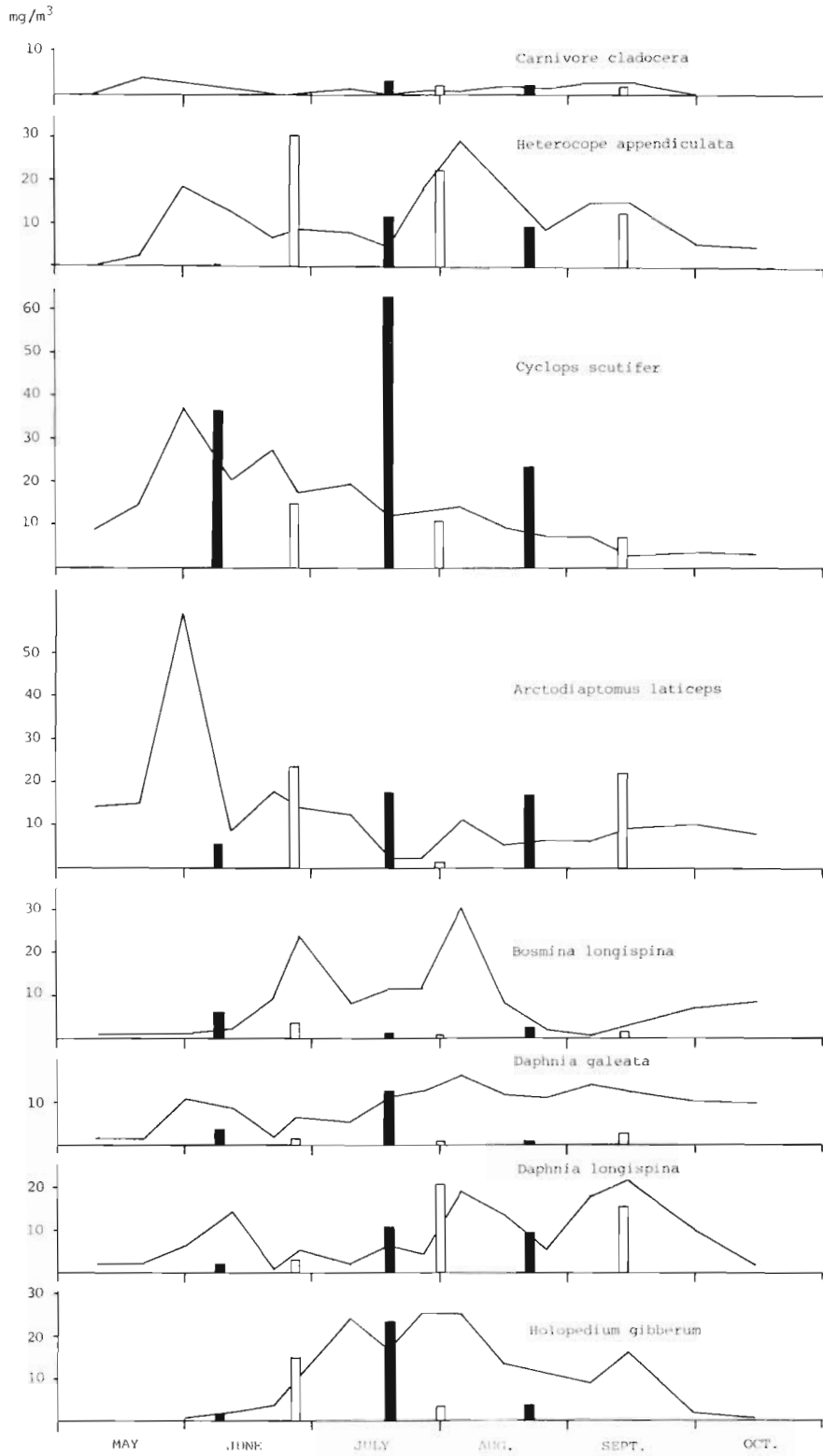
*Bosmina longispina* hadde hele tiden langt lavere biomasse i 1975 og 1976 enn i 1974.

*Daphnia brachyurum* ramlet helt ut i 1975 og 1976, idet bare noen få individer ble funnet i juli. I 1974 utgjorde arten 1,5% av biomassen og 3,2% av produksjonen av Crustacea i Målsjøen (Jensen 1976).

*Daphnia longispina* er den eneste herbivore cladoceren som hadde omtrent samme biomasse alle tre årene.

Biomassen av copepodene følger et annet mønster enn cladoceren. *Arctodiaptomus laticeps* hadde større biomasse i 1975 og 1976 enn i 1974. Hos *Heterocope appendiculata*, som har to generasjoner pr. år, var det god overensstemmelse alle tre år for andre generasjon (i august), mens størrelsen av første generasjon (i juni) varierte langt mer, idet den





Figur 1. Biomasse mg tørrvekt/m<sup>3</sup> i pelagisk sone i Målsjøen i 1974 (—), 1975 (■) og 1976 (□).

*Biomass mg dry weight/m<sup>3</sup> of zooplankton species in Lake Målsjøen in 1974 (—), 1975 (■), and 1976 (□).*

minste populasjon ble registrert i 1975 og den største i 1976.

*Cyclops scutifer* hadde omtrent samme biomasse i 1974 og 1976, men langt høyere i 1975. For å få en bedre forståelse for hva denne variasjonen skyldes, er det utarbeidet Allenkurver (Allen 1951) for de tre årene (figur 2). *C. scutifer* har i Målsjøen én generasjon pr. år og eggene legges i juli-august. Den viktigste forskjellen mellom de tre generasjonene er en langt større overlevelsesgrad for eldre copepoditter og adulte i 1975 enn i 1974 og 1976. Tettheten av adulte i 1975 var 3-4 ganger større enn de to andre årene, og samme tetthetsforskjell ble funnet for nauplier. Dette viser at gjennomsnittlig kullstørrelse var omtrent lik de tre årene. Dødeligheten høst og vinter var enorm (87% mot 60% året før), og neste vår var populasjonen av samme størrelsesorden (ca. 20 ind./l) som de to foregående år. Dette indikerer at forholdene under isen er ganske like fra år til år og medfører at også innsjøens bæreevne for *C. scutifer* er noenlunde stabil i denne perioden.

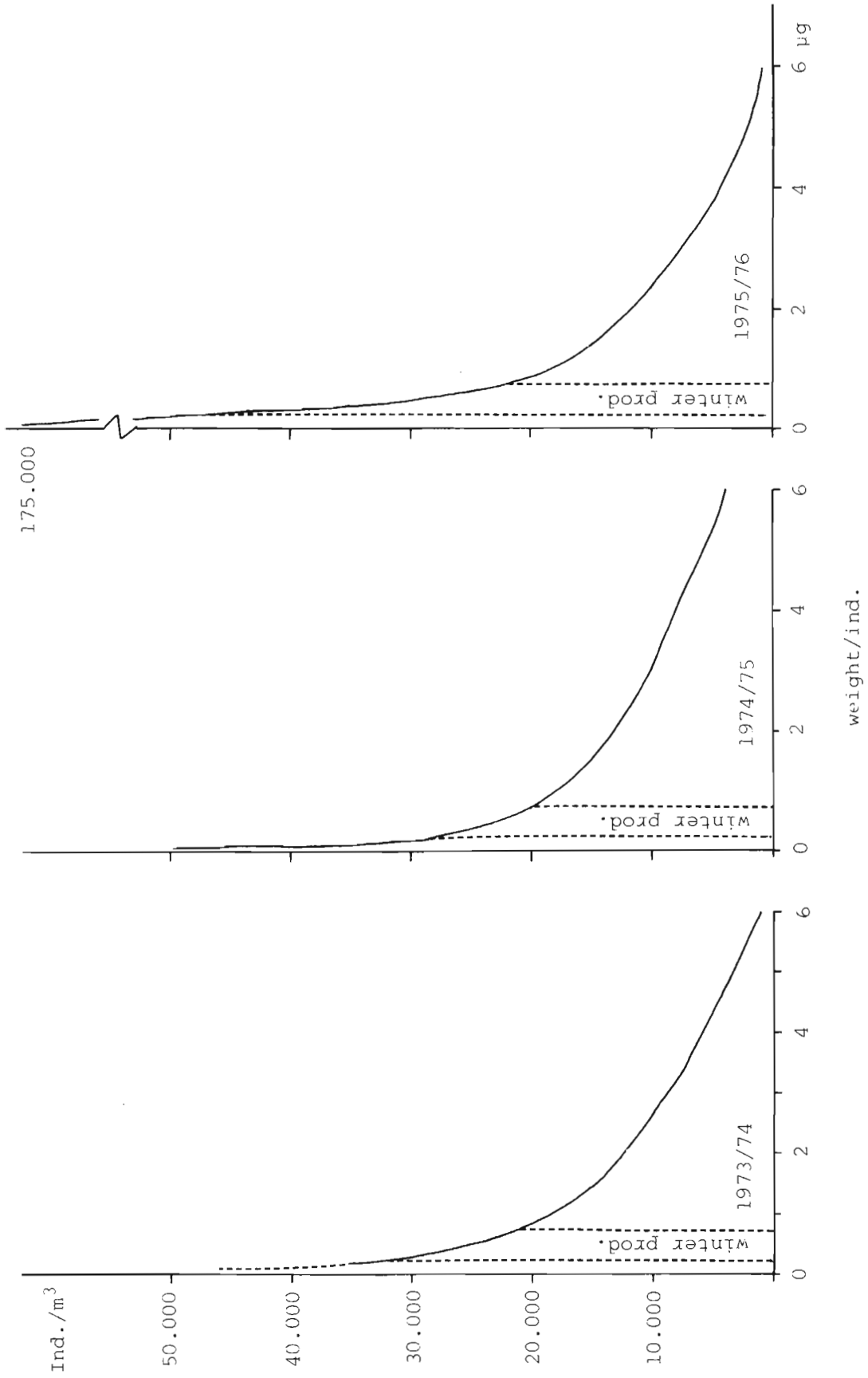
Til tross for den store forskjellen i biomasse var produksjonen relativt lik for de tre generasjonene (henholdsvis 66, 73 og 75 mg tørrvekt/m<sup>3</sup>).

#### Utvikling i tid

Utviklingen av planktonsamfunnet i Målsjøen i 1976 var omtrent som i 1975, men unntak for *C. scutifer*, som hele sommeren var ca. 14 dager forsinket i forhold til året før. Dette er i samsvar med temperaturen i innsjøen, som i sommermånedene var ca. 1<sup>0</sup>C lavere i hypolimnion i 1976 enn i 1975, mens den i epilimnion var omtrent den samme begge år.

#### Diskusjon

Produksjonen av phytoplankton i Målsjøen i 1976 var 14 g C/m<sup>2</sup> (se side 34), som tilsvarer 175% av produksjonen i referanseåret 1974. Både i 1975 og spesielt i 1976 var biomassen av herbivore zooplankton langt lavere enn vi kunne vente ut fra primærproduksjonen (tabell 1).



Figur 2. Overlevelseskurver for *Cyclops scutifer* i Målsjøen.

*Survival of Cyclops scutifer in Lake Målsjøen.*

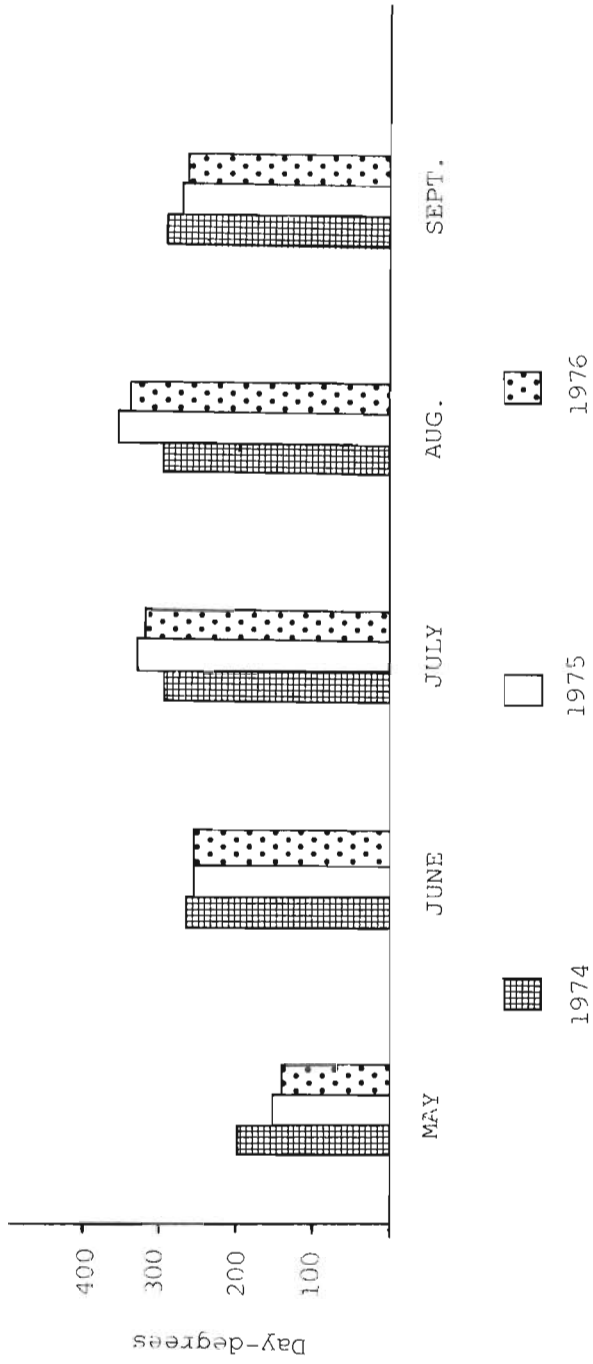
Tabell 1. Produksjon av phytoplankton og biomasse av herbivore Crustacea i Målsjøen i 1975 og 1976 i prosent av verdiene for 1974

År	1974	1975	1976
Produksjon av phytoplankton	100	125	175
Biomasse av herbivore Crustacea	100	104	67

De faktorene som kan ha innflytelse på zooplanktonsamfunnet er først og fremst fysiske faktorer (klima, temperatur o.l.), næring og predasjon. Herzig (1974) har vist en god sammenheng mellom vindstyrke og dødsrate hos *D. brachyurum* i Nausiedler See i Østerrike. En lignende sammenheng kunne ventes også for de fleste andre zooplanktonartene. Somrene 1975 og 1976 har imidlertid ikke vært merkbart mer stormfulle enn sommeren 1974, så det er lite sannsynlig at svingningene i biomassen av zooplanktonet skyldes varierende vindforhold.

Temperaturen er en viktig faktor for utvikling av de forskjellige populasjonene av zooplankton. Temperaturens betydning er artsspesifikk. Enkelte ting er imidlertid felles for alle artene. Utviklingstiden for egg er bare avhengig av temperaturen, idet høyere temperaturer gir raskere klekkesetid (Elster 1954, Hall 1964). Dessuten er det temperatur sammen med næringstilgang som avgjør utviklingstid fra ett stadium til neste.

*D. brachyurum* og *B. longispina* gikk kraftig tilbake i 1975 og 1976 i forhold til 1974. Den første arten betegnes som en varmtvannsform som foretrekker temperaturer over 12°C (Hakkari 1969). I 1974 hadde den ett maksimum først i august (Jensen 1976) og den samme sesongvariasjonen ble funnet i 1972 (Koksvik 1974). I juli og august 1975 og 1976 var temperaturen i Målsjøen høyere enn i tilsvarende tidsrom i 1974 (figur 3), men lavere enn i 1972. Det må derfor være andre forhold enn temperaturen som har vært den viktigste årsak til denne tilbakegangen. *B. longispina* er den vanligste cladoceren i norske innsjøer, og regnes for å være mer euryterm enn de fleste andre artene. Det er derfor lite trolig at årsvariasjonene i tetthet for denne arten vesentlig skyldes temperaturen.



Figur 3. Antall dag-grader i Målsjøen i 1974, 1975 og 1976. Temperaturer som er benyttet er gjennomsnitt for vannmasser mellom 0 og 10 m.

Utvikling av *H. gibberum* og *D. galeata* de tre årene varierer til dels i takt med temperaturen, idet juli og august 1974 var kaldere enn de to påfølgende år. At vi skulle få mye større populasjon ved 10°C enn ved 12°C for de to artene er imidlertid lite trolig.

Av copepodene er det *H. appendiculata* som er mest følsom overfor temperaturen, og variasjonene i første generasjon passer godt med temperaturen i de øvre vannlag i slutten av mai.

*C. scutifer* er tilpasset et liv ved relativt lave temperaturer (Elgmork 1967) og flere undersøkelser har vist at arten hovedsaklig bebor vannlag like under termoklinen (Axelson 1961, Lötmarker 1964). I Målsjøen ser det ut for at arten er noenlunde jevnt fordelt i vannmasser med temperatur under 14°C. Den økte overlevelsesgraden i juni og juli 1975 kan sees i sammenheng med gjennomsnittstemperaturen i hypolimnion, som i 1975 var ca. 7,4°C, mens den i 1974 og 1976 var ca. 6,4-6,5°C.

Temperaturforskjeller i Målsjøen kan altså forklare variasjoner i tetthet for noen arter, mens andre faktorer må ha overordnet betydning for de øvrige. Spesielt er det vanskelig å forklare den sterke nedgangen i bestanden hos noen av de viktigste cladocerene, *H. gibberum*, *B. longispina* og *D. galeata*.

Disse tre er imidlertid akkurat de samme artene som i 1976 nesten kom bort fra zooplanktonet i Langvatn (se side 41), og årsaken var sterk nedbeiting av røye og stingsild. Stenson (1973) mener at *H. gibberum* har høy tetthet hele sommeren (juni-september) i vatn med liten fiskebestand, mens det er et utpreget maksimum i juni i vatn med stort beite-trykk fra fisk. Utviklingen for denne arten de tre siste årene (figur 1) kan tyde på at beitetrykket har økt også i Målsjøen. Vi mangler data for fisk etter 1972, så denne teorien kan ikke verifiseres. Det foreligger imidlertid et omfattende fiskemateriale fra 1970-1972 og gjennomsnittsvekt for røye, som er den viktigste pelagiske fiskearten, var henholdsvis 137, 143 og 168 gram de tre årene (J. W. Jensen, upubl. data). Økningen i gjennomsnittsvekt fra år til år er delvis en effekt av forsøksfisket.

Den eneste som driver endel fiske i Målsjøen nå, er Klaus Grenstad, Målsjøåsen, og han mener at røya er blitt mindre igjen de siste årene. I 1976 ble den overveiende delen av fangsten tatt på 26 omfars garn, mens 24 omfar ga lite utbytte. Gjennomsnittsvekten antas å ligge på ca. 110-120 gram (Grenstad, pers. medd.), altså lavere enn i 1970. Den reduserte gjennomsnittsvekten er en klar indikasjon på økt beitetrykk på zooplankton siden 1972. I 1974 ble det dessuten satt ut et "betydelig antall" ørretyngel (Grenstad, pers. medd.), som også har

vært med på å øke beitetrykket på zooplanktonet.

I 1977 vil fiskebestanden på ny bli undersøkt. Vekstanalyser og analyser av mageinnhold vil være til stor hjelp til å finne ut hva de siste års nedgang i biomassen av zooplankton kan skyldes.

Litteratur

- Allen, K. R. 1951. The Horokiwi stream. A study of a trout population. *Fish. Bull. N. Z.* 10: 1-231.
- Axelsson, J. 1961. Zooplankton and impoundment of two lakes in Northern Sweden (Ransaren and Kultsjön). *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 42: 84-168.
- Elgmork, K. 1967. On the distribution and ecology of *Cyclops scutifer* Sars in New England (Copepoda, Crustacea). *Ecology* 48: 967-971.
- Elster, H. J. 1954. Über die Populationsdynamik von *Eudiaptomus gracilis* Sars and *Heterocope borealis* Fisher im Bodensee-Obersee. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 20: 546-614.
- Hakkari, L. 1969. Zooplankton studies in the Lake Längelmävesi, south Finland. *Ann. Zool. Fenn.* 6: 313-326.
- Hall, D. J. 1964. An experimental approach to the dynamics of a natural population of *Daphnia galeata mendotae*. *Ecology* 45: 94-112.
- Herzig, A. 1974. Some population characteristics of planktonic crustaceans in Neusiedler See. *Oecologia* 15: 127-141.
- Jensen, A. J. 1976. Populasjonsdynamikk og produksjon hos planktoniske Crustacea i Målsjøen, Sør-Trøndelag. Hovedfagsoppgave i zoologi (upubl.). Univ. i Trondheim. 111 s.
- Koksvik, J. I. 1975. Årstidsvariasjoner og døgnrytmikk hos littorale Cladocera (Crustacea) i Målsjøen, Sør-Trøndelag. Hovedfagsoppgave i zoologi (upubl.). Univ. i Trondheim. 130 s.
- Langeland, A., A. Jensen og H. Reinertsen 1976. Eksperiment med en naturlig innsjø. Del II. Undersøkelser sommeren 1975. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser.* 1976-2.
- Langeland, A., K. Kvittingen, A. Jensen, H. Reinertsen, B. Sivertsen og K. Aagaard 1975. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del I. Forundersøkelser i eksperimentsjøen Langvatn og referansesjøen Målsjøen. *Ibid.* 1975-10.
- Lötmarker, T. 1964. Studies on planktonic Crustacea in thirteen lakes in northern Sweden. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 45: 113-189.
- Stenson, J. A. E. 1973. On predation and *Holopedium gibberum* (Zaddach) distribution. *Limnol. Oceanogr.* 18: 1005-1010.



## RESULTATER AV BUNNFAUNAUNDERSØKELSENE FRAM TIL 1976

Kaare Aagaard

Bunnfauna-undersøkelsene i Langvatn ble innledet i 1974 med kvantitative undersøkelser. Klekkefeller som samler fjærmyggene i klekking ble hengt ut over 1 m (en felle), 10 m (to feller) og 30 m (to feller) dyp. I tillegg ble en del grabb-prøver tatt med van-Veen grabb (Aagaard & Sivertsen 1975). I 1975 og 1976 ble bunnprøvene tatt med Ekman grabb (prøvestørrelse  $0,02 \text{ m}^2$ ) og siktet i sil med maskestørrelse 0,5 mm. Tabell I gir oversikt over prøvetakingsprogrammet i 1975 og 1976. Prøvene ble tatt langs tre transekt (figur 1). Det ble tatt 5 grabber på hvert dyp hver gang.

### Resultater

Tabell 2 gir en oversikt over imagines fanget i klekkefellene i 1974. Både antallet individer og arter er svært lavt sammenlignet med nabosjøen Målsjøen (Aagaard 1977). Artssamfunnet er av den typen en finner i oligotrofe (næringsfattige) innsjøer. Resultatene av grabb-prøvene i 1975 (totalt 225 grabber =  $4,5 \text{ m}^2$ ) og i 1976 (150 grabber =  $3,0 \text{ m}^2$ ) er vist i tabell 3. Foruten *Heterotrissocladius subpilosus* og *Sergentia coracina* var det bare Oligochaeta (fåbørstemark) og slektsgruppen Tanytarsini som ble funnet i noe større antall. Fordelingen av *H. subpilosus* og *S. coracina* i de viktigste prøveseriene er vist i figur 2, 3 og 4.

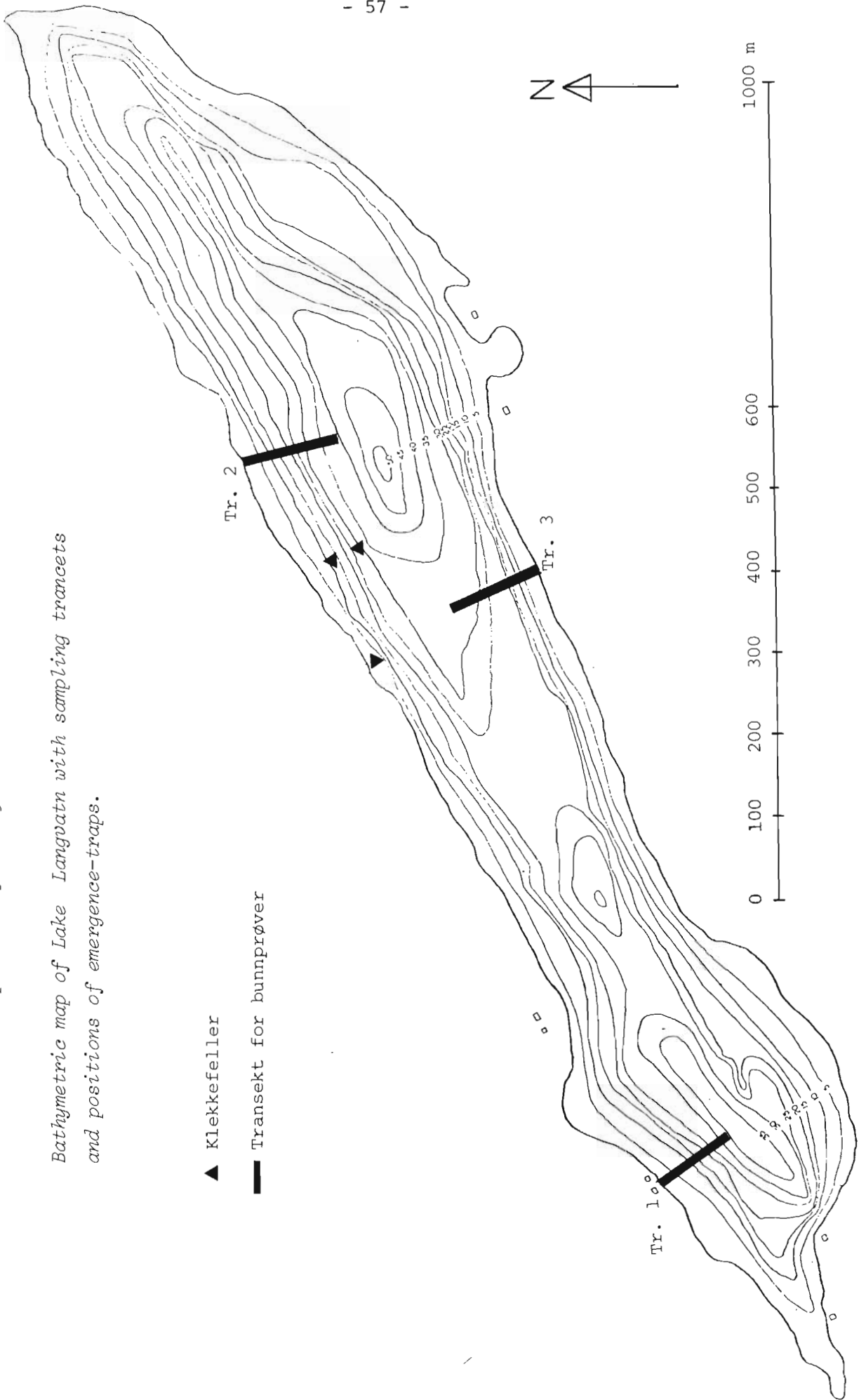
Larvevekter av *H. subpilosus* er gitt i fig. 5. Disse vekststudiene er basert på alkohol-fiksert materiale (lagret 0,5-1,5 år) og fersk våtvekt kan antas å være 0-20% høyere. Figur 6 viser et produksjonsestimat for *H. subpilosus*-populasjonen på 10 m dyp (1976) etter Allen-kurvemetoden (Allen 1951).

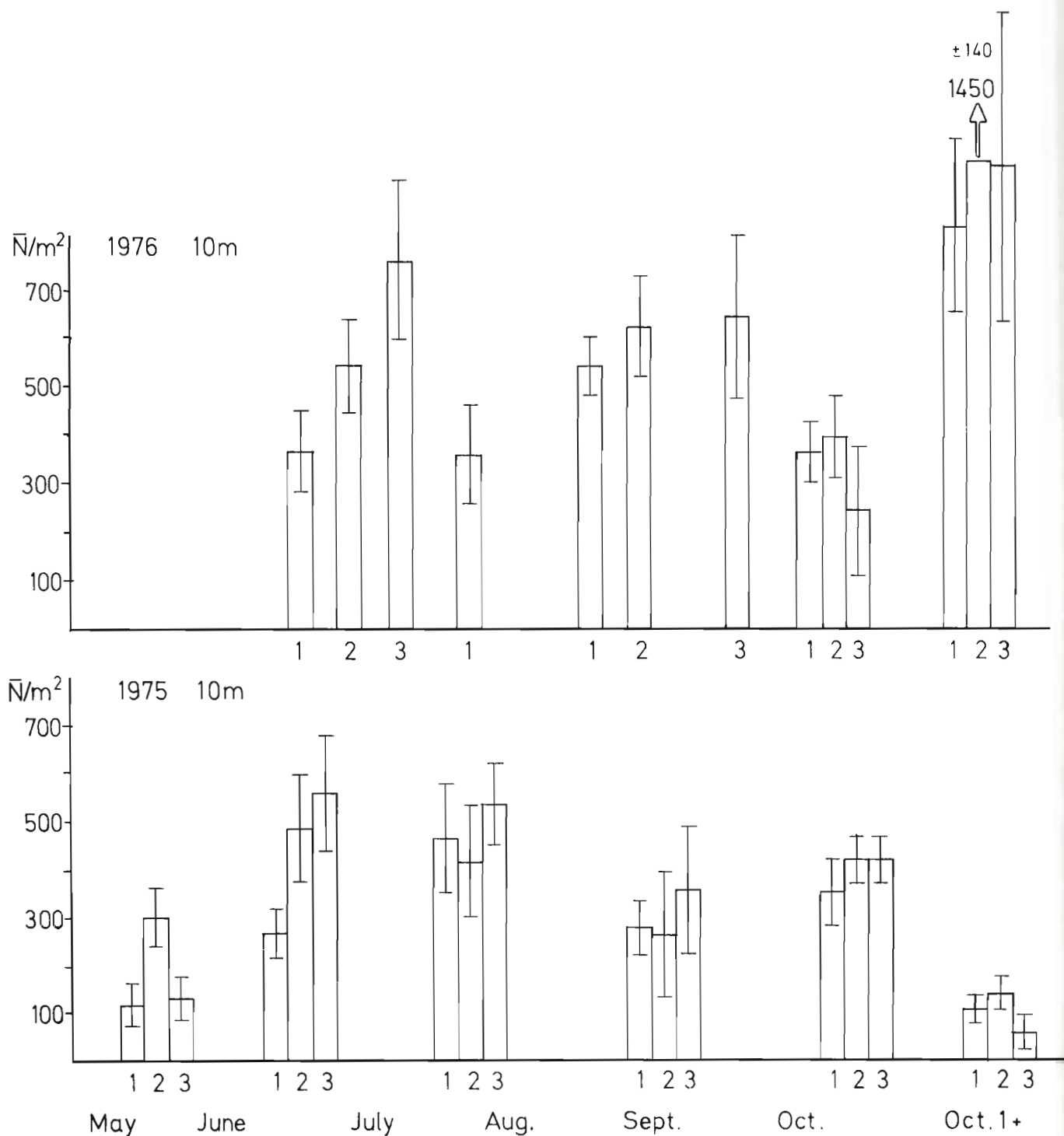
Figur 1. Kart over Langvatnet med transekt for bunnpøver og klekkefellenes plassering inntegnet.

*Bathymetric map of Lake Langvatn with sampling transects and positions of emergence-traps.*

▲ Klekkefeller

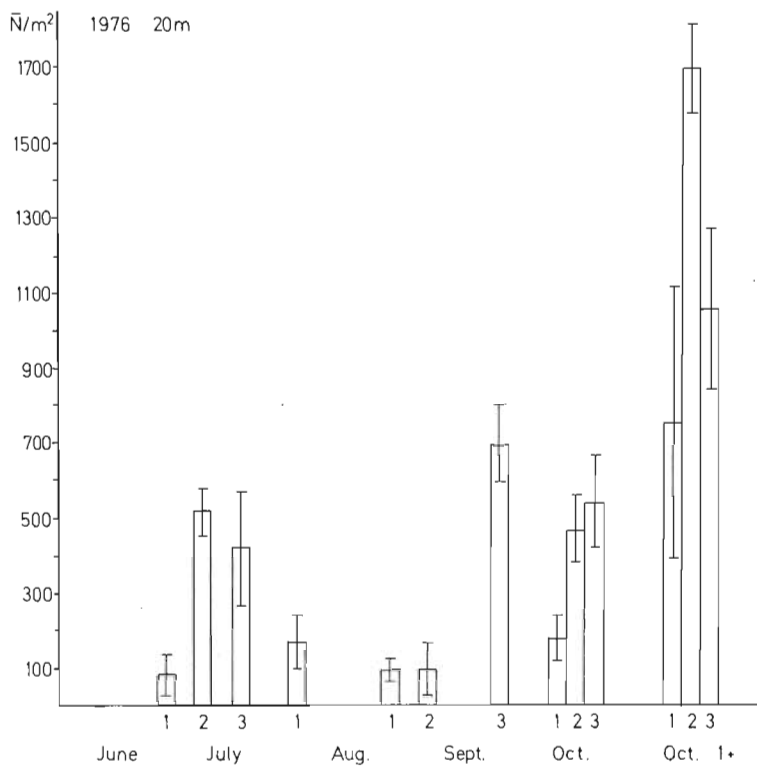
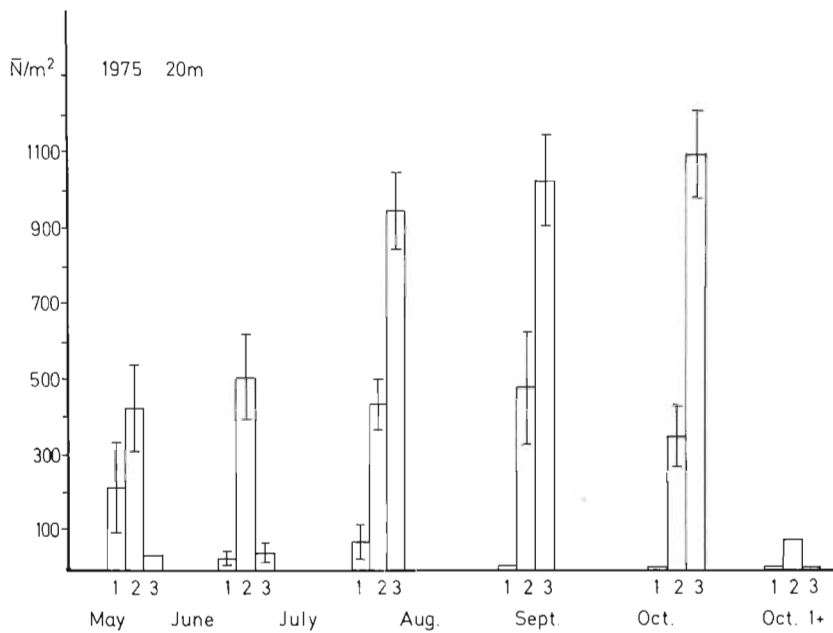
— Transekt for bunnpøver





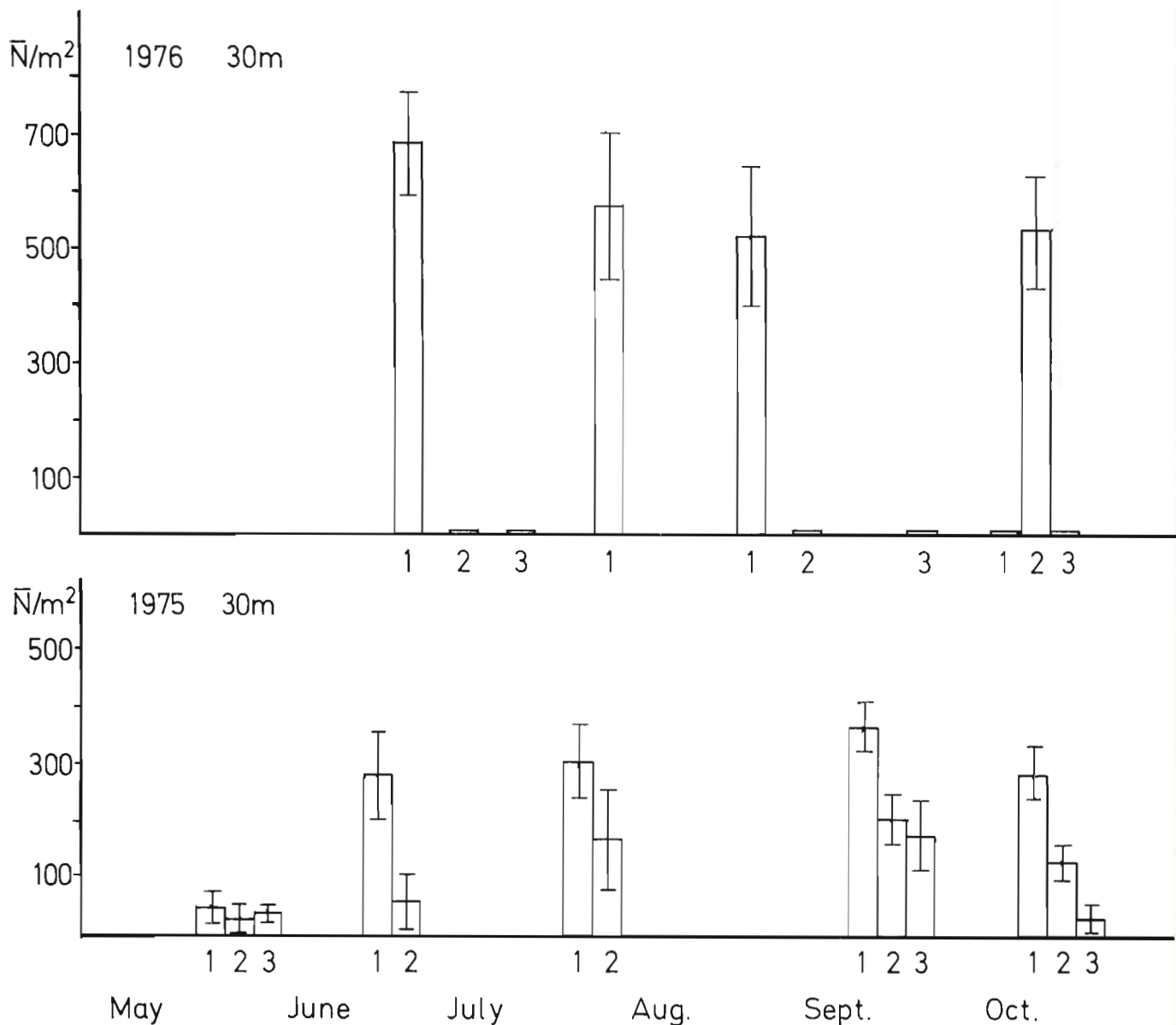
Figur 2. Middelerdier for antall individer ( $\bar{N}$ ) per  $m^2$  med standardfeil for *H. subpilosus* i Langvatnet på 10 m dyp i 1975 og 1976. (1, 2 og 3 angir hvilket transekt prøvene er tatt på.)

Mean number ( $\pm$  standard error) of *H. subpilosus* in Lake Langvatn at 10 m depth in 1975 and 1976. (1, 2 og 3 indicate sampling transect.)



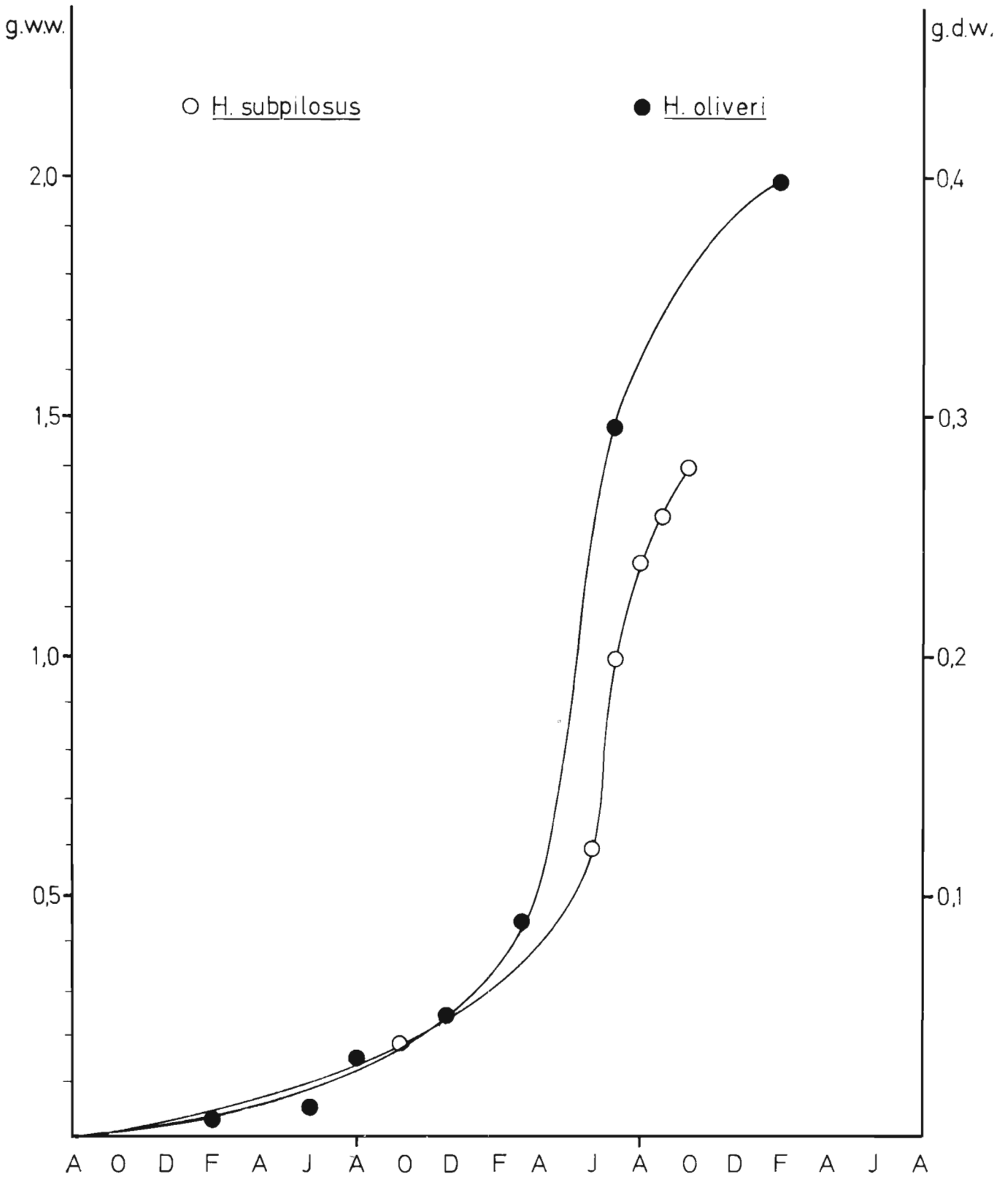
Figur 3. Middelerdier for antall individer ( $\bar{N}$ ) per  $m^2$  med standardfeil for *H. subpilosus* i Langvatnet på 20 m dyp i 1975 og 1976. (1, 2 og 3 angir hvilket transekt prøvene er tatt på.)

Mean number ( $\pm$  standard error) of *H. subpilosus* in Lake Langvatn at 20 m depth in 1975 and 1976. (1, 2 and 3 indicate sampling transect.)



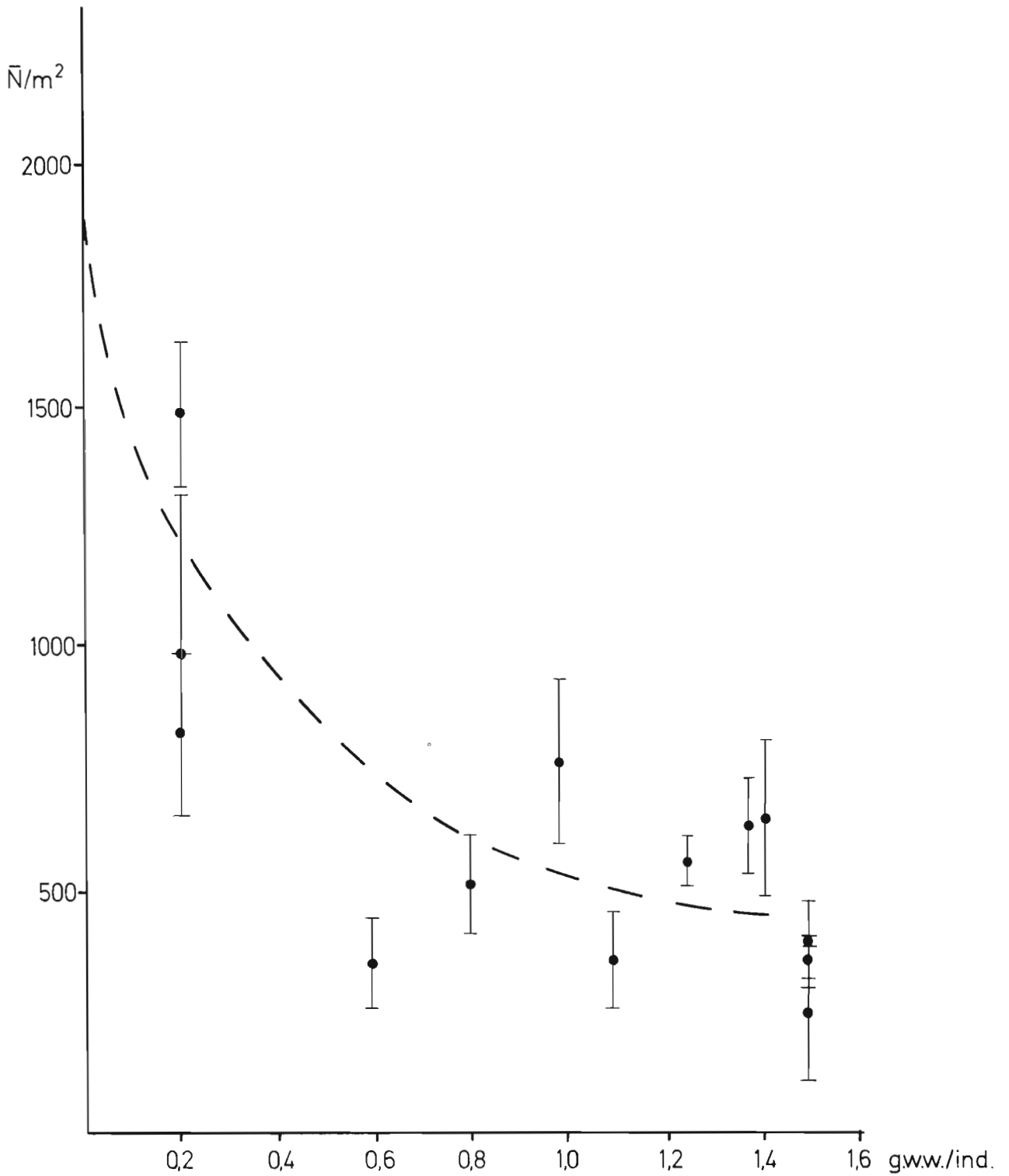
Figur 4. Middelerverdier for antall individer ( $\bar{N}$ ) per  $m^2$  med standardfeil for *S. coracina* i Langvatnet på 30 m dyp i 1975 og 1976. (1, 2 og 3 angir hvilket transekt prøvene er tatt på.)

Mean number ( $\pm$  standard error) of *S. coracina* in Lake Langvatn at 30 m depth in 1975 and 1976. (1, 2 and 3 indicate sampling transect.)



Figur 5. Vekstkurver for *H. subpilosus* og *H. oliveri*. Data for *H. oliveri* er omtegnet etter Welch 1976).

The growth of *H. subpilosus* (g wet weight) and *H. oliveri* (g dry weight). Data for *H. oliveri* redrawn after Welch (1976).



Figur 6. Produksjonsestimat for *H. subpilosus* på 10 m dyp i 1976. Data for alle tre transekt er tegnet inn som middelveidien med standardfeil (sammenlign fig. 2).

*Production estimate for H. subpilosus at 10 m depth in 1976. Based on data for all transects ( $\bar{N} \pm SE$ ).*

Tabell 1. Prøvetakingsprogram for Ekman grabb i 1975 og 1976 i Langvatnet. Fem grabber ble tatt på hvert dyp hver gang

*Sampling program for the Ekman grab in 1975 and 1976 in Langvatnet. Five grabs were taken at each depth each time*

1975		21.-30.5.			30.6.			1.-7.8.			23.9.			22.10.		
Transekt	Dyp m	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1976		30.6.		9.7.		21.7.		3.8.		31.8.		10.9.		27.9.		9.10.		9.10.	
Dyp (m)	Transekt	1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	2	3	1	2	2	3	3
10		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



Tabell 2. Fjærmyggarter (Chironomidae) fanget i klekkefellene i 1974 i Langvatnet.

*List of imagines captured in the emergence trap in 1974*

Art	♂	♀	Dato	Dyp m
Heterotrissocladius marcidus	9	17	27.-31.5.	1-10
Heterotrissocladius subpilosus	3	0	27.5.	30
Heterotrissocladius maeaeri	2	0	28.8.	10
Heterotanytarsus apicalis	4	5	31.5.	10
Procladius sp.	3	0	26.7.-15.8.	1
Arctopelopia barbitarsis	6	4	31.5.-17.6.	1
Ablabesmyia monilis	0	5	26.7.-15.8.	1
Paracladopelma obscura	5	0	7.6.-16.7.	1-30
Corynoneura sp.	2	0	27.5.-16.7.	1-10
Tanytarsus signatus	3	19	7.6.-17.6.	1-10
Constempellina brevicosta	3	0	7.6.	10
Mesocricotopus thienemanni	4	0	17.6.-3.7.	10
Stempellinella sp.	9	0	17.6.-15.8.	1-10
Tanytarsus brundini	2	0	3.7.-15.8.	10
Pagastiella orophila	1	0	16.7.	10
Indet	0	20	27.5.-28.8.	1-10

Tabell 3. Totalresultater av grabbprøvene i 1975 (225 grabber) og 1976 (150 grabber)

*Results of the grab samplings in 1975 (225 grabs) and 1976 (150 grabs)*

Dyp (m)	10		20		30	
	1975	1976	1975	1976	1975	1976
Ologochaeta	23	6	117	42	159	98
Pisidium sp.	22	3	8	2	5	0
Heterotrissocladius subpilosus	540	816	550	671	23	54
Protanypus sp.	19	12	5	5	5	1
Tanytarsini	35	14	54	38	141	10
Sergentia coracina	0	2	64	47	230	247
Procladius sp.	24	9	31	9	30	13
Paracladopelma sp.	61	8	15	11	6	2
Stictochironomus rosenschöldi			1	2	1	2

## Diskusjon

Gjødslingsprogrammet ble startet sommeren 1975. Men chironomidepopulasjonene registrert i prøvene fra 10, 20 og 30 meters dyp kan antas å være nokså lite påvirket de første månedene. Dette skyldes, ved siden av en "forsinkelsesfaktor" i planktonomsetningen, at de artene som dominerte på disse dypene, *H. subpilosus* og *S. coracina*, har utviklingssykluser på 3 og muligens 4 år, respektivt. En reaksjon i disse populasjonene kunne derfor ikke ventes før sommeren 1976 eller 1977.

*H. subpilosus* dominerer faunaen på 10 og 20 meters dyp. Stort sett blir bare den tredje årsklassen ( $2^+$ ) registrert i grabb-prøvene, de andre årsklassene er for små til å bli holdt tilbake av silen (0,5 mm maskevidde). Men i september-oktober-prøvene kommer også andre årsklasse ( $1^+$ ) inn i prøvene. De har da nådd en størrelse som gjør det mulig å registrere dem. Prøvene fra 10 m dyp viser en svært jevn fordeling mellom de tre transektene i tetthet (ind./m<sup>2</sup>) (fig. 2). Fordelingen av  $2^+$ -larvene var i enkelte prøveserier nærmest uniform (variasjon/middelverdi ned mot 0,3), en egenskap som en sjelden finner hos dyrepopulasjoner (Odum 1971).

I 1976 var middelverdiene for  $2^+$  i juli-september nesten det dobbelte av middelverdiene for 1975. Men resultatene fra oktober viser ingen slik forskjell. Dette kan skyldes klekking i løpet av høsten. *H. subpilosus* er kjent for å klekke både høst og vår (Brundin 1949).

Den andre årsklassen ( $1^+$ ) som begynte å dukke opp i prøvene i september, viser en kraftig økning i antall fra 1975 til 1976. Resultatene fra oktoberprøvene 1975 gir middelverdier på rundt 100 ind./m<sup>2</sup>, i 1976 er dette økt til 800-1500 ind./m<sup>2</sup>. Denne årsklassen var nyfødt og i sitt planktoniske første-stadium da gjødslingen begynte i 1975, og den markerte økningen i antall kan sees som et resultat av de bedre næringsforholdene etter gjødslingen.

På 20 m dyp er tettheten av *H. subpilosus* ( $2^+$ ) svært ulik på de tre transektene både i 1975 og 1976 (fig. 3), men økningen i antall  $1^+$ -larver i oktoberprøvene viser også her en betydelig økning fra mindre enn 100 ind./m<sup>2</sup> i 1975 til 1000-1500 ind./m<sup>2</sup> i 1976. Den naturlige årsvariasjonen i antall skal imidlertid ikke undervurderes. Welch (1976) påviste for søsterarten til *H. subpilosus*, *H. oliveri*, en variasjons-

faktor på 5 bygd opp gjennom en årrekke i en nord-kanadisk innsjø. Men resultatene fra 1<sup>+</sup>-klassen i Langvatn ligger foreløpig nokså markert over dette (faktor på 8-15 i løpet av ett år). Resultatene fra 1977 vil vise om denne årsklassen beholder sin størrelse også som 2<sup>+</sup>.

Et produksjonsestimat for *H. subpilosus* på 10 m dyp (1976) (fig. 6) etter Allen-kurve-metoden, gir verdier på 1,5 g våtvekt/m<sup>2</sup> som, hvis vi antar at 20% av dette er tørrvekt, gir 0,3 g tørrvekt/m<sup>2</sup>. Welch (1976) fant produksjonen av *H. oliveri* til å være 0,4-0,5 g tørrvekt i "Char lake".

*S. coracina*-populasjonen som dominerer prøvene fra 30 m dyp, gir for såvidt ingen klar økning i antallet fra 1975 til 1976. Dette gjelder da selvsagt de relativt store larvene som blir registrert i prøvene (2<sup>+</sup> eller muligens 2<sup>+</sup>-3<sup>+</sup>). Antallet på transekt I er riktignok fordoblet fra 1975 til 1976, men transekt 2 viser en tilbakegang for samme periode. Hvis *S. coracina* virkelig har en fireårig syklus i Langvatn (på 30 m dyp) betyr dette at effekten av gjødslingen ikke vil bli registrert som endring i antall før i 1977-1978.

#### Litteratur

- Allen, K. R. 1951. The Horokiwi Stream. *Bull. mar. Dep. N. Z. Fish* 10:1-231.
- Brundin, L. 1949. Chironomiden und andere Bodentiere der Südschwedischen Urgebirgsseen. *Rep. Freshwat. Res. Drottningholm* 30: 1-914.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Third edition. Saunders, Philadelphia. 574 pp.
- Welch, H. R. 1976. Ecology of Chironomidae (Diptera) in a Polar Lake. *J. Fish. Res. Board. Can.* 33: 227-247.
- Aagaard, K. 1977. The Chironomids of Lake Målsjøen, Sør-Trøndelag, Norway. (In manus.)
- Aagaard, K. & B. Sivertsen, 1975. Profundalbenthos i Langvatn 1974. I: Langeland, A. et al.: Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del I. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser.* 1975-10: 46-48.

FISKEPOPULASJONER I LANGVATN

Arnfinn Langeland

Undersøkelsene av røye (*Salvelinus alpinus*), ørret (*Salmo trutta*) og stingsild (*Gasterosteus aculeatus*) fortsatte i 1976 på samme måte som tidligere (Langeland m.fl. 1975, 1976). Undersøkelsene ble konsentrert om merke- og gjenfangstforsøk for å estimere røyebestandens størrelse, ernæringsstudier, vekst- og aldersanalyser av røye, ørret og stingsild. Prøvefisket i 1976 foregikk i følgende 6 perioder: 25.5-1.6., 14.-16.6., 12.-15.7., 26.-29.7., 10.-12.8. og 27.-29.9.

Populasjonstetthet hos røye

Resultatet av merke- og gjenfangstforsøket av røye i 1976 framgår av tabell 1.

Tabell 1. Gjenfangster av røye i Langvatn 1976.

*Recaptures of char in Lake Langvatn 1976. The marking was carried out in 1974, 1975, and 1976. c=total catch, r=recaptures*

Dato	Total fangst c	Merket 1974 r''	Merket 1975 r'	Merket 1976 r	Manglet naturlig fettfinne
14.-16.6.	297	4	0	22	5
12.-15.7.	144	4	3	10	4
10.-12.8.	162	2	2	20	4
27.-28.9.	95	1	2	10	1
∑	698	11	7	62	14

I perioden 25.5.-1.6., like etter isen gikk og enda mens det var kaldt i vatnet, ble det merket 502 røye over 16 cm ved klipping av fettfinne og høyre bukfinne. Beregningene ga et populasjonsestimat i 1976 på  $\hat{N}=5651$  røye og standardfeil S.E.=565 (Robson og Regier 1971). Dette antallet er i god overensstemmelse med estimatene for tidligere år på 3890 i 1974 og 6790 i 1975 (Langeland m.fl. 1975, 1976). Et utvalg otolitter (ørestein) på 111 i 1973, 123 i 1974, 158 i 1975 og 177 i 1976 ga en relativ alderssammensetning for 5 år og eldre fisk som vist i

figur 1. I tillegg er det avlest en rekke otolitter av 2, 3 og 4 år gammel røye fanget på finmaska garn i 1976. På grunnlag av populasjonsestimatene og alderssammensetningen er det beregnet følgende tettheter for 5 år og eldre røye i Langvatn (figur 2):

Alder i år	5	6	7	8	9	10	$\geq 11$	$\Sigma$
Årstall								
1974	1362	1556	777	195	20	0	0	3890
1975	2037	2377	1358	679	271	68	0	6790
1976	1130	928	1300	1356	565	282	90	5651
Årsklasser	1971	1970	1969	1968	1967	1966	$\leq 1965$	

Antallet fisk for de respektive årsklasser viser en nedgang fra år til år som forventet pga. dødelighet, eks. årsklassen 1967 var på henholdsvis 777, 679 og 565 røye i 1974, 1975 og 1976. Unntatt er årsklassen 1969 i 1974 på 1362 røye. Dette antas å skyldes at 5-åringene i 1974 er underestimert på grunn av selektiv fangst av små fisk eller at utvalget av otolitter ikke er representativt for årsklassen. Resultatene viser at det i 1976 var 7- og 8-åringene som dominerte i fangstene mot yngre fisk i 1974 og 1975 (5- og 6-åringer). Utbyttet på de forskjellige garnstørrelser bekrefter dette (figur 3). Antallet røye pr. garnnatt på 19 mm i 1976 var betydelig større enn tidligere år, mens det ble fanget betydelig færre fisk pr. garnnatt på 15 mm garn i 1976 sammenlignet med tidligere år.

I den tidligere rapport (Langeland m.fl. 1976) er det gjort rede for en endring i røyas biologi og vekst. Etter gjødslingen i 1975 gikk røya over til et mer pelagisk levesett og ble fanget i betydelige mengder på flytegarn (figur 3). I 1976 hadde røya gjenopptatt sitt gamle levesett med opphold nær bunnområdene. Bare enkelte røye av 4 år og eldre fisk ble fanget på flytegarn i 1976 (figur 3). Nedgangen i utbytte pr. garnnatt på 15 mm garn (40 omfar) som inntrådte etter gjødsling i 1975, fortsatte også i 1976.

I 1976 ble forsøkene på å fange de yngste aldersgrupper av røye intensivert ved bruk av store flytegarn 6 m dyp, 25 m lang og maskevidde 9 og 15 mm. Tidligere forsøk med yngelgarn brukt som bunn-garn i grunnområdene hadde vært negative. Resultatene fra 1976 viste klart at de yngste aldersgrupper, 2<sup>+</sup> og 3<sup>+</sup> lever et pelagisk liv hvor føden hovedsaklig er plankton.

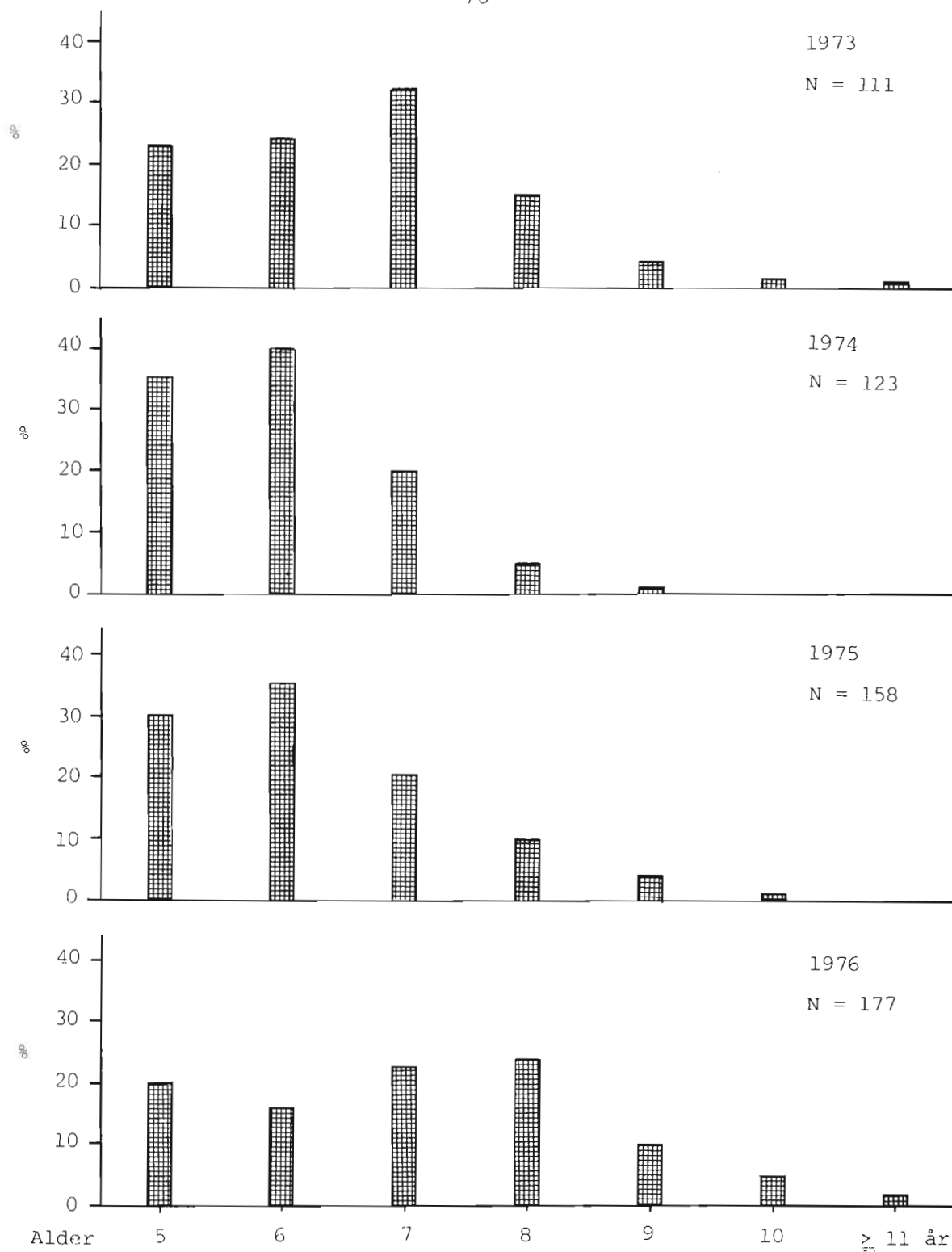


Fig. 1. Alderssammensetning i % av røye i Langvatn 1973, 1974, 1975 og 1976.

*Relative composition of year classes of the char population in Lake Langvatn in 1973, 1974, 1975, and 1976.*

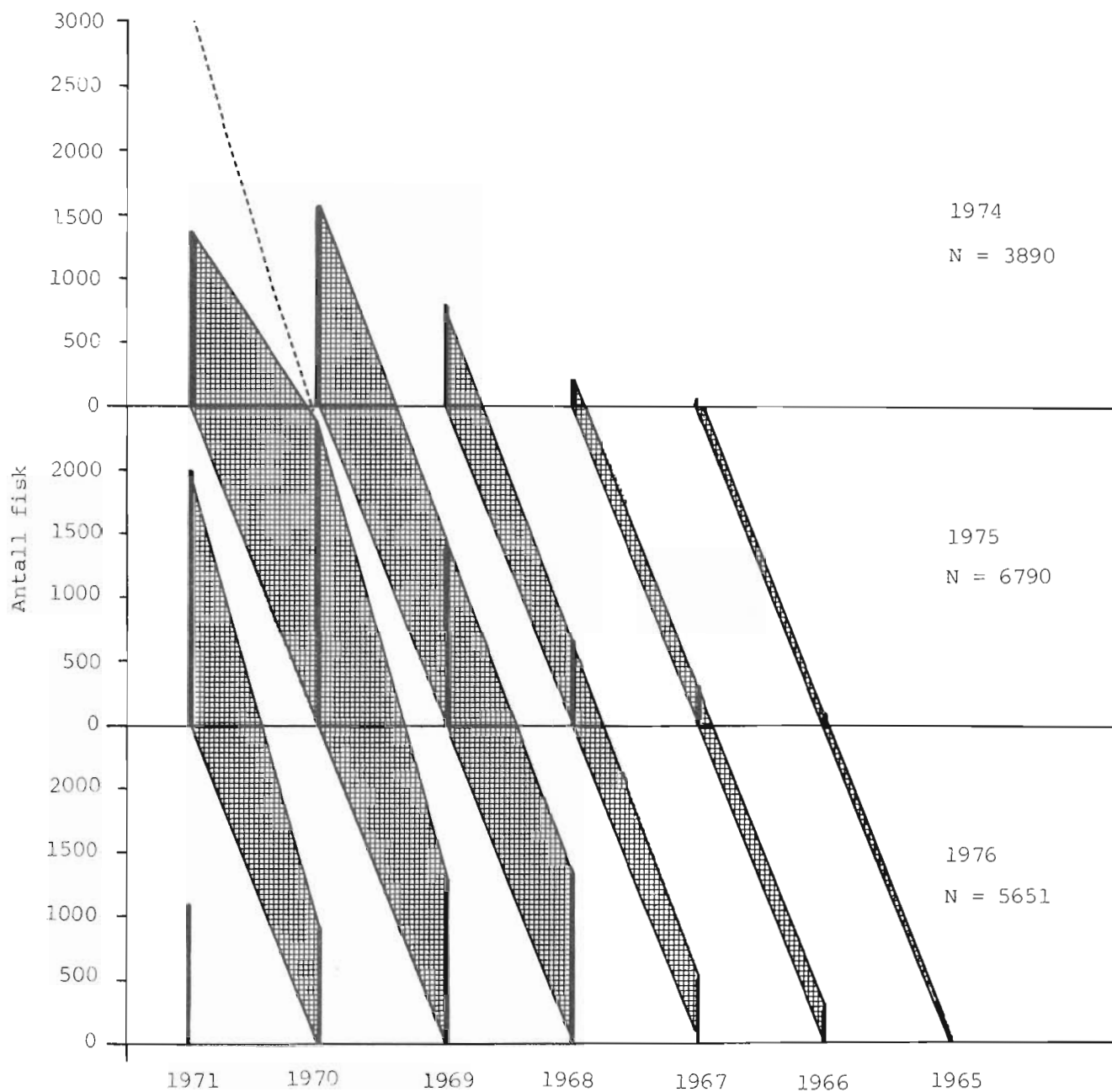


Fig. 2. Beregnet antall røye 5 år og eldre for årsklassene 1965-1971.

*Estimated number of char 5 year and older for the year classes 1965-1971.*



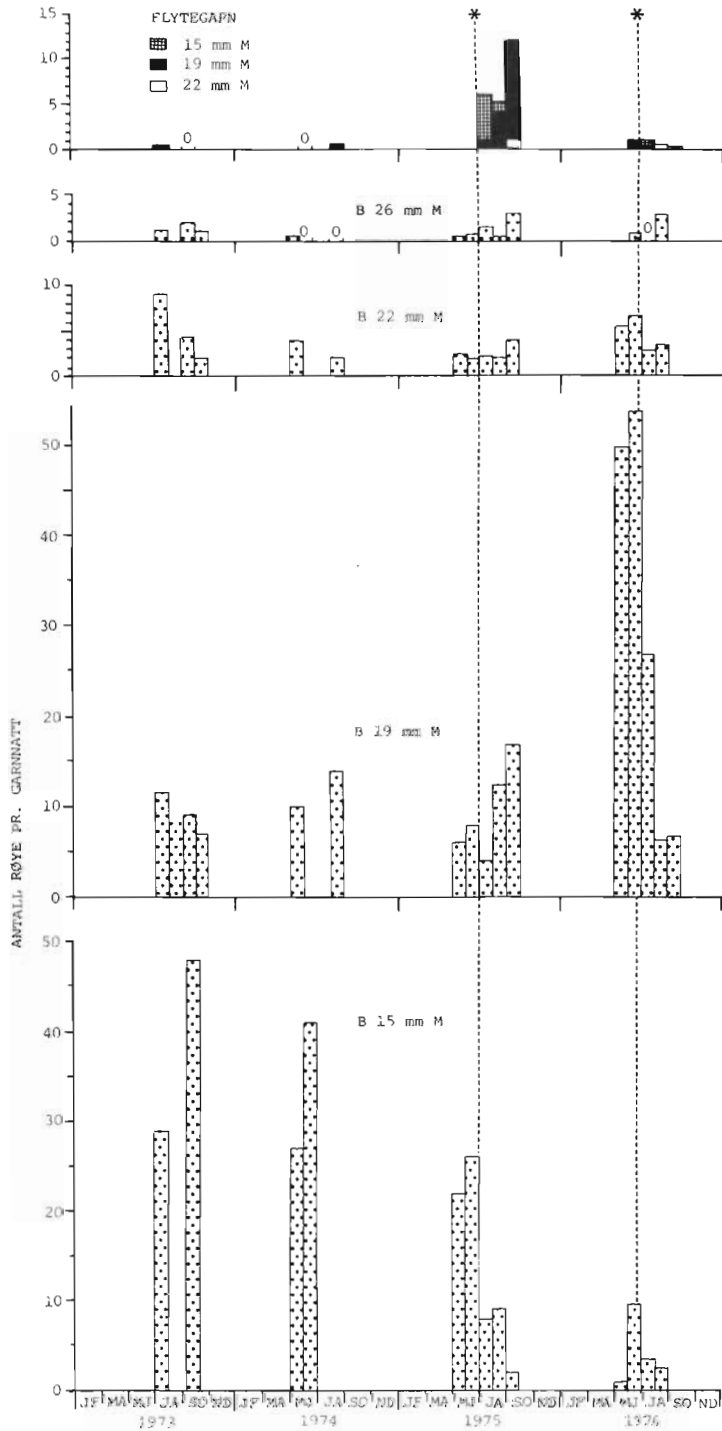


Fig. 3. Utbytte av røye på garn med forskjellige maskestørrelser (M) i Langvatn 1973-1976. B = bunngarn (4 nederste figurer) og flytegarn (øverst). \*: gjødsling startet.

*Yield of char (number of char per net night) on net with different mesh size (M) in Lake Langvatn 1973-1976.*

*B = bottom net, floating net at the top of the figure,*

*\*: indicate incipient fertilization.*

Men antallet 2- og 3-åringer fanget i 1976 henholdsvis 19 og 37, var mye dårligere enn ventet. Innsatsen var betydelig, hvor eksempelvis 4 store flytegarn sto ute sammenhengende i 4 døgn i slutten av juli. Dypene hvor garnene sto varierte også fra 0 m til 10 m. De ovennevnte 2-åringer ble tatt på 9 mm garn, hovedsaklig omkring 5 m dyp. Det er derfor grunn til å anta at årsklassene 1973 og 1974 er uvanlig svake og at dette sannsynligvis ikke skyldes dårlig gyting og klekking disse år. Styrken for de respektive årsklasser som kommentert ovenfor er sannsynligvis et resultat av konkurranse mellom først og fremst individer av samme art (røye), intraspesifikk konkurranse, på samme måte som tidligere antydnet for årsklassevariasjonene hos lagesild i Mjøsa (Aass 1972). Årsaken til de svake årsklassene 1973 og 1974 som var 1<sup>+</sup> og 2<sup>+</sup> år gamle i 1975, antas å være at da gytebestanden bestående av de eldste og sterkeste individer endret sitt levesett sommeren 1975 til mer pelagisk, så ble de yngste røye fortrenget pga. plass og føde, med økt dødelighet som resultat. Konkurransen fra stingsild og ørret (interspesifikk konkurranse) spiller også sannsynligvis en rolle da pelagisk levende stingsild er næringskonkurrent for røya.

#### Kondisjon og vekst hos røye

På grunnlag av det nye materialet i 1976 av yngre røye, 2-, 3- og 4-åringer var det mulig å få en sammenligning mellom aldersavlesningene fra otolitter og skjell. Resultatet viste god overensstemmelse, hvorav det kan antas at så lenge fisken vokser de 4 første år kan skjellavlesningene brukes uten stor feil for tilbakeberegning av vekst de 3-4 første år. Otolittavlesningene er brukt til å beregne fiskens alder. Den videre tilvekst etter vekststagnasjon er inntrådt, og til fangstlengde, er delt likt mellom differansen mellom avleste år på otolitt og identifiserbare soner på fiskens skjell.

Resultatene for røyas lengdetilvekst viser en meget stabil tilvekst de 4 første år (stiplet linje i fig. 4). Deretter stagnerer veksten og svært få røye når over 20 cm. Disse fisk er slike som har gått over på fiskediett (stingsild) og er ikke tatt med i fig. 4. Figuren viser også at veksten i 1975 var signifikant høyere enn i foregående år for 3-, 4-, 5- og 6-åringene. Den betydelig bedre

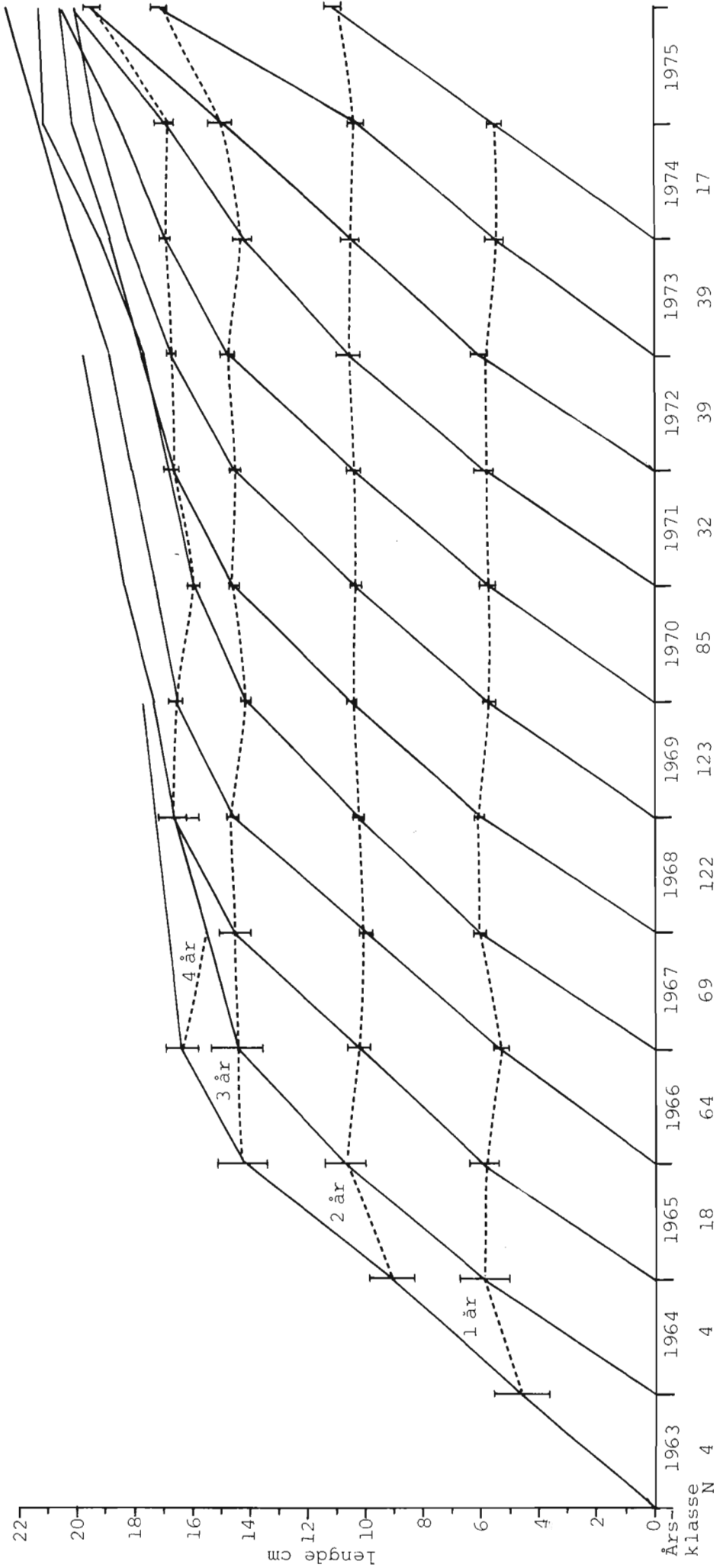


Fig. 4. Røyas lengdetilvekst i cm for de forskjellige årsklasser 1963-1974 i Langvatn. Standardfeilen ( $2 \cdot SE$ ) er anmerket for de 4 første aldersgrupper.

*The growth in cm per year of char for the different year classes 1963-1974 in Lake Langvatn. Standard error. ( $2 \cdot SE$ ) is indicated for the first four age groups.*

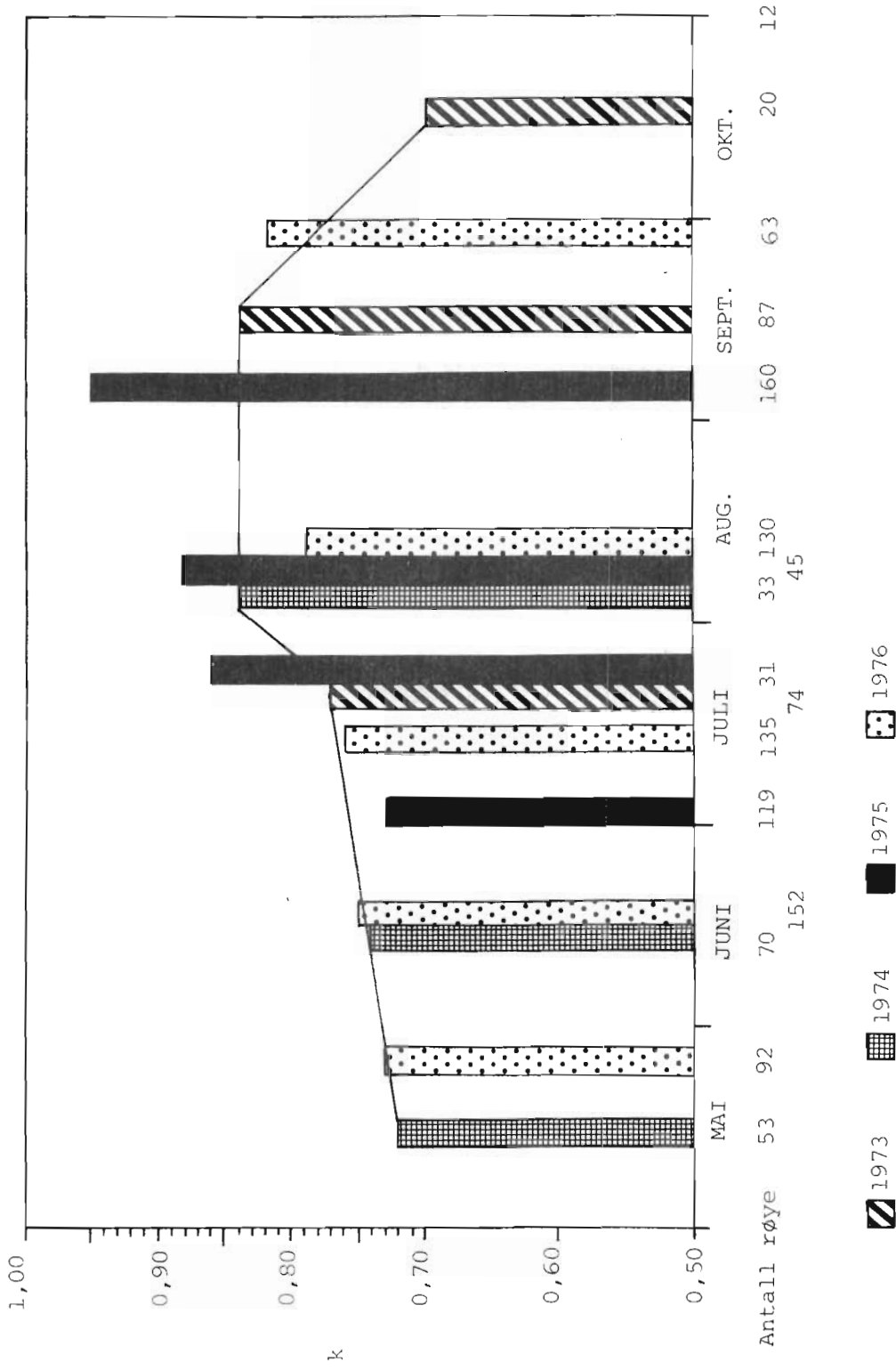


Fig. 5. Røyas kondisjon ( $k = \frac{W \cdot 100}{l^3}$ ) i Langvatn 1973, 1974, 1975 og 1976. W = vekt i gram, l = total lengde i cm.

The condition of char ( $k = \frac{W \cdot 100}{l^3}$ ) in Lake Langvatn in 1973, 1974, 1975, and 1976.

W = weight in gram, l = total length in cm.

kondisjon i 1975 enn tidligere år og tyngdepunktet for fangstutbytte som flyttet seg fra 15 mm garn til 19 mm garnmasker tidligere beskrevet (Langeland m.fl. 1976) bekrefter dette, figur 5. På grunnlag av lengdetilvekst og beregnede kondisjonsfaktorer er det foretatt en beregning av vekttilvekst pr. år i prosent av vekt ved foregående år (Frost & Brown 1972) for 2-7-åringene i 1975 sammenlignet med 1973 og 1974. Dette ga følgende resultat:

	1973	1974	1975	Økning i 1975 i forhold til 1973/74
	%	%	%	%
2-åring	426	542	828	71
3-åring	100	180	433	209
4-åring	48	67	146	154
5-åring	28	33	93	205
6-åring	19	20	53	169
7-åring	28	21	25	0

Dette antyder at økningen i vekt i forhold til 1973 og 1974 for 3-, 4-, 5- og 6-åringene gjennomgående har ligget i området 150-200%. Figur 5 viser at denne økning ikke har fortsatt i 1976. Røyas kondisjon i 1976 var som i 1973 og 1974 (figur 5).

#### Røyas føde

Undersøkelser av røyas mageinnhold i middel for alle 6 prøveserier i 1976, bunngarnfangst, ga følgende resultat uttrykt som volumprosent:

Næringsdyr	1973/74	1975	1976
Plankton	11	30	1
Bunndyr: Døgnfluelarver	5	2	32
Vårfluelarver	21	15	22
Steinfluelarver	<1	<1	<1
Fjærmygglarver og -pupper	7	7	9
Snegl	7	8	1
Ertemuslinger	<1	<1	<1
Marflo (Gammarus)	4	7	5
Overflateinsekter	13	12	15
Trepigget stingsild	20	15	15

Plankton hadde i 1976 liten betydning som føde. Dette stemmer med de ubetydelige fangster på flytegarner. Forøvrig er fødens sammensetning svært lik den i 1973/74. Døgnfluelarver var den dominerende gruppe i 1976.

De 19 2-åringer og 37 3-åringer fanget på flytegarner i periodene 13.-14.7. og 26.-29.7. hadde overveiende spist zooplankton hvor *Heterocope appendiculata* utgjorde 82%, *Holopedium gibberum* 5%, fjærmygglarver 10%, marflo 1%, luftinsekter 1% og vårfluelarver 1%. Bare et fåtall individer av *Bosmina longispina* ble funnet, samt 1 individ av *Bosmina longirostris*. Dette viser at sistnevnte art som forekom i store mengder i planktonet i 1976, i ubetydelig grad er tilgjengelig som føde for 2 år gammel og eldre røye.

#### Trepigget stingsild

Etter hvert som undersøkelsene er ført videre synes det klart at også stingsildpopulasjonen har stor betydning ved sin beiteeffekt på zooplanktonet. Det har derfor vært av stor interesse å ha hatt kjennskap til bestandens størrelse. Av praktiske grunner og prioritering av undersøkelsene på røye er det ikke satt igang merke- og gjenfangstforsøk av stingsild. På grunnlag av de observasjoner som er gjort er det grunn til å anta at antallet i populasjonen har variert sterkt i årene 1973-1976. I årene 1973 og 1974 ble betydelige mengder stingsild av alle aldersgrupper observert og fanget (Langeland m. fl. 1975).

Etter de undersøkelser som er foretatt over ørretens ernæring og vekst, må en anta at ørret utsatt i 1972 har hatt merkbar desimerende virkning på stingsildbestanden. Dette synes å ha vært tilfelle da det i 1975 ble observert færre stingsild enn tidligere år. I 1976 synes det som tettheten av stingsild igjen har økt, spesielt er det observert mye av de yngste årsklasser ( $0^+$  og  $1^+$ ), men lite av større fisk.

Lengdefordeling av stingsild samlet inn i 1976 (figur 6) sammenlignet med tidligere resultater (Langeland m. fl. 1975) bekrefter ovennevnte. Fangsten i 1976 på 38 fisk over 7 cm ( $\geq 2$  år) var 6% av hele materialet på 634 fisk sammenlignet med 127 fisk eller 34% av 377 fisk i 1974. Fisk over 8 cm utgjorde i 1976 2% mot 20% i 1974. Det synes som om årsklassen 1974 relativt sett er svakere enn normalt og at dette sannsynligvis skyldes predasjon fra ørret og delvis røye. Ingen ting tyder på dårlig gytebestand våren 1974 (Langeland m.fl. 1975). Den heller lave infeksjonsgrad av parasitter tyder heller ikke på at dette kan være årsaken alene.

I 1976 ble fellene brukt til stingsildfangst i littoralsonen, men også hengt ut i bøyer ute i pelagisk sone midt ute på innsjøen på dypene 0-4 m. Dette ga godt resultat og bekreftet at pelagisk stingsild observert i stimer ute på vannet, i overveiende grad lever av zooplankton (tabell 2). Mageinnholdet, hos pelagisk stingsild, som vesentlig besto av planktonkreps, var vesensforskjellig fra stingsild fanget i littoralsonen. Fødens sammensetning hos stingsild fra littoralsonen var i overensstemmelse med tidligere resultater (Langeland m.fl. 1975).

Verdt å merke seg er at det i de største stingsild ble funnet en del små stingsild av årets yngel ( $0^+$ ). Dette viser at kannibalisme råder innen stingsildpopulasjonen. Det dominerende byttedyr for stingsild fra pelagisk sone var *Bosmina longirostris*. Forøvrig var *Heterocope appendiculata* viktig næringsemne i juli og første halvdel av august da denne art døde ut i planktonet. Det relative forhold mellom byttedyrene for pelagisk stingsild var i god overensstemmelse med de relative mengder av krepsdyr i planktonet, se dette avsnitt. En viss seleksjon i valg av byttedyr ble observert mellom små og stor stingsild 12.8. (tabell 1). De små stingsild ( $0^+$ ) hadde dominerende innslag av det lille krepsdyret *B. longirostris*, men i føden hos de større stingsild dominerte den mye større art *H. appendiculata*. Ernæringsundersøkelsene hittil viser at den lille

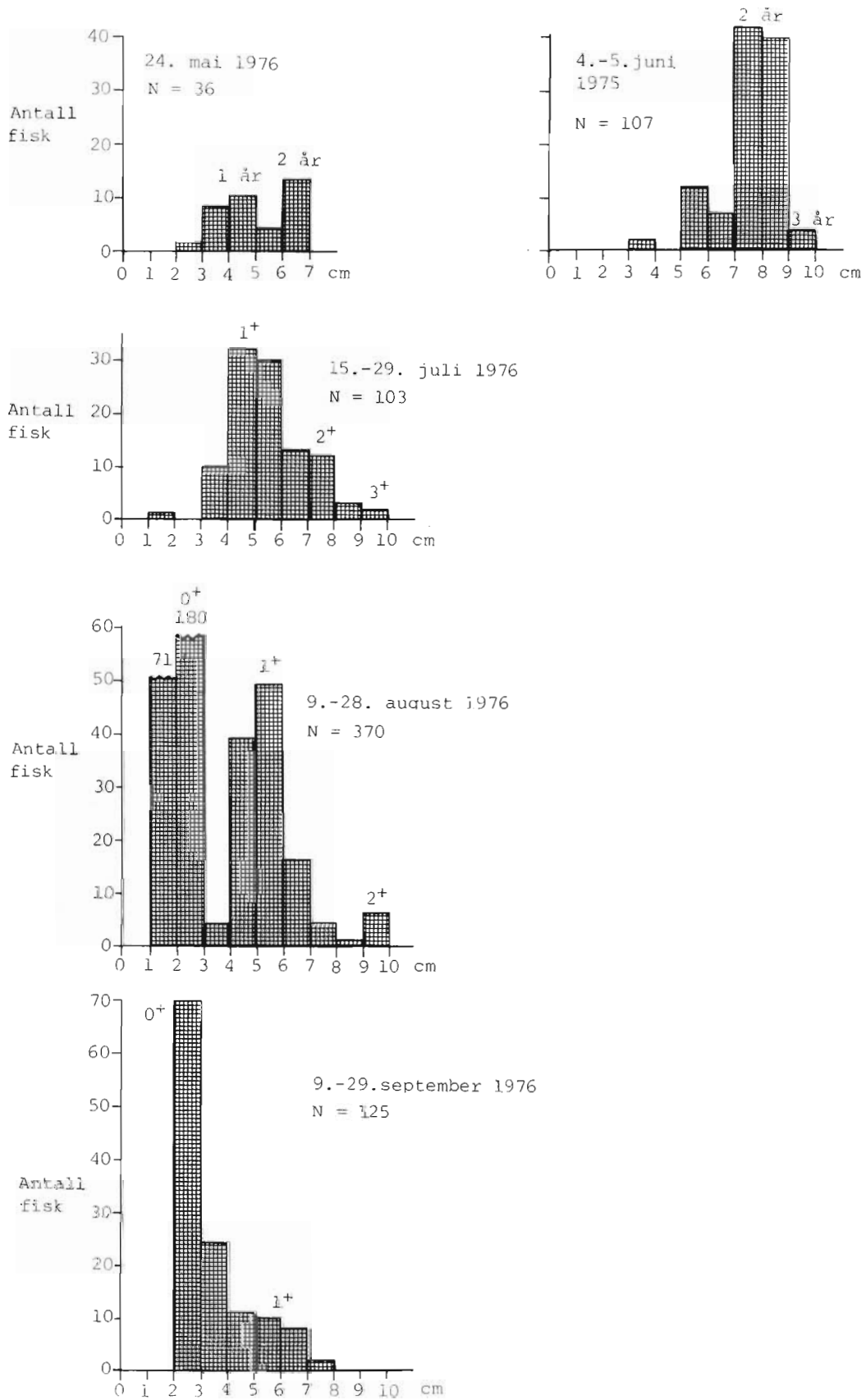


Fig. 6. Lengdefordeling av trepigget stingsild i Langvatn 1975 og 1976.

*The length distribution of stickleback (Gasterosteus aculeatus) in Lake Langvatn 1975.*



Tabell 2. Føde hos trepigget stingsild fanget i littoralzone og pelagisk sone i Langvatn 1976. *Små* og *store* betyr henholdsvis små stingsild ( $0^+$ ) og større stingsild (1 år og eldre).  $\bar{P}$  er volumprosent i middel for alle prøveserier, til sammenligning er det også tatt med middelerdier  $\bar{P}$  for 1974.

*The stomach content of sticleback caught in littoralzone and pelagic zone in Lake Langvatn 1976.*

$\bar{P}$  = mean volum percent for all samples

<u>LITTORALZONE</u>									
Dato	24.5.	22.7.	28.7.	9.8.	9.8.	28.9.	28.9.	1976	1974
Antall fisk	36	40	39	9 små	11 store	36 små	15 store	$\bar{P}$	$\bar{P}$
Bunnedyr:									
Døgnfluelarver	5	0	5	0	0	0	0	1	3
Vårfluelarver	25	20	10	10	10	10	0	12	9
Fjærmygglarver og -pupper	20	18	0	0	5	8	0	7	35
Ertemusling	0	5	0	0	32	0	5	6	6
Skivesnegl	0	0	0	0	1	0	0	<1	-
Fåbørstemark	19	15	0	0	0	0	0	5	-
Overflateinsekter	15	35	5	40	27	10	5	20	5
Stingsildyngel $0^+$	0	5	38	0	0	0	0	6	-
Planterester	0	1	0	0	0	0	0	<1	0
Vannmidd	1	0	0	0	0	0	0	<1	-
Bunnlevende krepsdyr:									
Marflo	15	0	40	0	0	0	10	9	5
Chydoridae	0	1	2	50	20	5	0	11	} 23
Cyclops cop.	0	0	0	0	5	5	2	2	
Ostacoda	0	0	0	0	0	2	0	<1	
Bosmina longirostris	0	0	0	0	<1	70	78	21	
Bosmina longispina	0	0	<1	0	<1	0	0	<1	

<u>PELAGISK SONE</u>										
Dato	15.7.	29.7.	12.8.	12.8.	28.8.	9.9.	21.9.	28.9.	28.9.	$\bar{P}$
Antall fisk	12	12	58 små	46 store	24 små	10	3	56 små	4 store	
Planktonkreps:										
Heterocope appendiculata	60	40	15	66	0	10	0	0	0	21
Bosmina longirostris	23	20	67	27	98	74	99	100	68	64
Bosmina longispina	12	7	5	3	1	10	0	0	2	4
Holopedium gibberum	5	3	10	1	1	5	0	0	0	3
Cyclopoidae cop.	0	0	1	0	0	0	1	0	0	<1
Overflateinsekter	0	30	1	3	0	1	0	0	30	7
Fjærmygg	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<1
Vannmidd	0	0	0	0	0	0	0	0	<1	<1

art *B. longirostris* ikke er tilgjengelig som føde for røye, men blir spist av stingsild i mangel av andre større fødepartikler. En må derfor også regne med et betydelig predasjonstrykk på denne art når denne finnes i betydelige mengder som i 1976.

Ørret

Tilsammen ble det i 1976 fanget 59 ørret av årsklassen 1974 som ble satt ut dette år i et antall av ca. 2000. Herav ble 26 merket ved klipping av fettfinne i mai. Ingen ørret ble fanget i 1976 av de tidligere utsatte ørret av årsklasse 1972. Bare 2 gjenfangster ble gjort av merkede fisk årsklasse 1974. Dette gir et estimat på  $\hat{N}=572$  hvor total fangst  $c=44$ , merkede fisk var  $m=26$  og gjenfangster  $r=2$ . Selv om det er store usikkerheter ved dette estimat er det i bra overenskomst med tidligere resultater fra 1974 for årsklassen 1972 (Langeland m. fl. 1975). Ørretens tilvekst og kondisjon for de første 2 og 3 år framgår av følgende oppstilling:

	1 år	2 år	3 år	Vekttilvekst	
				2 leveår	3 leveår
-----					
<u>Årsklasse 1972</u>	..				
Lengde (cm)	4,8	17,3	29,8		
Kondisjon (antatt 1,0)	1,0	1,09	1,10		
Vekt (g)	1,1	56,0	291,0	50x	5x
<u>Årsklasse 1974</u>					
Lengde (cm)	5,2	20,4			
Kondisjon (antatt 1,0)	1,0	1,01			
Vekt (g)	1,4	86,0		61x	
-----					

Merke og gjenfangstforsøkene av ørret har bekreftet denne uvanlig gode vekst (tabell 3). De største tilvekster er registrert for følgende 3 ørret:

Merket 16.5.1974 - 22,4 cm - gjenfanget 25.7.1976 - 52 cm - vekt ca. 2 kg  
 Merket 13.6.1974 - 21,5 cm - gjenfanget 4.9.1975 - 47,4 cm - vekt 1,2 kg  
 Merket 15.5.1974 - 14,9 cm - gjenfanget 8.10.1976 - 49 cm - vekt 1,3 kg

Tabell 3. Gjenfangst av ørret merket i 1974 av årsklasse 1972

*Recaptures of trout year class 1972 in Lake Langvatn. The marking was carried out in 1974*

Utsatt 1974		Gjenfangst				Tid fra utsatt til gjenfangst i dager
Dato	Lengde (cm)	Dato	År	Lengde (cm)	Vekt (g)	
14.5.	23,0	14.6.	1974	24,5	147	30
14.5.	18,2	13.6.	1974	18,8	66	29
15.5.	18,4	12.6.	1974	19,5	74	28
15.5.	19,4	14.6.	1974	20,7	88	29
15.5.	19,1	16.5.	1974	19,1	70	1
15.5.	17,8	4.8.	1974	23,3	145	80
15.5.	20,9	6.7.	1974	22,5	114	51
15.5.	17,4	12.6.	1974	17,4	62	28
15.5.	14,9	8.10.	1976	49,0	1300	873 (2 år + 143 dgr.)
15.5.	17,9	16.5.	1974	17,9	57	1
16.5.	22,4	25.7.	1976	52,0 ca	2000	800 (2 år + 70 dgr.)
16.5.	18,1	6.8.	1975	39,5	750	440 (1 år + 80 dgr.)
16.5.	18,0	14.6.	1974	18,8	66	29
16.5.	17,0	12.6.	1974	17,5	54	27
16.5.	19,2	14.6.	1974	19,2	71	28
16.5.	19,2	13.6.	1974	19,8	78	27
16.5.	18,1	6.8.	1975	39,5	750	440
12.6.	25,9	14.6.	1974	25,2	160	2
12.6.	21,0	14.6.	1974	20,9	91	2
12.6.	23,2	29.5.	1975	41,6	792	347
13.6.	21,5	4.9.	1975	47,4	1200	441
22.10.	24,6	5.6.	1975	26,5	188	223 vinter
25.10.	25,7	5.6.	1975	27,9	239	220 vinter
22.10.	22,6	29.5.	1975	24,7	166	218 vinter
22.10.	25,5	22.5.	1975	26,6	207	210 vinter
22.10.	25,5	22.5.	1975	27,2	221	210 vinter
25.10.	25,7	5.8.	1975	32,2	374	280 vinter

Dette er tilvekst som kan sammenlignes med ørret i oppdrettsanlegg. Den viktigste årsak ligger i stingsild som føde. Det synes også som veksten i 1975 for årsklassen 1972 i dens andre leveår i 1975, har vært markert bedre enn tilsvarende i 1973 for årsklassen 1972, se oppstilling foran. Kun i mageinnholdet hos ovennevnte ørret på 1,2 kg ble det funnet rester av én fisk som muligens var røye.

#### Litteratur

- Frost, W. E. & M. E. Brown. 1972. *The trout*. 286 pp. Collins, London.
- Langeland, A., K. Kvittingen, A. Jensen, H. Reinertsen, B. Sivertsen & K. Aagaard. 1975. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del I. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1975-10*.
- Langeland, A, A. Jensen & H. Reinertsen. 1976. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del II. *Ibid. 1976-2*.
- Robson, D. S. & H. A. Regier. 1971. Estimation of population number and mortality rates, pp. 131-165. I *IBP Handbook No 3. Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ed. W. E. Richer. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Aass, P. 1972. Age determination and year-class fluctuations of cisco, *Coregonus albula* L., in the Mjøsa hydroelectric reservoir, Norway. *Inform. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 52:5-22.







