

DET KGL. NORSKE VIDENSKABERS SELSKAB, MUSEET

rapport

ZOOLOGISK SERIE 1976-2

Eksperiment med gjødsling
av en naturlig innsjø

Del II

Arnfinn Langeland

Arne Jensen

Helge Reinertsen



Universitetet i Trondheim

EKSPERIMENT MED
GJØDSLING AV EN NATURLIG INNSJØ

Del II
Undersøkelser sommeren 1975

av

Arnfinn Langeland, Arne Jensen, Helge Reinertsen

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 ferskvannsökologi og innlandsfiske (rapport nr. 32)
Trondheim, mars 1976

ABSTRACT

of results of the first fertilization in 1975

Langeland, Arnfinn, Arne Jensen & Helge Reinertsen. 1976. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del II. Undersøkelser sommeren 1975. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1976-2.*

The project continued in 1975 with investigations of physiochemical conditions, primary production, phytoplankton, zooplankton, profundal benthos, and fish.

In 1975 the first fertilization took place in Lake Langvatn where the nutrients were added into the lake in four doses on the dates June 30, July 4, July 9 and August 4. Each dose consisted of 400 kgs fertilizers, total loading of the lake was 1600 kgs. The fertilizers consisted of 20% N as nitrates (41-46%) and ammonium (54-59%), 4,8% P and small amounts of K, Mg, S, Ca, and B. The nutrients were dissolved in great amounts of water before they were distributed over the surface of the whole lake. The nutrients were mainly supposed to be distributed in the epilimnion 0-4,5 depth.

The chemical analyses after the fertilization showed a significant increase only for the phosphorous, see table 1 and figure 7. The concentrations of total nitrogen both in the epilimnion and hypolimnion were about the same before and after the fertilization, while the concentrations of nitrates dropped below 10 $\mu\text{g N/l}$. This shows that the nitrates added into the lake immediately were used by the phytoplankton while the phosphorus at once became excessive.

The inflow of water in Lake Langvatn was calculated to $2,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ in 1974 and $1,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ in 1975. Analyses of the content of particulate organic substances (POS) in the inflowing water in 1975 gave a mean value of 0,32 mg dry weight/l. This gave a supply of allochthonous matter (POS) of about 1,3 g dry weight/ m^2 in 1975 and 1,5 g dry weight/ m^2 in 1974. The content of POS into the lake was much higher in 1975 compared with that in 1974 (figure 6). This was mainly caused by the higher biomass of phytoplankton and zooplankton in 1975. The content of POS at 10 m depth showed little variation indicating the energy- and material turnover occurred mainly in the epilimnion.

Chrysophyceae-species and *Rhodomonas minuta* SKUJA dominated the phytoplankton in Langvatn after the break up of ice, and was also in greatest numbers at the first peak of biomass in June. The fertilization caused an increase of *Rhodomonas minuta* and *R. minuta* var. *nannoplanctica* SKUJA, and in late July-early August a bloom of *Coelosphaerium Kuetzingianum* NAEG. Also *Ceratium hirundinella* (O.F. MÜLLER) SCHRANK and *Oscillatoria* sp. appeared in small numbers.

In the middle of August the mentioned *Rhodomonas*-species and green algae dominated the phytoplankton.

The primary production in the limnetic zone was in both lakes investigated with the ^{14}C -method. The spring bloom did not give so high production values as in 1974 and the first production maximum in Lake Målsjøen came this year 14 days later compared to 1974. The highest production values in Lake Langvatn was measured 3-6 weeks after the first fertilization, with a maximum of 496 mg C/m^2 August 12. The utilization of the radiation energy between 400-700 nm was in this lake 1,18 and 2,19 o/oo in July and August, with a mean of 0,95 o/oo (0,34 in 1974) for the period May 1 - November 1.

The production in this period was estimated to 24 g C/m^2 , compared to 11 g C/m^2 in 1974. In Lake Målsjøen the highest production values were measured in July and August, with a maximum at 121 mg C/m^2 July 12. The utilization of the radiation energy for the period May 1 - November 1 was 0,45 o/oo (0,22 in 1974), and the primary production for the period 11 g C/m^2 , compared to 8 g C/m^2 in 1974.

In the experiment Lake Langvatn the mean biomass of the prey zooplankton species and food items for the char, *Holopedium gibberum*, *Eubosmina longispina*, *Daphnia galeata* and *Heteroscope appendiculata*, increased twofold in 1975 compared to 1974. The production of the same species showed an increase by a factor of 5 compared with the production the previous year. The mean biomass of small herbivores was 55% higher in 1975 compared to 1974. The greatest increase in biomass in 1975 compared to 1974 was recorded for the species *Daphnia galeata*, *Conochilus unicornis* and *Holopedium gibberum*, by a factor of 12, 4 and 3 respectively. Daily turnover $P/\bar{B}$ for the period June 1 to September 31 for herbivores was calculated to 0,11 in 1974 and 0,19 in 1975.

The population attributes responsible for the referred increase in biomass and production of zooplankton in Lake Langvatn, were decreased mortality, increased individual growth and increased natality. The changes were assumed mainly to be a result of the improved nutrient

conditions, while the higher temperatures in 1975 could be responsible for a minor part of the higher production.

In the reference Lake Målsjøen the biomass as dry weight was in 1974 calculated to 153 mg/m^3 in the litoral zone and 87 mg/m^3 (870 mg/m^2) in the pelagic zone. The biomass of herbivores in the pelagic zone was 7% higher in 1975 compared to 1974 while the biomass of carnivores was 134% higher, mainly caused by the higher density of *Cyclops scutifer*. The biomass in the litoral zone was more different in 1975 and 1974.

The lower temperatures in the lake in May 1975 compared to 1974 caused a decreased development rate for most of the species. In June 1975 this seems to have caused delayed development of 10-14 days with regard to the same development stage. But the higher temperatures in July and early August 1975 increased the development speed so in August 1975 the development stage nearly coincided with that of the previous year.

In 1975 very profound changes were recorded in the behaviour and population dynamics of the char. After fertilization in July, August and September 1975 great numbers of char could be caught on floating nets, this had not been the case in earlier years. In July 1975 the char was mainly caught on nets of mesh widths 15 mm while in September this had changed to 19 mm. The yield on bottom nets of meshes 15 mm decreased gradually after fertilization from about 20-40 char per net-night to 2 char in September 1975. These observations indicated a change in behaviour of the char to a more pelagic life and increased individual growth rate. The increased growth rate was verified by a gradually improved condition factor (relation between length and weight) after fertilization. The change in behaviour of the char was also verified by a change in diet. In September 1975 the zooplankton constituted 80% of the stomach content against about 10% in earlier years. The most important prey species were *Daphnia galeata*, *Holopedium gibberum* and *Eubosmina longispina*. No change in behaviour was recorded in the trout population.

Mark- and remark investigations in 1975 indicated the number of char to be about 6700 against 3800 in 1974 and the number of trout to be about 300 against 500 in 1974. A preliminary calculation of the yearly production of fish gave 570 kgs of char in 1975 and 250 kgs in 1974. The production of trout, which mainly feed on stickleback, was estimated to 160 kgs in 1975 and 60 kgs in 1974.

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

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

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

INNHold

ABSTRACT

HYDROGRAFI OG FYSISK-KJEMISKE FORHOLD	7
Hydrologi	7
Temperatur	9
Siktedyp	13
Tilsats av næringsstoffer	13
Partikulært organisk stoff	15
Nitrogen og fosfor	17
PHYTOPLANKTON I LANGVATN	21
Innsamling og metode	21
Resultater	21
PRIMERPRODUKSJON I LANGVATN OG MÅLSJØEN	23
Stasjoner og metode	23
Resultater og vurdering	23
Litteratur	28
ZOOPLANKTON I LANGVATN 1975	29
Biomasse	29
Produksjon	33
Populasjonsdynamikk	33
Diskusjon	35
Litteratur	38
ZOOPLANKTON I MÅLSJØEN	39
Innledning	39
Biomasse i 1974	39
Biomasse i 1975	41
Utvikling i tid	42
Sammendrag	42
Litteratur	43
FISKEPOPULASJONER I LANGVATN	44
Populasjonstetthet	44
Kondisjon	48
Ernæring	50
Produksjon av ørret og røye	52
Litteratur	53

HYDROLOGI OG FYSISK-KJEMISKE FORHOLD

Helge Reinertsen og Arnfinn Langeland

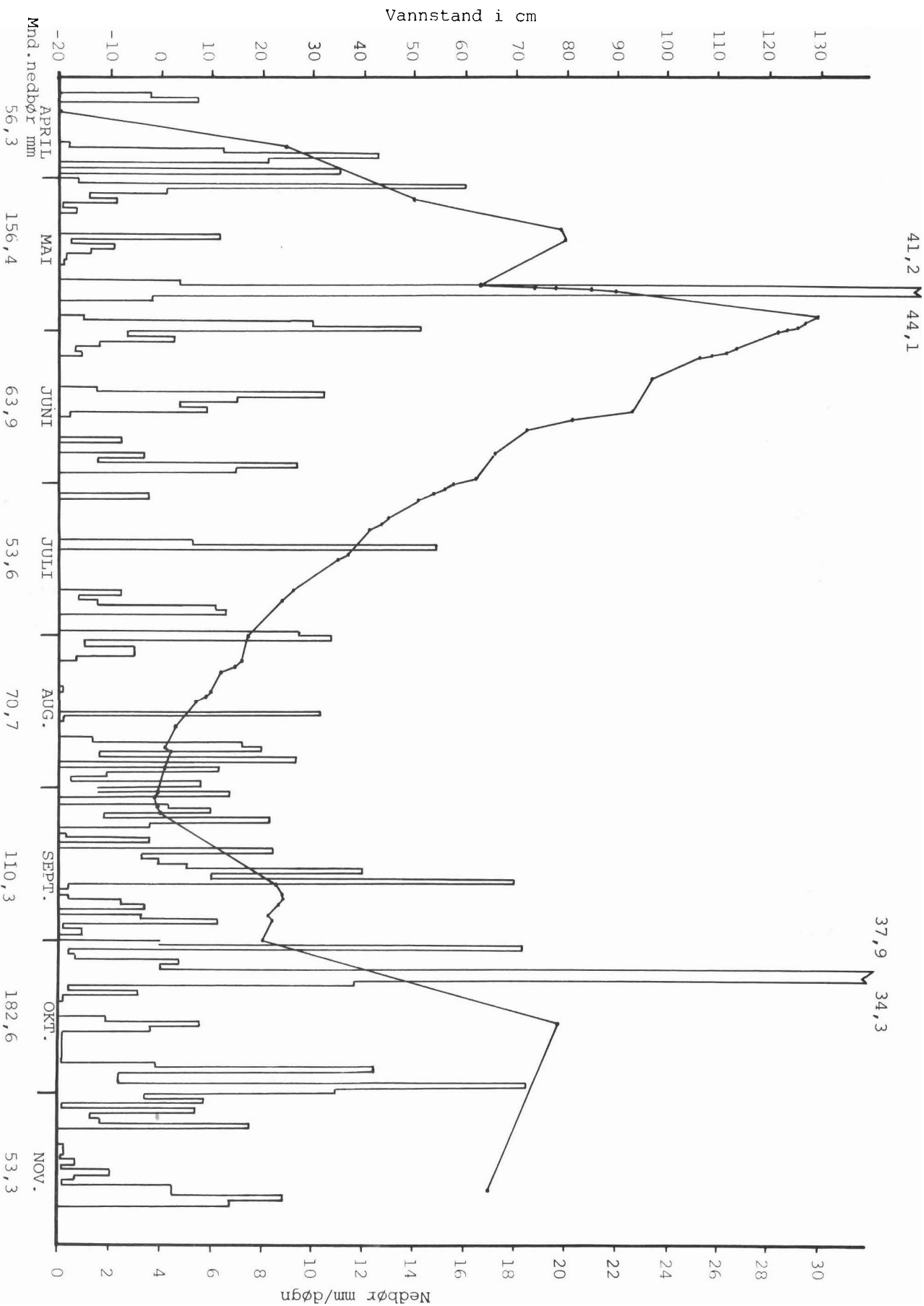
Hydrologi

Nedbørsmengdene i undersøkelsesperioden og forandringer av vannstanden i Langvatn i samme tidsrom er gitt i figur 1. Figuren viser at oppfyllingen av bassenget i 1975 hovedsaklig kom etter snøsmeltingen omkring månedsskiftet april-mai og etter kraftige regnvørsperioder 22.-23. mai, midten av september og 7.-8. oktober. Avrenning ved snøsmeltingen hadde for lengst kulminert da det kraftige regnværet i mai satte inn.

Målinger av tilrenning i tilløpsbekkene i Langvatn som ble estimert til $1000 \text{ m}^3/\text{døgn}$ 12.6., $350 \text{ m}^3/\text{døgn}$ 2.7., $25 \text{ m}^3/\text{døgn}$ 21.7. og $80 \text{ m}^3/\text{døgn}$ 17.8. viste at den relativt beskjedne nedbør i juli og august ikke førte til økt tilrenning. I juli og august var 4 av de 5 tilrenningsbekkene uttørket.

Synkehastighet av vannstand i Langvatn 1975, jfr. den jevnt krummende kurve i figur 1, pluss estimert tilrenning ga et bedre grunnlag enn tidligere for å beskrive sammenhengen mellom avrenning og vanntrykket. På grunnlag av denne korrigerste sammenheng ble den totale tilrenning beregnet til $2,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ i 1974 og $1,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ i 1975. Dette tilsvarende volumet i epilimnion fra 0 - 5 m dyp.

Det hydrologiske kretsløp i Langvatn har slående likhet med et reguleringsmagasin for vannkraftformål. Under snøsmeltingen i april-mai skjer det en rask oppfylling til høyeste vannstand, ca. kote 169,3 (figur 1). Når innsjøen fryser til og snøen legger seg, vil tilrenningen stoppe og innsjøen tappes kontinuerlig gjennom bunnmassene utover vinteren. Laveste vannstand, kote 167,8, nåes i månedsskiftet mars-april. Det tørrlagte areal mellom høyeste og laveste vannstand er på ca. $20.000 \text{ m}^2 = 2 \text{ ha}$ som utgjør ca. 5% av hele innsjøens areal.



Figur 1. Vannstands- og nedbørmålinger i Langvatn 1975.

dbør (søyler) i mm/døgn. Månedsnedbør i månedene

januar, februar, mars og desember var 96,6, 62, 28,7 og 389,3. Total nedbør 1975: 1324,3 mm = 13243 m³/ha.

Temperatur

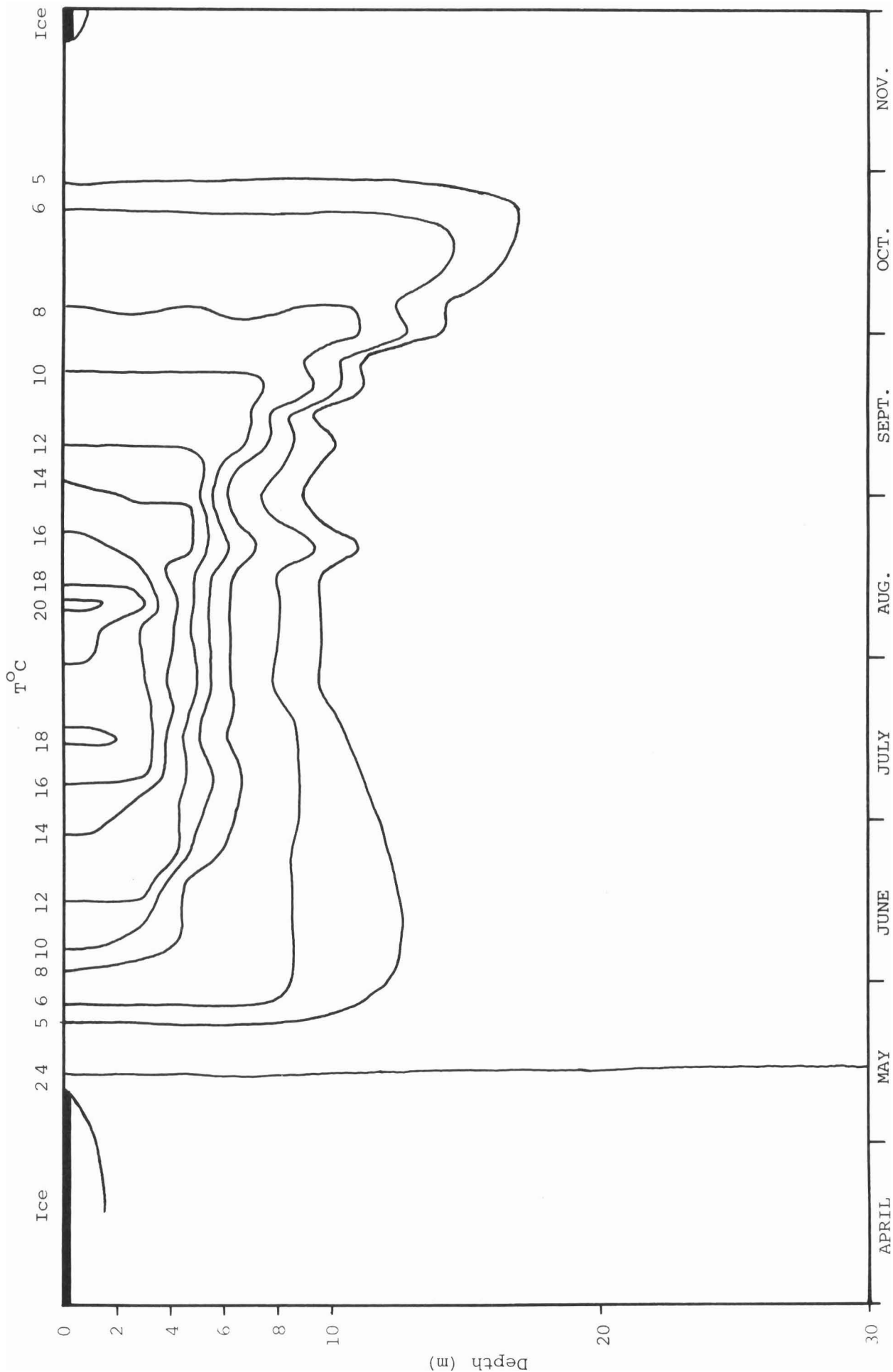
Temperaturen er gjennom hele sesongen målt med et vanlig termometer med $0,1^{\circ}$ avlesning. Fra 21.7.1975 ble også temperaturen i Langvatn registrert med en Aanderaa temperatur-måler hver halve time på annenhver meters dyp ned til 20 m.

Temperaturforløpet i Langvatn i 1975 er vist i figur 2. I figur 4 er temperaturen på 1 og 5 m dyp sammenlignet med tilsvarende i 1974. Isen forsvant 15. mai 1975, 6 dager senere enn i 1974. I juni 1975 ble overflatelagene betydelig senere oppvarmet i forhold til 1974, mens disse forskjeller hadde jevnet seg ut den 7. juli (figur 4). Midtsommeren 1975 var varm i forhold til 1974, dette resulterte i markert høyere temperatur i overflatelagene i juli og august måned. Høyeste temperatur på 1 m i 1975 ble målt til $21,0^{\circ}$ den 5.8. mot $18,4^{\circ}$ målt den 25.6. året før. Forløpet ved avkjølingen av vannmassene fra 25. august var det samme begge år. Islegging fant derimot sted ca. 1 måned senere i 1975 i forhold til 1974.

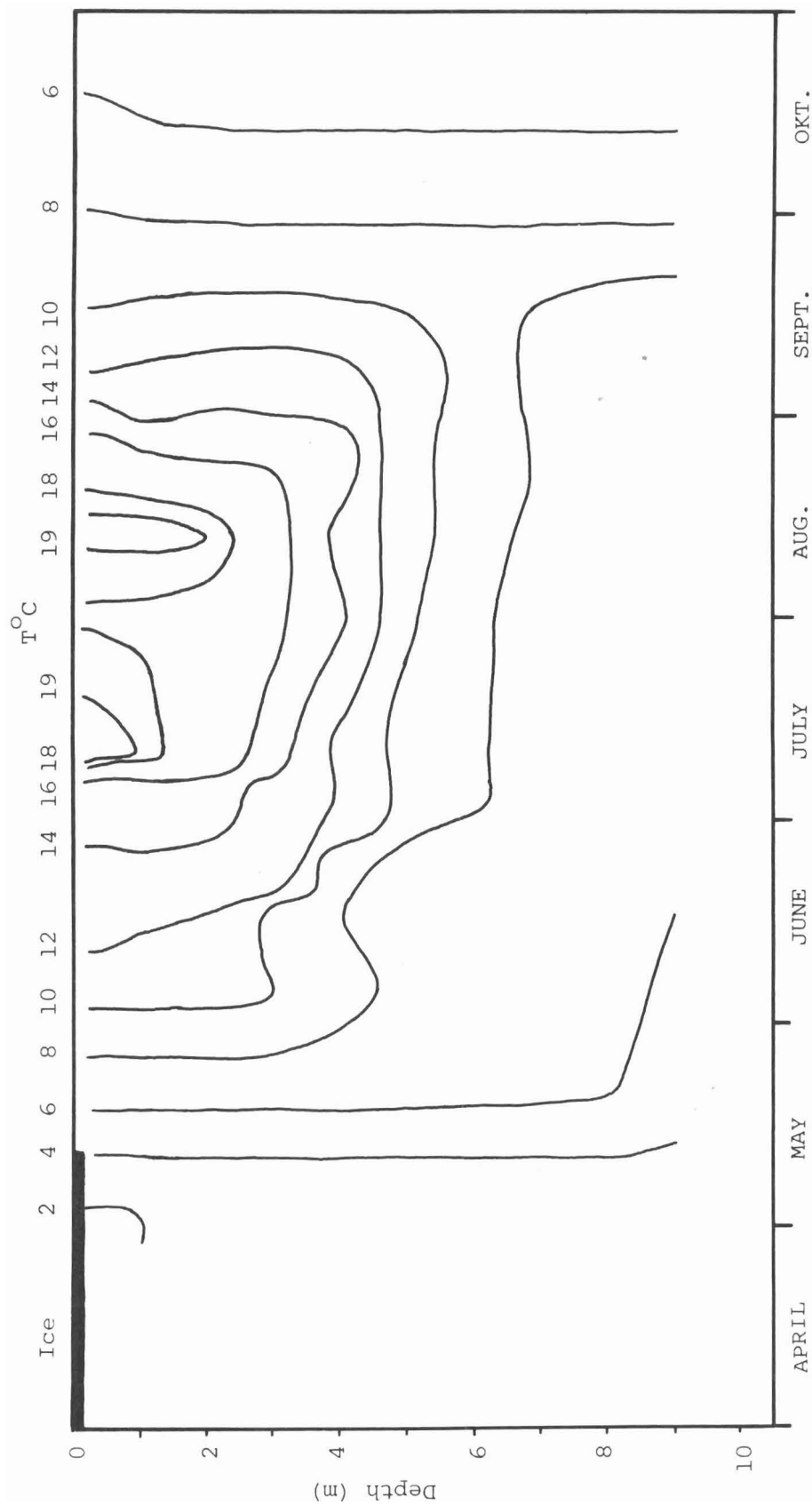
Temperaturdata fra Aanderaamåleren viste små variasjoner på 8,6 m og dypere. På 8,6 m varierte temperaturen fra 26. juli til midten av september mellom 5 og 6° og på 20,6 m dyp fra $4,09$ til $4,19^{\circ}$. Betydelige døgnvariasjoner ble registrert på 0,6 m dyp, for eksempel varierte temperaturen den 5. august fra minimum $16,45^{\circ}$ kl. 0035 til maximum $19,21^{\circ}$ kl. 1535, dvs. en variasjon på $2,76^{\circ}$ i løpet av døgnet.

Temperaturisopletene fra Målsjøen (figur 3) og temperaturforløpet på 1 og 5 meter i 1974 og 1975 (figur 4) viser en meget sen oppvarming også av Målsjøen. Temperaturen på 1 m var således den 20. mai $7,2^{\circ}\text{C}$, mens det den 16. mai året før ble registrert $16,1^{\circ}\text{C}$ på samme dyp. Den sene oppvarming gjorde at det ikke ble etablert noe sprangsjikt i sjøen før i begynnelsen av juni.

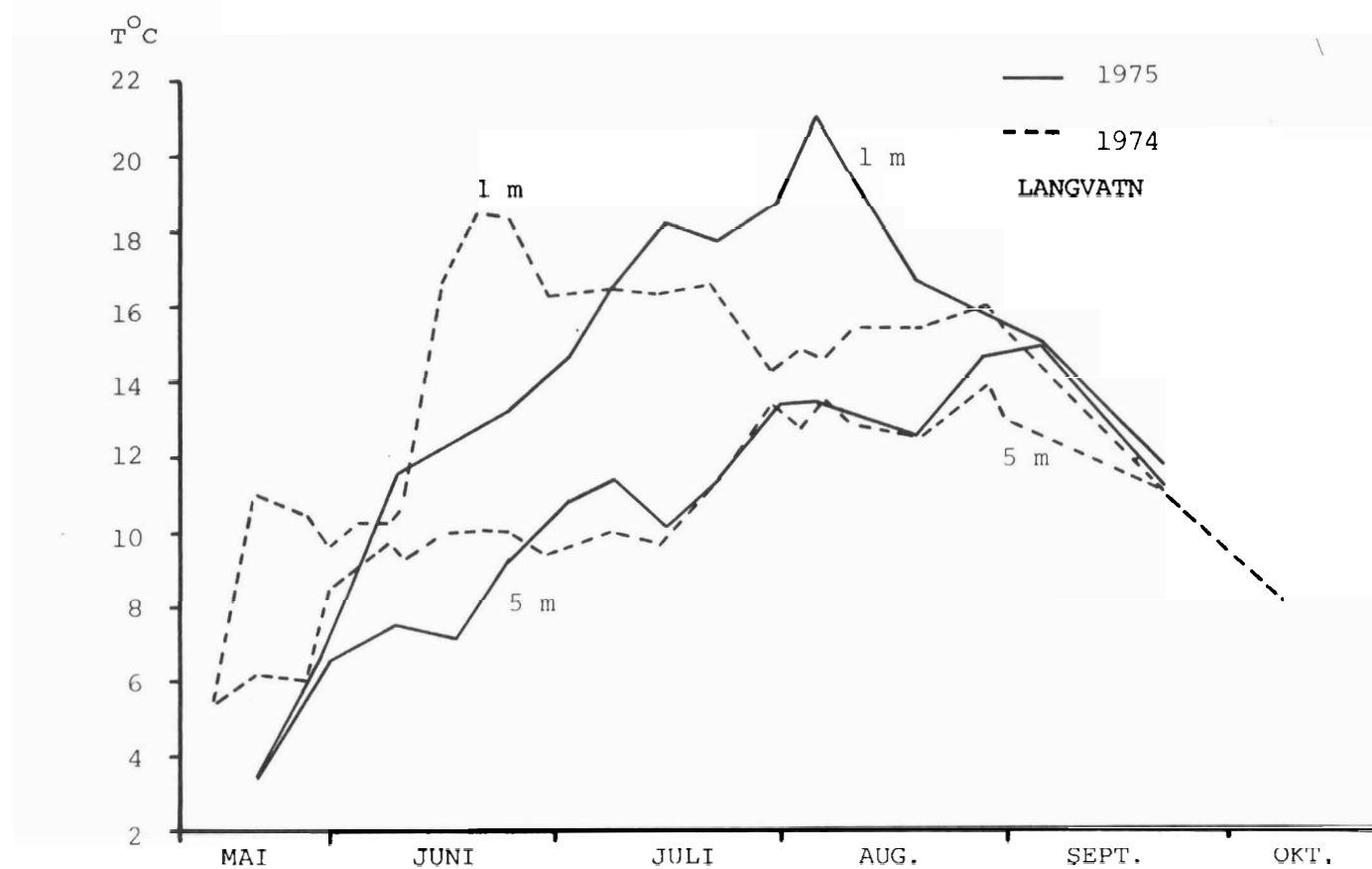
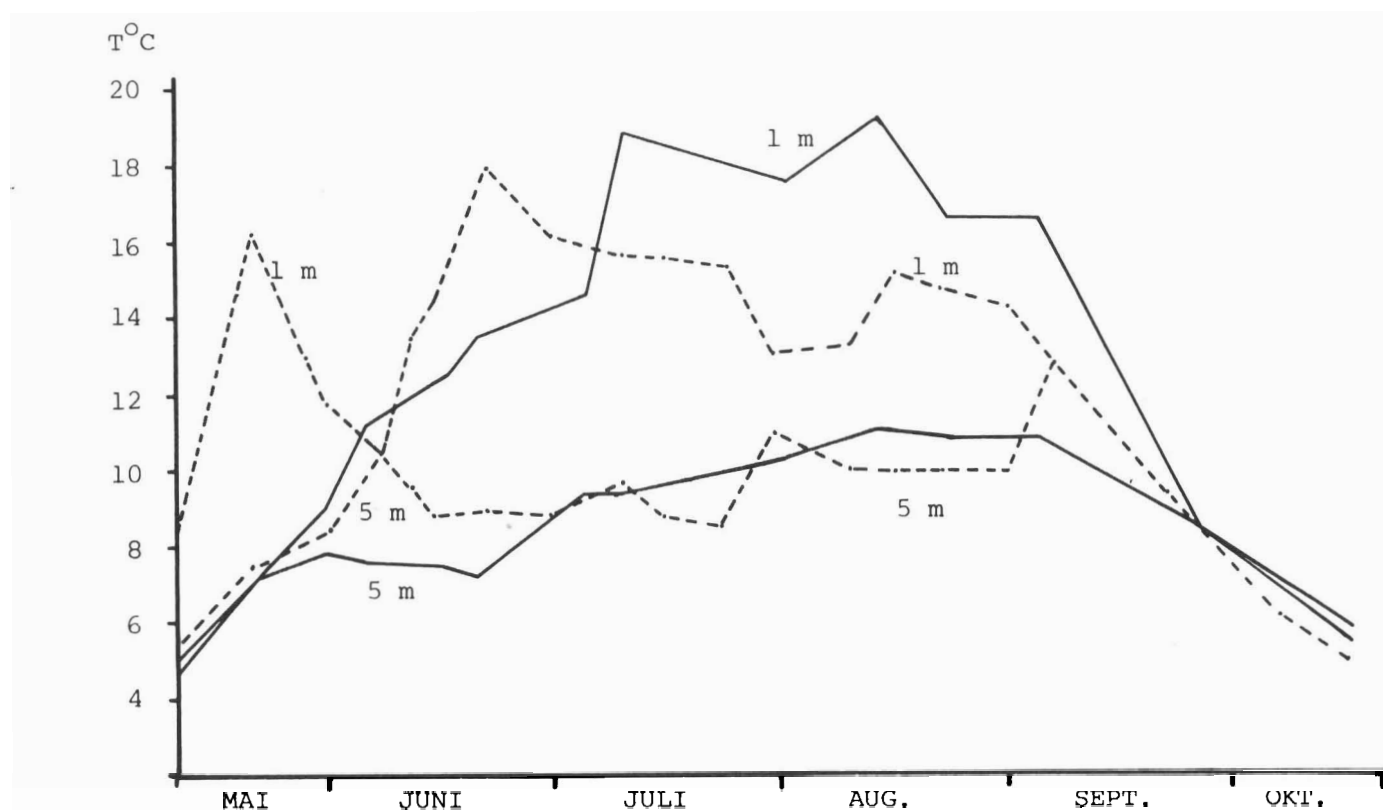
I årets varmeste periode, fra begynnelsen av juli til slutten av august, ble det registrert temperaturer over 19°C i overflatevannet. Under høstomrøringen i siste deler av september var temperaturen i vannet tilnærmet $8,5^{\circ}\text{C}$.



Figur Temperaturforholdene angvatn 1975.



Figur Temperaturforholdene Målsjøen 1975.



Figur 4. Temperatur i Langvatn og Målsjøen 1974 og 1975 på 1 og 5 m dyp. Målinger med vanlig termometer.

Siktedyp

I Langvatn ble det i forhold til 1974 registrert en markert minskning av siktedypet i perioden juli-august (figur 5). Gjennomsnittlig siktedyp for disse to månedene var i 1975 3,4 meter (n=11) mot 4,7 meter (n=7) i 1974. Denne minskingen av siktedypet må skyldes økning av autoktont organisk stoff, da tilførsel av alloktont organisk stoff var mindre i 1975 enn i 1974 (jfr. kommentarer om tilrenning og partikulært stoff). Lysmålinger med quantemeter (Lambda LI-185) ble foretatt på dager med siktedyp mellom 3,7 og 5,1 meter. De utregnete ekstingsjonskoeffisienter (n=8) lå mellom 0,9 og 0,6 (0-3 meter).

Siktedypet i Målsjøen i perioden 21. mai til 16. oktober varierte mellom 4,1 og 1,8 meter (figur 5). I månedene juni, juli og august var det en markert økning i forhold til 1974. Gjennomsnittet for de to sistnevnte måneder var således i 1974 3,3 meter (n=4), mens gjennomsnittet i 1975 lå på 3,8 meter (n=4).

Ekstingsjonskoeffisienter (n=8) på dager med siktedyp mellom 2,4 og 4,1 meter varierte fra 1,4 til 0,8 (0-3 meter).

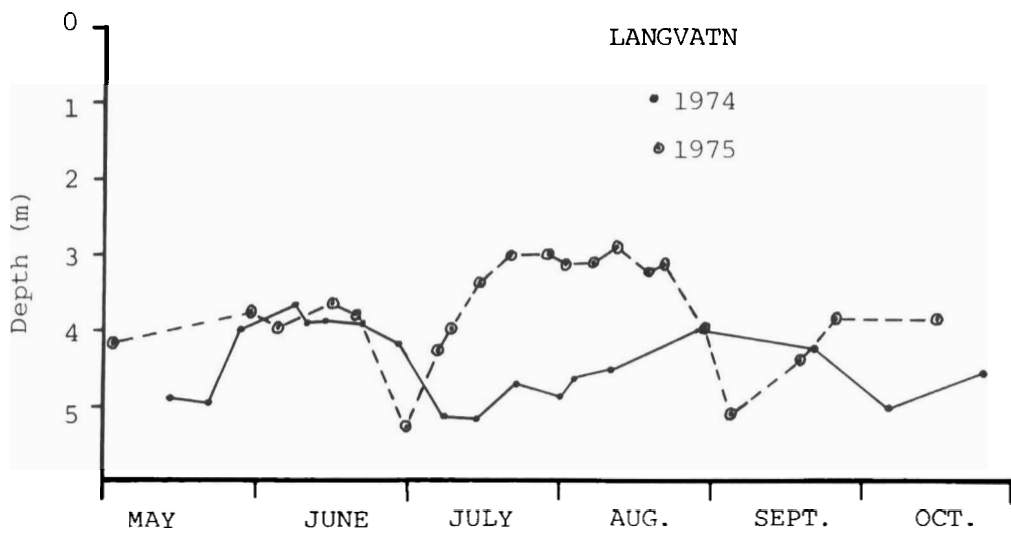
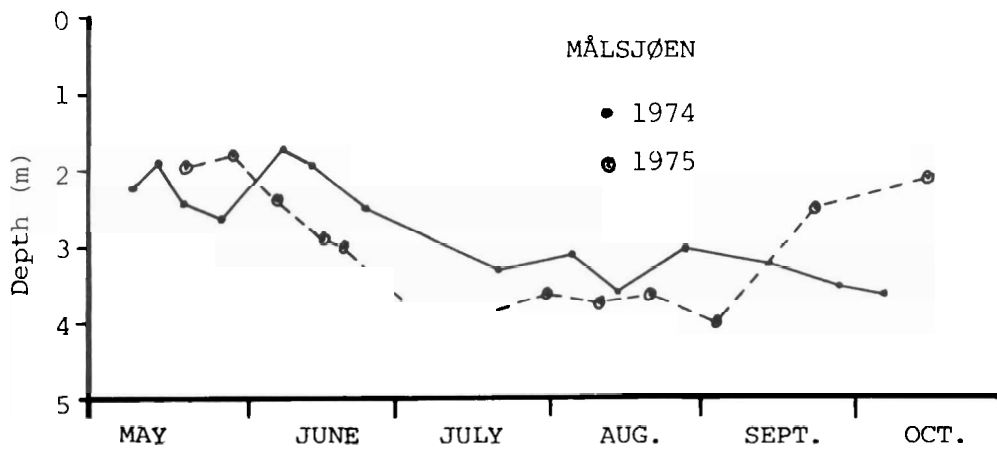
Tilsats av næringsstoffer

I 1975 ble Langvatn tilført næringsalter som fullgjødning D produsert av Norsk Hydro. Tilførselen ble dosert med 4 tilsatser av 400 kg (30.6., 8.7., 14.7. og 4.8.), totalt 1600 kg. Ut fra et overflateareal på 375.000 m² tilsvarer det totalt en tilsats på 4,3 g fullgjødning pr. m². Med en trofogen sone beregnet til gjennomsnittlig 4,5 m dyp, tilsvarer tilførselen 941,1 mg pr. m³.

Med hensyn til tilførsel av nitrogen og fosfor er mengdene gitt i nedenforstående oversikt. Ved beregninger av tilsatsen er tilsatt nitrogen regnet 100% vannløselig og tilsatt fosfor 80% vannløselig.

	Pr. gjødsling (mg)		Tot. tilførsel (mg)	
	m ³	m ²	m ³	m ²
Nitrogen	58,8	264,6	235,2	1058,7
Fosfor	9,0	40,5	36,0	162,0

Atomvektforhold N:P i tilførselen var 14,5:1, tilnærmet det normale forholdstall i en algecelle. Av det tilsatte nitrogenet er 41 til 46% tilført som NO₃ og det resterende som NH₃. I tillegg til nitrogen og fosfor ble det totalt tilsatt pr. m³: 86 mg K, 11,2 mg Mg, 15 mg S, 20,7 mg Ca og 0,1 mg B.



Figur 5. Målinger av siktedyp med Secchi-skive i Langvatn og Målsjøen 1974 og 1975

Partikulært organisk stoff

Målinger av partikulært organisk stoff som glødetap, ble fortsatt i 1975 på 1, 5 og 10 m dyp i Langvatn (figur 6) og i de viktigste tilløpsbekker.

Variasjonene gjennom sesongen på 1 m dyp er vesensforskjellig i 1974 og 1975 (figur 6). En sammenligning med data for primærproduksjon og nedbør i 1974 viser at det høye innhold av partikulært stoff først på juni 1974 må være dødt plantemateriale tilført fra omgivelsene ved den kraftige nedbør i månedsskiftet mai-juni 1974. Det høye innhold av partikulært stoff i juli og august 1975 faller sammen med den kraftige utvikling av planktonpopulasjonene, se avsnitt om phyto- og zooplankton og primærproduksjon. At variasjonene på 10 m er små tyder på at små mengder av det organiske materialet føres under termoklinen for videre nedbrytning i de dypere vannmassene. Dette viser at energi- og stoffomsetningen i innsjøen i dominerende grad foregår i vannmassene fra 0-5 m dyp. Verdiene på 10 m (0,43 mg/l i 1974 og 0,34 mg/l i 1975), 20 m (0,33 mg/l i 1974) og 30 m (0,28 mg/l i 1974) representerer en basisreserve av dødt organisk stoff i innsjøen. Differansen mellom verdiene i hypolimnion (5 og 10 m) og verdiene på 1 m i juli og august i 1975, som blir et tilnærmet mål på mengden av phyto- og zooplankton i dette tidsrom, er beregnet til 0,7 mg tørrvekt/l. Middelerverdier for partikulært stoff for hele sesongen 1975 var:

1 m: 0,76 mg tørrvekt/l

5 m: 0,54 mg tørrvekt/l

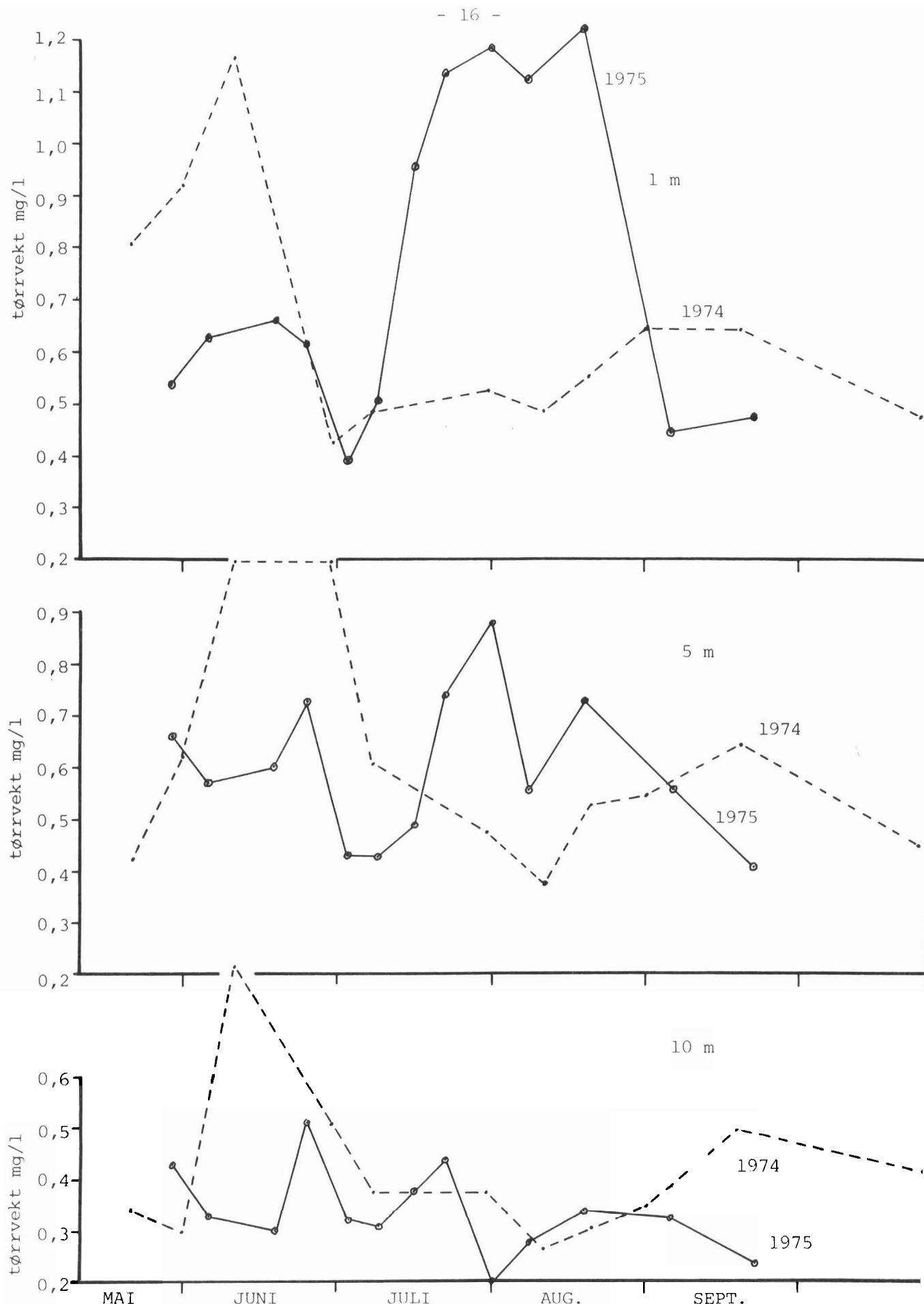
10 m: 0,34 mg tørrvekt/l

En foreløpig beregning av mengden av levende zooplankton under maksimal biomasseutvikling fra midten av juli og hele august, ga i middel ca. 0,4 mg tørrvekt/l. Resultatene i 1975 skulle tyde på at forholdstallet mellom biomassen av phytoplankton (P) og zooplankton (Z) ikke har oversteget 1.

Resultatene fra målinger av partikulært dødt organisk stoff i tilløpsbekkene i 1975 ga 0,32 mg/l i middel. Den totale tilrenning for hele året er for 1975 beregnet til $1,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ mot $2,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ i 1974.

Dette skulle gi tilført organisk materiale for hele året på $1,5 \text{ g tørrstoff/m}^2$ i 1974 og $1,3 \text{ g tørrstoff/m}^2$ i 1975.

I tillegg kommer dødt plantemateriale som blåser inn fra land, spesielt under lauvfellingene om høsten. Dette er det vanskelig å få et tallmessig uttrykk for.



Figur 6. Partikulært organisk stoff (glødetap) i Langvatn 1974 og 1975 på 1, 5 og 10 m dyp.

Nitrogen og fosfor

Alle analyser av næringssalter er utført ved SINTEF, Trondheim.

Resultater av analyser fra Langvatn er gitt i tabell 1 og i figur 7. Disse viser for $\text{PO}_4\text{-P}$ et meget lavt nivå før første gjødsling den 30. juni. Etterfølgende analyser fram til høstomrøringen ga en markert økning av fosformengden i epilimnion. Tilførselen har således gitt et høyere fosfornivå eller akkumulering av løst uorganisk fosfat i epilimnion i stagnasjonsperioden.

Analyseresultatene for total fosfor viser variable verdier, men også her en økning i perioden etter første gjødsling.

Av de tilførte nitrogenmengdene ble som nevnt 41-46% tilsatt som nitrat. Analyseresultatene etter 9. juli viser ingen akkumulering av nitrat i epilimnion. Samtlige prøvedager etter overnevnte dato og før nedbrytning av sprangsjiktet, var $\text{NO}_3\text{-N}$ -verdiene meget lave, også under analysegrensen.

Analysene for total nitrogen viser også variable verdier og med unntak av 13. august ikke noe signifikant økning av total nitrogen i og etter gjødslingsperioden.

Ut fra økningen i $\text{PO}_4\text{-P}$ -konsentrasjonen i Langvatn og de lave $\text{NO}_3\text{-N}$ -verdiene, må en anta at det av disse to elementene er nitrogenet som begrenser primærproduksjonen fra slutten av juli til september.

Resultater av næringssaltanalyser i Målsjøen er gitt i tabell 2. De tildels fåtallige analysene viser et lavt innhold av løst, uorganisk fosfat gjennom hele sesongen. Nitratverdiene viser en jamn nedgang mot høstomrøringen, med et minimum på 15 $\mu\text{g/l}$ i epilimnion 13.8. og 9.9.

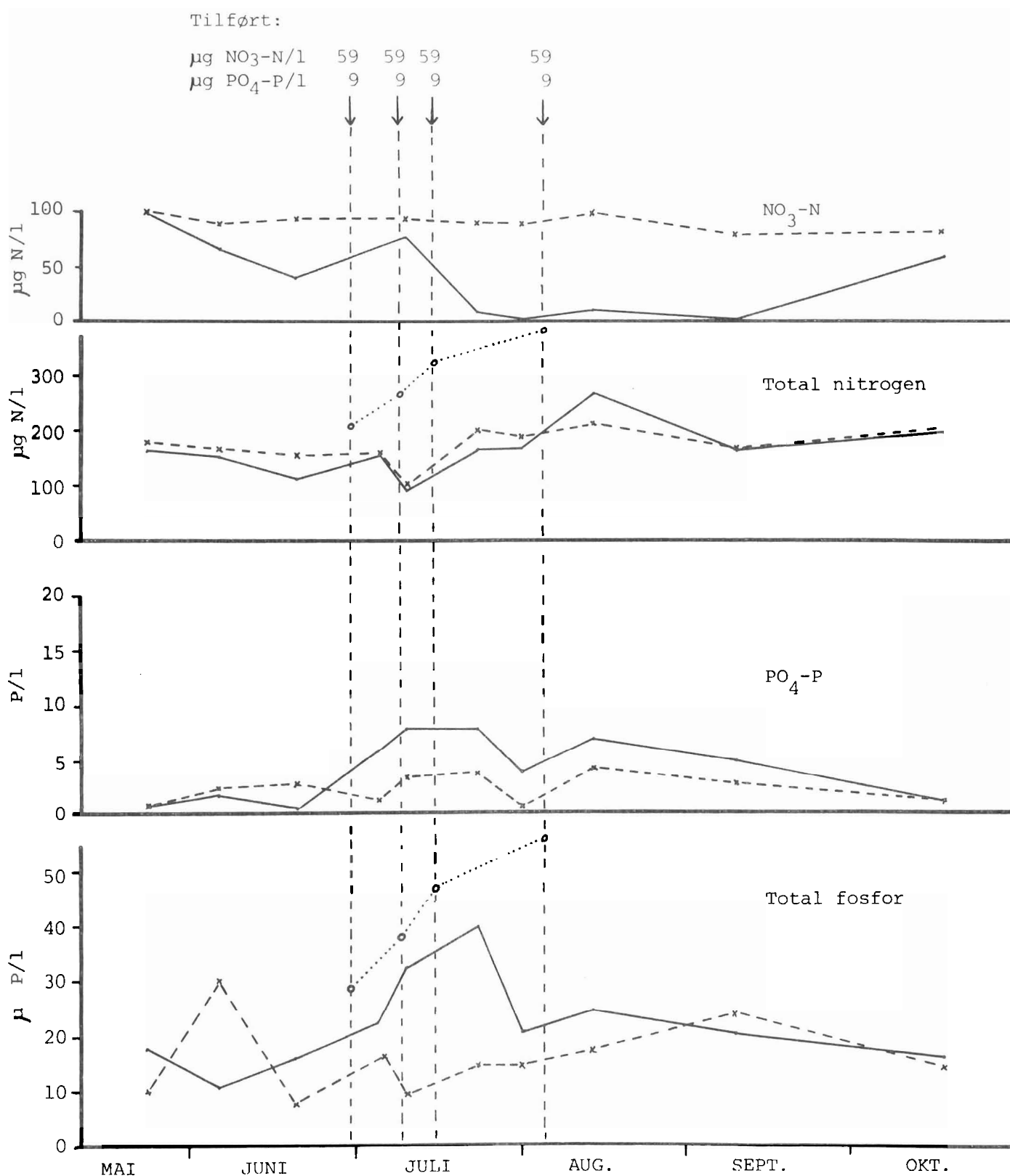
Gjennomsnittet for total fosforinnhold var gjennom sesongen 12 $\mu\text{g/l}$ på 1,0 meter og 14 $\mu\text{g/l}$ på 5 m. De tilsvarende tall for total nitrogen var 193 og 256 $\mu\text{g/l}$ som er noe høyere enn i Langvatn.

Tabell 1. Konsentrasjoner av $\text{PO}_4\text{-P}$, total fosfor, $\text{NO}_3\text{-N}$ og total nitrogen ($\mu\text{g P(N)/l}$) i Langvatn 1975. 30.6., 8.7., 14.7. og 4.8. 1975 ble det tilført hver gang 400 kg fullgjødsele D, totalt 1600 kg

Dyp m	Gjødsele:			30/6	8/7	14/7	4/8			
	22/5	5/6	19/6	4/7	9/7	22/7	1/8	13/8	9/9	17/10
<u>$\text{PO}_4\text{-P}$</u>										
1	1	3	< 1	6	7	35	4	8	5	2
3		1	1	6	9		4	7	5	1
5	< 1					8				
7		4	1	2	2			8	4	2
10	< 1					6				
15	< 1	< 1	5	1	5	3	< 1	6	2	1
25	< 1					4				
<u>Tot. P</u>										
1	13	9	10	24	54	61	22	25	20	12
3		13	22	22	13		21	25	22	13
5	22					19				
7		10	9	19	10		20	22	23	15
10	10					22				
15	9	51	7	15	9	12	10	15	27	15
25	12					10				
<u>$\text{NO}_3\text{-N}$</u>										
1	100	65	35		80	10	5	15	< 5	60
3		70	45		75		5	10	< 5	60
5	100					10				
7		85	85		80		60	80	55	60
10	100					45				
15	100	95	100		110	110	110	120	105	105
25	110					115				
<u>Tot. N</u>										
1	180	165	125	155	90	185	170	260	170	190
3		145	110	165	100		175	285	170	210
5	155					160				
7		160	155	150	90		180	210	150	205
10	155					205				
15	175	180	155	175	120	215	210	225	185	220
25	215					190				

Tabell 2. Konsentrasjoner av $\text{PO}_4\text{-P}$, total fosfor, $\text{NO}_3\text{-N}$ og total nitrogen ($\mu\text{g P(N)/l}$) i Målsjøen 1975

		22/5	5/6	19/6	4/7	9/7	1/8	13/8	9/9	16/10
$\text{PO}_4\text{-P}$	1 m	8	2	9	2	1	2	2	1	2
	5 m		2	< 1	1	1	3	1	5	2
Tot.P	1 m	22	5	9	12	10	11	11	16	17
	5 m		9	27	18	5	13	12	10	13
$\text{NO}_3\text{-N}$	1 m	115	135	105	—	60	25	15	15	105
	5 m		150	145	—	140	125	115	60	115
Tot.N	1 m	225	270	195	185	90	250	300	305	300
	5 m		270	265	260	155	275	255	255	315



Figur 7. $\text{NO}_3\text{-N}$, total nitrogen, $\text{PO}_4\text{-P}$ og total fosfor i Langvatn 1975. Hel linje - middelerdier i epilimnion, stiplet linje - middelerdier i hypolimnion. Prikket linje - forventete konsentrasjoner etter gjødsling dersom ikke noe stoff ble ført ut av epilimnion.

PHYTOPLANKTON I LANGVATN

Helge Reinertsen

Innsamling og metode

Phytoplanktonprøver ble innsamlet med Ruttner vannhenter fra 0,2, 1,0, 3,0, 5,0, 7,0, 10,0, 15,0 og 25,0 meters dyp ved stasjon 1. Prøvene ble fiksert med "phytofix" og tellinger utført med Wild invertoskop etter sedimentering av prøvene i 10 og 50 ml tellekammre. Arbeidet med materialet er enda ikke fullført og resymeet i denne rapporten er basert på tellinger av prøver fra 1 og 3 meter dyp den 21.5., 5. og 19.6., 9. og 15.7., 1. og 12.8., 4.9. og 16.10.

Resultater

Prøvene 22. mai, 7 dager etter isløsningen, viste størst antall av chrysophyceer og cryptomonader. Av de førstnevnte dominerte to *Chromulina*-arter og *Pseudokephyrion* sp. *Rhodomonas minuta* SKUJA og *Cryptomonas* cf. *erosa* var dominerende cryptomonader. Andre arter i et større antall var *Ankistrodesmus falcatus* var. *acicularis* (A. BRAUN) G. S. West og *Cyclotella* sp. (6-8 μ). Først i juni hadde det, med unntak av *Cryptomonas* cf. *erosa*, funnet sted en større økning i antallet av forannevnte arter. På dette tidspunktet ble også *Dinobryon acuminatum* funnet i større mengder.

Prøvene 19. juni viste totalt et større artsantall, spesielt av grønnalger, men med dominans av de foran nevnte arter. I første del av gjødslingsperioden syntes spesielt μ -alger, små chrysophyceer og *Rhodomonas minuta* samt *R. minuta* var. *nannoplanctica* SKUJA å øke i antall. Rundt månedsskiftet juli-august kom en oppblomstring av grønnalgen *Coelosphaerium Kuetzingianum* NAEG. Antallet den 1.8. kom, på de dyp som er telt, opp i 2-300.000 pr. liter. Sammen med de nevnte *Rhodomonas*-arter, spesielt *R. minuta* var. *nannoplanctica*, utgjorde de hoveddelen av bio-massen. Cryptomonadeantallet lå totalt rundt 3 mill. pr. liter. Av andre arter som kom inn i prøvene på dette tidspunktet var *Ceratium hirundinella* (O.F.MULLER) SCHRANK og *Oscillatoria* sp. Disse to artene forekom i et meget lite antall.

Den 12. august ble det bare registrert et mindre antall av *Coelosphaerium Kuetzingianum*. De nevnte *Rhodomonas*-artene fantes enda

i større mengder og flere grønnalger syntes å øke i antall. Av grønnalgene kan nevnes *Ankistrodesmus falcatus* var. *acicularis* og *A. setigerus* (Schröder) G. S. West.

Prøvene 4.9. og 17.10. viste dominans av chrysophyceer og cryptomonader. Av de sistnevnte utgjorde *Cryptomonas* cf. *erosa* en større biomasseandel på siste prøvedag.

PRIMÆRPRODUKSJON I LANGVATN OG MÅLSJØEN

Helge Reinertsen

Stasjoner og metode

Primærproduksjonsmålinger ble som forrige år utført med ^{14}C -metoden ved to stasjoner i Langvatn og en i referansesjøen Målsjøen. Flaskenes eksponeringstider var i Langvatn fra sann middag til sann middag, mens flaskene i Målsjøen ble satt ut en halv time etter sann middag.

Til telling av isotopopptaket i algene ble benyttet en Pachard mod. 2450 væskescintillator og som scintillasjonsvæske naphtalene-dioxan tilsatt 0,5% butyl-PBD. Oppgitte produksjonsverdier er ikke korrigert for eventuell isotopdiskriminering.

Registrering av innstrålt energi i området 400-700 nm ble foretatt ved hjelp av quante-føler (Lambda Ll-190 SR) og integrator (Mark V - Lintronic limited). Utstyret var på måledagene plassert ved Langvatn.

Resultater og vurdering

Estimering av døgnproduksjon ut fra korttidseksponeringer

Primærproduksjonsresultater fra døgnkjøringer ligger i følge Vollenweider og Nauwerk (1961) 0-30% under resultater basert på sum av korttidseksponeringer. Dette viser også nedenforstående resultater fra Langvatn, hvor summen av 4 og 2 korttidseksponeringer i lysperioden er sammenliknet med døgnkjøringer.

5.-6.6. Daglengde 20 timer.

Temp. 1 m: $8,3^{\circ}\text{C}$. Innstrålt energi 400-700 nm: 183 cal/cm^2

	Mg $\text{C/m}^2/\text{døgn}$	Prosent av korttids-eksponeringene
Sum av 4 kjøreperioder	117	
" " 2 "	119	102
1 døgn	114	97

10.-11.7. Daglengde 20 timer.

Temp. 1 m: $18,1^{\circ}\text{C}$. Innstrålt energi 400-700 nm: 158 cal/cm^2

	Mg $\text{C/m}^2/\text{døgn}$	Prosent av korttids-eksponeringene
Sum av 4 kjøreperioder	323	
" " 2 "	317	98
1 døgn	261	81

22.-23.8. Daglengde $16\frac{1}{2}$ time.

Temp. 1 m: $16,2^{\circ}\text{C}$. Innstrålt energi 400-700 nm: 95 cal/cm^2

	Mg $\text{C/m}^2/\text{døgn}$	Prosent av korttids-eksponeringene
Sum av 4 kjøreperioder	111	
" " 2 "	101	91
1 døgn	79	71

25.-26.9. Daglengde 12 timer.

Temp. 1 m: $9,0^{\circ}\text{C}$. Innstrålt energi 400-700 nm: 39 cal/cm^2

	Mg $\text{C/m}^2/\text{døgn}$	Prosent av korttids-eksponeringene
Sum av 4 kjøreperioder	34	
" " 2 "	33	97
1 døgn	32	94

Kjørelengdene i lysperioden (summen av 2 og 4 kjøreperioder) var på disse måledagene ikke avgjørende for CO_2 -assimilasjonen. Summen av resultatene fra to kjøreperioder (hver periode 10-6 timer) varierte således fra 103-91% av summen av korttidseksponeringene (5-3 timer). Døgnkjøringene ga verdier fra 97 til 71% av korttidseksponeringene. Disse 4 prøveseriene gir ikke muligheter for sikre slutninger, men de store

avvik i døgnkjøringene i forhold til korttidseksposeringene var på dagene med høyest vanntemperatur. Med en respirasjons- $Q_{10} = 2-2,5$ må en ikke uvesentlig del av dette avviket skyldes respirasjonstap.

Produksjonen gjennom året

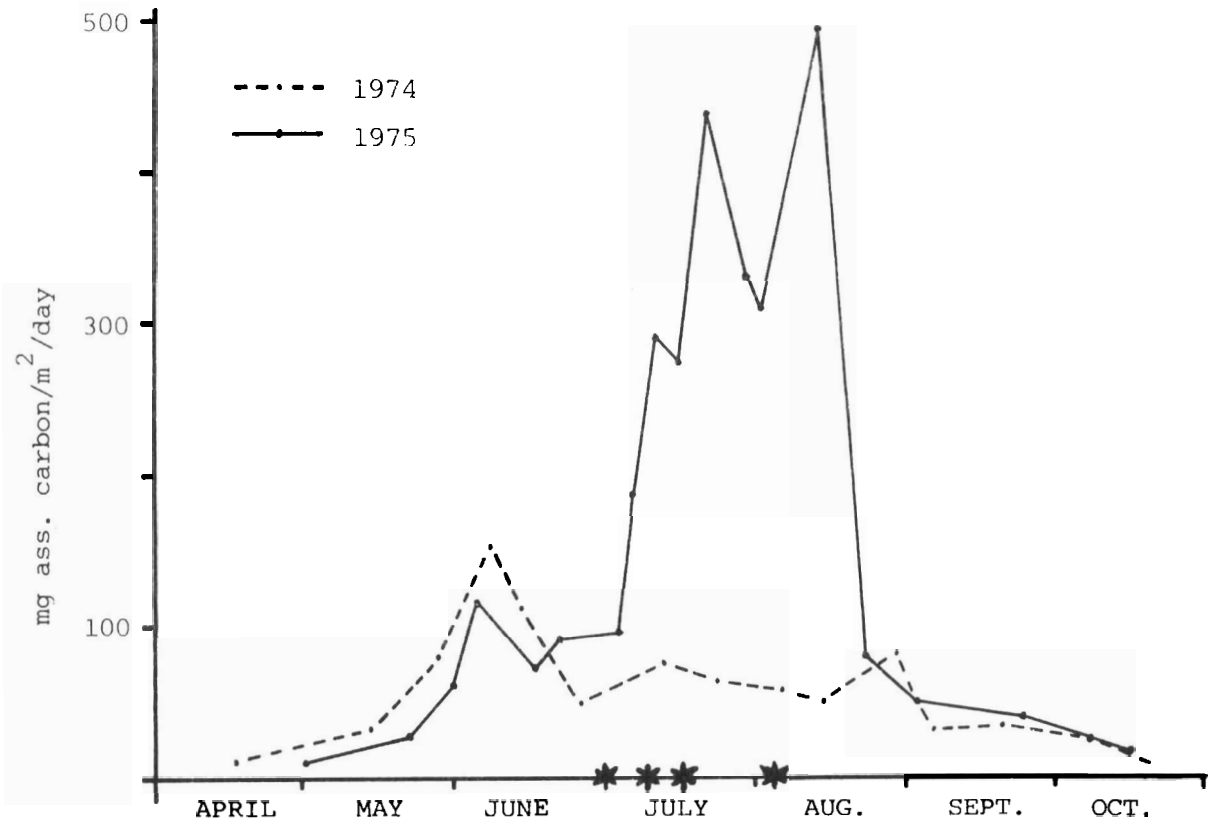
Produksjonsforløpet i Langvatn i 1974 og 1975 er vist i figur 1. Resultatene er gitt som middel av produksjonen målt ved stasjon 1 og 2. Som figuren viser ble det etter isløsningen 15. mai en tydelig økning i primærproduksjonen, men det var i 1975 ikke en så markert vårtopp som året før. Produksjonsverdiene lå også under fjorårets. Den høyeste døgnproduksjonen under vårtoppen var på 114 mg/m^2 den 5. juni. Årsaken til reduserte verdier under vårtoppen må primært være den lave vanntemperaturen og sene etableringen av sprangsjiktet (se figur 2 og 4 i avsnittet om temperatur). Den innstrålte energimengde i mai måned 1975 var også 65% av året før.

Etter første gjødsling den 30. juni viste produksjonsmålingen 7. juli en økning i døgnproduksjonen til 187 mg C/m^2 . Øvrige gjødslinger 8. juli, 14. juli og 4. august ga umiddelbare produksjonsøkninger. De høyeste døgnverdiene på 439 og 496 mg C/m^2 ble målt 21. juli og 12. august. Produksjonsmålingene etter 12. august viste verdier på nivå med fjorårets målinger.

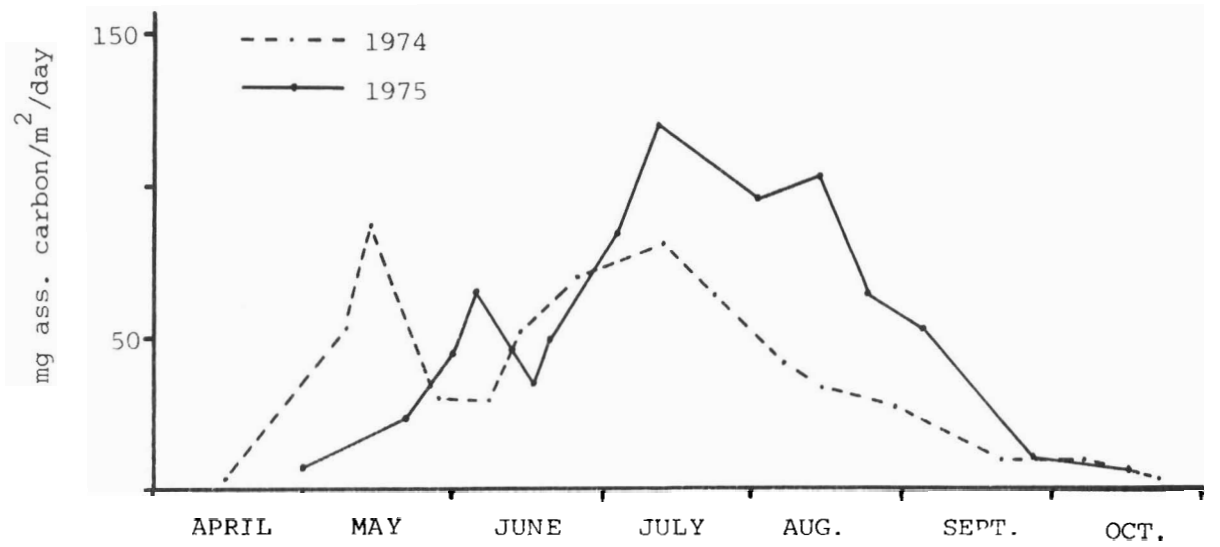
Ut fra virkningsgrad på måledagene og total innstrålt energi i perioden 1. mai-1. november er primærproduksjonen i denne perioden estimert til 24 gram C, mot 11 g C/m^2 i 1974.

I referansesjøen Målsjøen forsvant isen 9. mai, 5 dager senere enn året før. Produksjonsforløpet i 1975 og 1974 er gitt i figur 2. Figuren viser at vårtoppen i 1975 ble sterkt forskjøvet i forhold til året før. Dette må skyldes den meget lave vanntemperaturen i mai og den sene etableringen av sprangsjiktet (se figur 3 og 4 i avsnittet om temperatur). Målingene ga også meget lave produksjonsverdier i mai. Størst verdi under den reduserte vårtoppen ble målt til $64 \text{ mg C/m}^2/\text{døgn}$ den 5. juni.

Fra 19. juni ble det en sterk oppgang i primærproduksjonen, og årets høyeste verdi på 121 mg C/m^2 ble målt 10. juli. Målingene fram til midten av august viste fortsatt høy produksjon og først den 25. september var produksjonen nede på fjorårets nivå. Figur 4 i avsnittet om temperatur viser at vanntemperaturen i øvre vannlag i juli og august lå vesentlig over registreringene året før, samtidig som siktedypet var økt helt fram til midten



Figur 1. Primærproduksjonsforløpet i Langvatn i 1974 og 1975. Gjødslingsdager er angitt med stjerne.



Figur 2. Primærproduksjonsforløpet i Målsjøen i 1974 og 1975.

av september (figur 5 i avsnittet om siktedyp). I Målsjøen ble primærproduksjonen i perioden 1. mai-1. november estimert til 11 g C/m^2 , mot 8 g C/m^2 i 1974.

Total innstrålt energi i Trondheimsområdet i perioden 1. mai - 1. november 1975 var betraktelig lavere enn i samme periode året før. Summen av månedsmidlene gitt i tabell 1 viser at innstrålingen i 1975 var 84% av summen for 1974.

Tabell 1. Total innstrålt energi i Trondheimsområdet (cal/cm^2)

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Sum
1974	15114	14367	11412	10074	5518	2601	59086
1975	9805	11830	12732	8671	4561	1983	49582

Størst var forskjellene i mai og oktober, da innstrålingen var henholdsvis 65 og 76% av året før. Øvrige måneder, med unntak av juli, lå prosentandelen av 1974-innstrålingen mellom 82 og 86.

Virkningsgraden for fotosyntesen i Målsjøen og Langvatn i 1974 og 1975 er gitt med månedsmidler i tabell 2.

Tabell 2. Virkningsgrad i o/oo i Langvatn og Målsjøen. Antall målinger er gitt i parentes

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	$\bar{x}$
<u>Langvatn</u>							
1974	0,26(2)	0,42(3)	0,48(2)	0,44(3)	0,24(2)	0,18(2)	0,34
1975	0,35(3)	0,47(3)	1,18(6)	2,19(3)	0,85(2)	0,64(1)	0,95
<u>Målsjøen</u>							
1974	0,20(3)	0,20(3)	0,46(2)	0,20(3)	0,14(1)	0,10(2)	0,22
1975	0,28(3)	0,26(3)	0,47(2)	0,73(3)	0,67(2)	0,29(1)	0,45

Virkningsgraden i Langvatn ble betraktelig hevet i gjødslingsmånedene juli og august, til henholdsvis omkring 1,2 og 2,2 o/oo. Sistnevnte tall var en tilnærmet 5-dobling i forhold til 1974. Også i september og oktober lå energiutnyttingen over fjoråret. Gjennomsnittet for nevnte måneder i 1975 i tabell 2 var 280% av tilsvarende gjennomsnitt for 1974, 0,95 o/oo mot 0,34 o/oo.

I Målsjøen ble det en dobling av gjennomsnittlig virkningsgrad i forhold til 1974. Økningen av gjennomsnittet skyldes hovedsaklig større effekt i månedene august, september og oktober.

Litteratur

Vollenweider, R. A. & A. Nauwerck. 1961. Some observations on the C^{14} -method for measuring primary production.
Verh. Int. Limnol. 14:134-139.

ZOOPLANKTON I LANGVATN 1975

Arnfinn Langeland

Innsamlingsmetodikk og subsamplingsteknikk er den samme som tidligere beskrevet (Langeland m.fl. 1975, s. 32-36). Produksjon pr. døgn hos Cladocera er estimert på grunnlag av beregnet daglig turnover og middelbiomasse ved tid t (Winberg m.fl. 1971, Winberg 1971). Denne metode er tidligere benyttet av bl.a. Hall (1964), Wright (1965), Cummins (1969) og Hertzog (1974). Produksjonen hos Copepoda er beregnet etter Allens metode (Allen 1951). På grunnlag av lengdemålinger og tørrvektbestemmelser av et bestemt antall individer (50-100) i avgrensede lengdegrupper av juvenile, copepoditter og adulte for alle viktige arter, er det konstruert en funksjon mellom lengde og vekt. Denne kan beskrives matematisk som

$$W = a \cdot L^b \text{ eller } \ln W = \ln a + b \cdot \ln L$$

hvor W er tørrvekt i mg og L er lengden i mm. Materialet er statistisk behandlet etter et program beskrevet av Jensen (1975). Respirasjonsforsøk i felten med målinger av O_2 -forbruk er utført hver fjortende dag med Winkler-metoden (Carpenter 1965 a, b). Disse resultater er enda ikke ferdig bearbeidet.

Biomasse

I tabell 1 er den beregnede middelbiomasse for perioden 1. juni til 30. september 1974 og 1975 presentert mens variasjoner i sesongen framgår av figur 1. Middelbiomassen for de arter som er viktige næringsdyr for fisk, *Holopedium*, *Bosmina*, *Daphnia* og *Heterocope* er beregnet til 950 mg/m^2 i 1975 som er dobbelt så høyt som i 1974 med 464 mg/m^2 (se avsnitt om fiskepopulasjoner). Forskjellen ligger primært i den betydelig større biomasse i juli og august (figur 1). Små herbivore (rotatoria + nauplier) har 55% større middelbiomasse i 1975 sammenlignet med 1974 pga. en ny populasjonstopp hos *Conochilus unicornis* og *Polyarthra* spp. i august-september som ikke ble registrert i 1974 (figur 1). Carnivore (copepoditter og adulte hos *Cyclops scutifer* og *Heterocope appendiculata*) har nær samme middelbiomasse i 1975 som i 1974. Den statistiske behandling

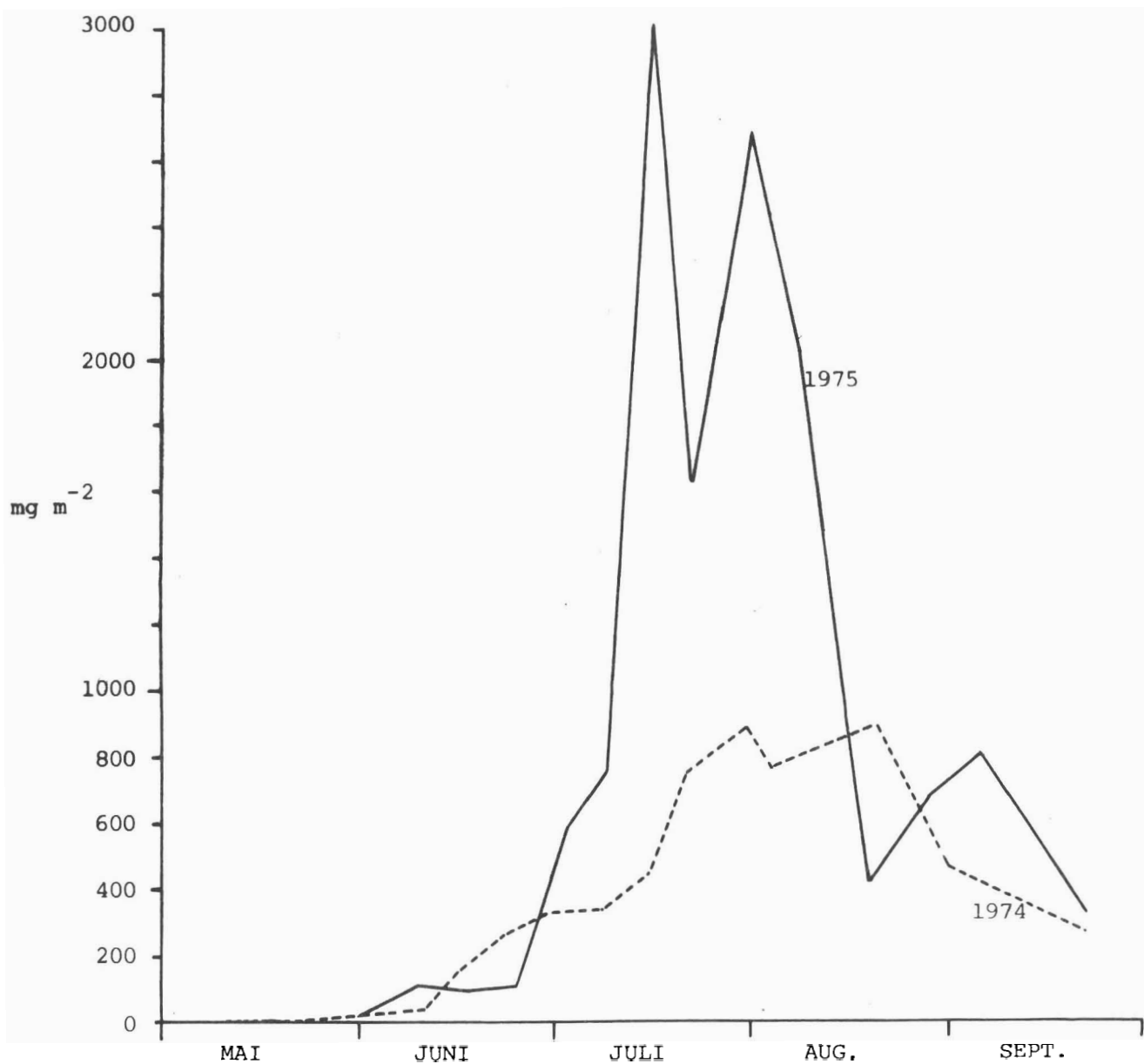
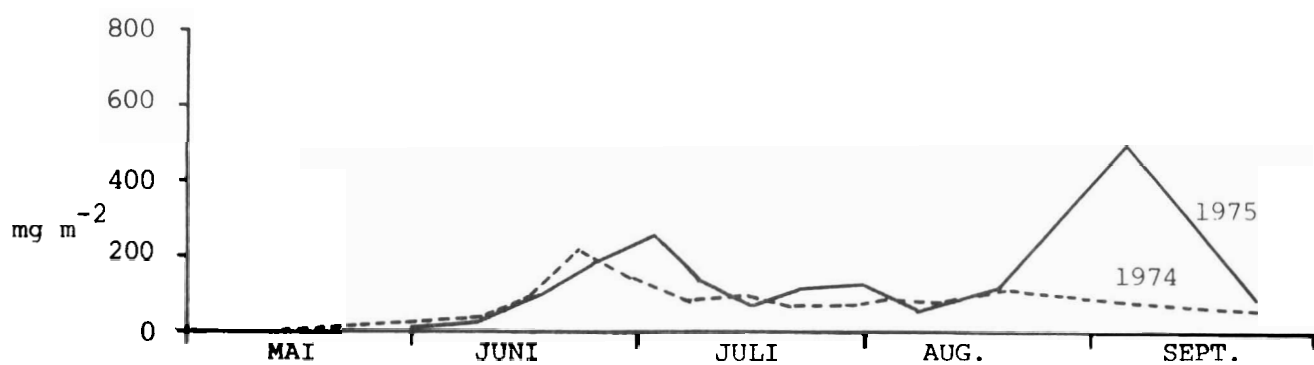
Tabell 1. Middel biomasse ($\bar{B}$) og produksjon (P) av zooplankton i
Langvatn 1974 og 1975 fra 1. juni til 31. september.

ΔB er forskjell i % mellom 1974 og 1975 for $n = 280$ prøver
hvert år.

P

Art	$\bar{B}$ mg tørrvekt/m ²			P mg tørrvekt/m ² juni-sept.	
	1974	1975	ΔB	1974	1975
Holopedium gibberum	149	454	+205	1900	13750
Bosmina spp.	224	351	+57	1100	2530
Daphnia galeata	<1	46	+1125	14	1640
Heterocope appendiculata cop. + ad.	91	99	+9	560	640
Σ ZOOPLANKTON NÆRINGSDYR					
TILGJENGELIG FOR FISK	464	950	+105	3574	18560
Conochilus unicornis	13	54	+315		
Polyarthra spp.	36	57	+58		
Asplanchna priodonta	10	9	-10		
Andre rotatorier	7	10	+43		
Nauplier Copepoda	26	17	-35		
Σ SMÅ HERBIVORE	92	147	+55	2760 ^x	4410 ^x
Cyclops scutifer cop. + ad.	99	92	-7	200	250
Σ ZOOPLANKTON	655	1189	+81	6534	23220

^x Fra Lake Pääjärvi Finnland, $P = 30 \cdot \bar{B}$ (Latja 1974)



Figur 1. Zooplankton biomasse ($\text{mg t\ddot{o}rrvekt/m}^2$) i Langvatn 1974 og 1975. Små herbivore (rotatorier og nauplier) øverst og tilgjengelige næringsdyr for fisk (Holopedium, Bosmina, Daphnia og Heterocope) nederst på figuren.

av hele materialet på 280 prøver hvert år som er grunnlaget for beregnet middelbiomasse, viste en klar stabilisering av 95% konfidensintervall med nær gjennomsnittlig antall individer $\bar{x} = \pm 20\%$ for alle arter. Artene *Daphnia galeata*, *Conochilus unicornis* og *Holopedium gibberum* hadde henholdsvis 12, 4 og 3 ganger høyere biomasse i 1975 enn i 1974, mens også *Bosmina* spp., *Polyarthra* spp. og andre rotatorier hadde signifikant høyere biomasse i 1975 (40-60%) enn i 1974. Biomassen hos *Asplanchna priodonta*, *H. appendiculata* og *C. scutifer* (cop. + ad.) var ikke signifikant forskjell for de to år, mens nauplier av *C. scutifer* var signifikant lavere i 1975 sammenlignet med 1974. Maksimal total biomasse ble registrert den 15. juli i 1975 med 3141 mg/m² mot 1070 mg/m² den 29. juli 1974. En sammenligning mellom største observerte individantall pr. prøveserie og største observerte individantall i en enkeltprøve, framhever forskjellen mellom 1975 og 1974 for de dominerende arter (tabell 2).

Tabell 2. Største observerte individantall pr. prøveserie (10 prøver)
Max_s og største observerte individtetthet i én enkeltprøve
Max_p i epilimnion Langvatn 1974 og 1975

	Max _s ind./l		Max _p ind./l	
	1974	1975	1974	1975
<i>Holopedium gibberum</i>	21	65	69	260
<i>Bosmina</i> spp.	36	57	62	192
<i>Daphnia galeata</i>	0,02	3	0,1	8
<i>Conochilus unicornis</i>	145	840	400	4228
<i>Polyarthra</i> spp.	164	601	1460	2080

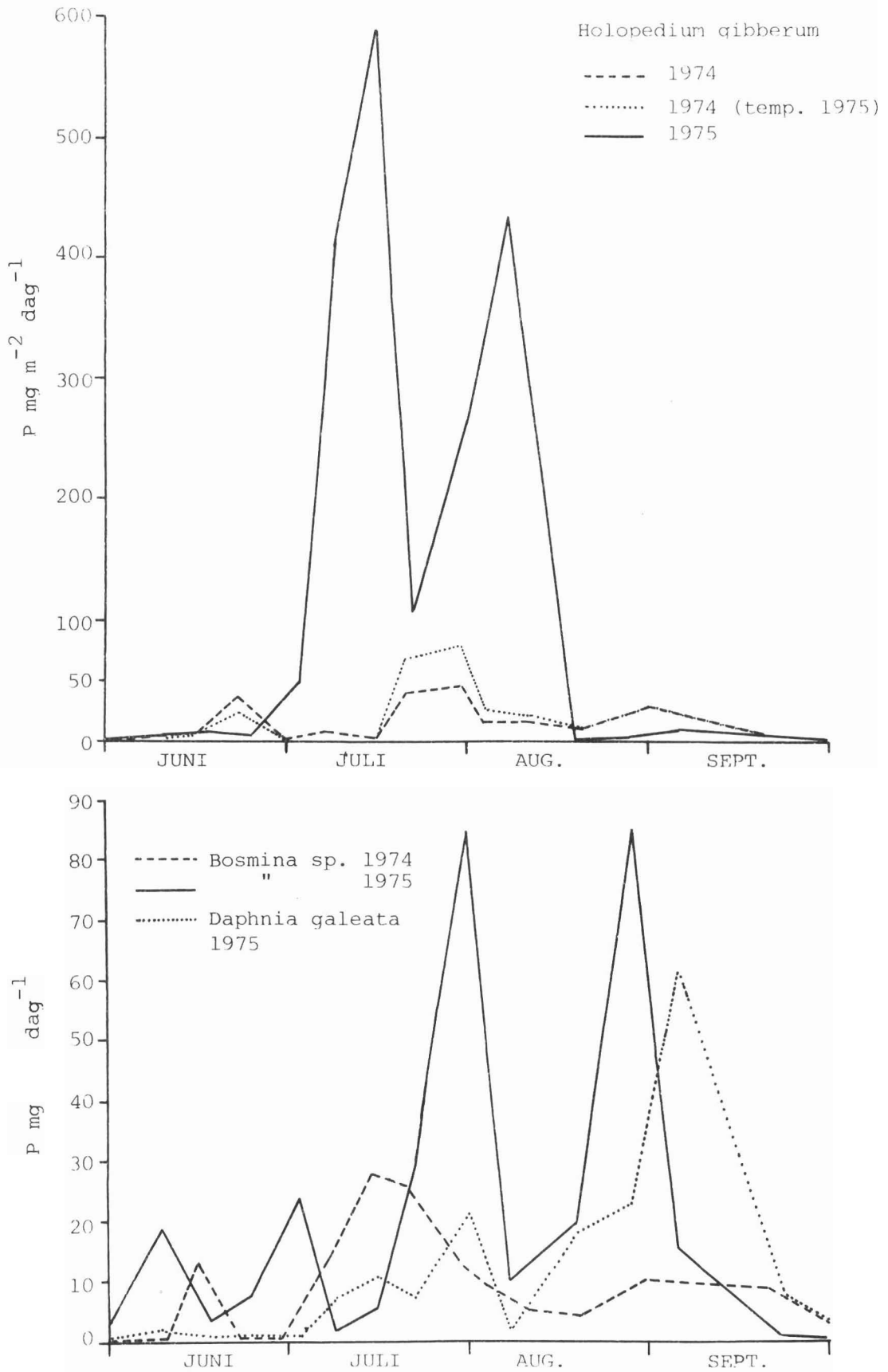
Produksjon

Produksjon for perioden 1. juni til 30. september av næringsdyr tilgjengelig for fisk er beregnet til $18560 \text{ mg tørrvekt/m}^2$ i 1975 som er 5 ganger større enn i 1974 med $3574 \text{ mg tørrvekt/m}^2$ (tab.1, fig.2). Til beregning av produksjonen for rotatoriene er det benyttet $P/\bar{B}$ -koeffisient fra Lake Pääjärvi i Finland (Latja 1974). Den totale zooplankton-produksjon i 1975 er beregnet til vel 23 g/m^2 mot vel 6 g/m^2 i 1974 i ovennevnte periode på 120 dager. Herbivore hadde i 1975 en andel i produksjon på 96% og Carnivore 4% mot henholdsvis 89% og 11% i 1974. *Holopedium gibberum* var den dominerende art i 1975 både med hensyn til biomasse og produksjon (tabell 1). Men *Daphnia galeata* var den art som viste relativt størst økning i 1975 i forhold til 1974. Produksjonen i 1974 var så liten at den ikke kunne framstilles i figur 2 for sammenligning med 1975.

Daglig turnover ($P/\bar{B} \cdot 120 \text{ dager}$) for herbivore ga for 1974 0,11 og 0,19 i 1975. Dette betyr en *døgnlig omsetning* (biomasse tilvekst-dødelighet) på 11% og 19% for de respektive år. Dette er tilsvarende omsetningshastighet som i Lake Mikorzynskie og Lake Lichenskie i Polen (Patalas 1970) og Lake Pääjärvi i Finland (Latja 1974) hvor daglig turnover for herbivore var beregnet til henholdsvis 0,11, 0,24 og 0,13. Sammenligningen ovenfor med de ovennevnte innsjøer hvor bl.a. produksjon av primære konsumenter i Lake Pääjärvi var $24 \text{ g tørrvekt/m}^2$ mot 23 g/m^2 og 6 g/m^2 i 1975 og 1974 i Langvatn, indikerer at de beregnede produksjoner er av riktig størrelsesorden.

Populasjonsdynamikk

Den økte biomasse og produksjon i 1975 i forhold til 1974 har sin årsak i følgende populasjonsegenskaper: 1) redusert dødelighet, 2) økt individtilvekst og 3) økt kullstørrelse (egg/adulte). Dette kan illustreres ved at en dominerende art i 1975, *Holopedium gibberum*, hadde en middelvekt hos adulte på 15 og 12 $\mu\text{g/ind.}$ 8. og 15. juli 1975 mot henholdsvis 5,5 og 4,7 $\mu\text{g/ind.}$ 7. og 14. juli 1974. Egg pr. adulte for samme art var i 1975 i middel for hele sesongen 1,91 mot 0,98 i 1974, dvs. nær en dobling. Klekking av hvileegg hos *Heterocope appendiculata* skjedde på samme tid og i samme grad (52880 nauplier 15.6.-74 og 57820 nauplier 17.6.-75) begge år. Antallet copepoditter begge år lå



Figur 2. Produksjon (P) mg tørrvekt pr. m^2 dag for de viktigste zooplanktonarter i Langvatn 1974 og 1975. Prikket linje for *Holopedium* er produksjon basert på biomasse og egg/ m^2 for 1974 og temperatur og utviklingstid for 1975.

også på omkring samme antall (ca. 20.000/m²) mens derimot antallet som vokste fram til kjønnsmodne stadium var av størrelsesorden 6.000 adulte/m² i 1975 mot 3.000 adulte/m² i 1974. Dette viser en markert redusert dødelighet med dobbelt så mange adulte som resultat. Individuell middelvekt av adulte var også i 1975 større enn i 1974, henholdsvis 29 og 22,5 µg/individ.

Diskusjon

De viktigste forklarende faktorer på forskjellene mellom 1974 og 1975 må være:

- A. Bedret ernæringsforhold etter gjødslingen fra 1. juli 1975.
- B. Høyere middeltemperatur i epilimnion i 1975 spesielt i juli og halve august.
- C. Økt predasjon i 1975 fra juli måned.

Sammenhengen mellom biomasse og produksjon hos zooplanktonet og de to førstnevnte faktorer framgår av figur 3 mens predasjon er beskrevet under avsnittet om fisk.

Da predasjonstrykket i 1975 fra røye har økt ihvertfall fra juli skulle heller dette ha gitt motsatte effekter på de sterkest utsatte populasjoner (Brook 1971, Milbrink 1971). Med hensyn til predasjonstrykket fra stingsildpopulasjonen er dette mer usikkert, men det antas at dette er noe redusert.

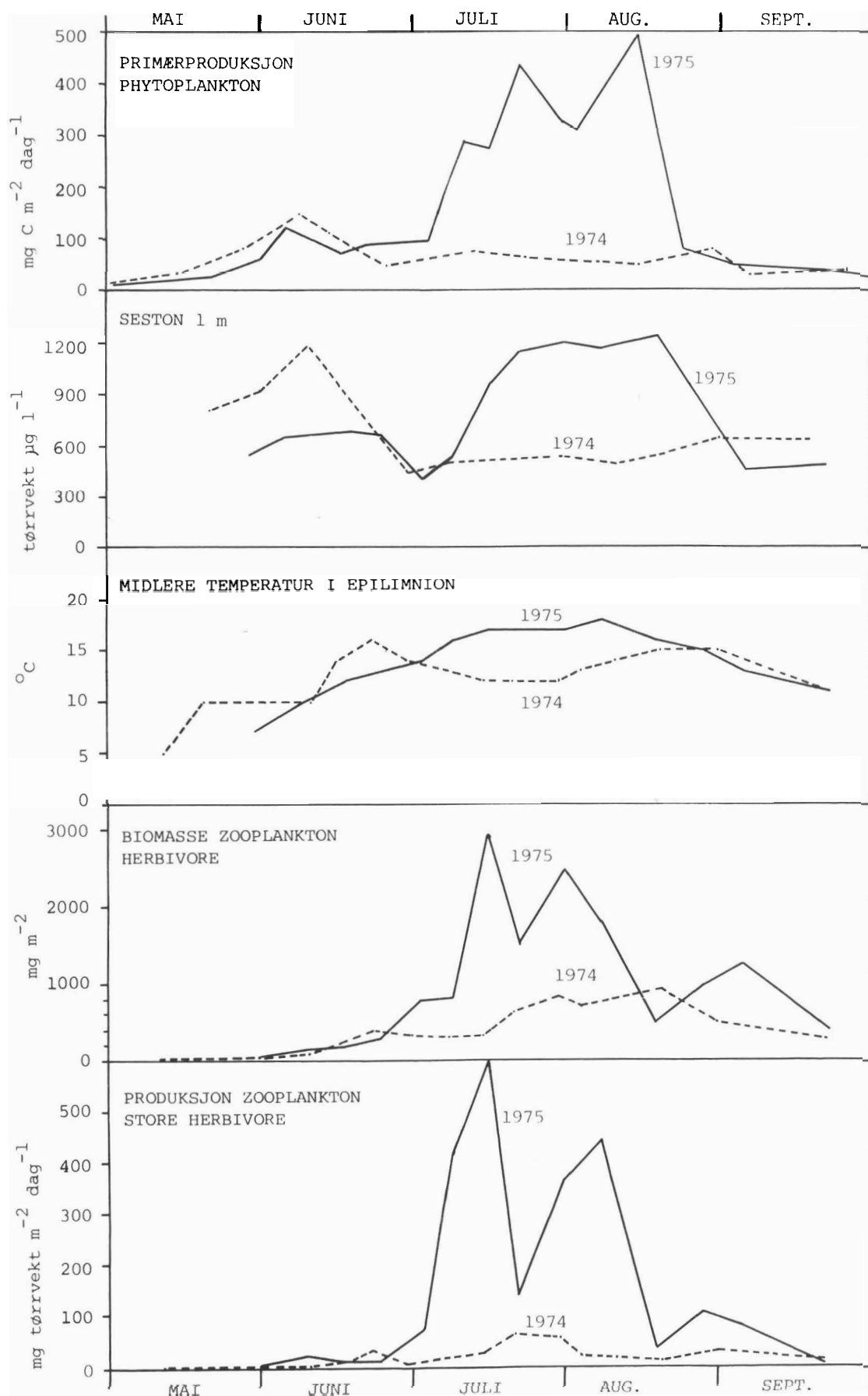
Temperaturøkningen i 1975 kan sannsynligvis forklare noe av den økte produksjon. Med utgangspunkt i data for 1974 for *Holopedium gibberum* og temperaturdata fra 1975 ble det foretatt en beregning av forventet produksjon. Dette ga en 20% forventet høyere produksjon i 1975 i forhold til 1974. I den tidligere refererte undersøkelse av Patalas (1970) viste resultatene at en temperaturforskjell på ca. 6°C doblet produksjonen hos herbivore zooplankton, men påvirket ikke middelbiomassen. Den senere oppvarming av vannet i 1975 i juni synes å ha forsinket biomasseutviklingen hos de små herbivore (viktigst rotatoriene) med ca. 10 dager, men ingen forskjell i størrelsen av forsommertoppen (figur 1). Derimot ble det registrert en ny større biomassetopp i slutten av august og september 1975, da var temperaturforholdene like begge år (figur 1 og 3).

Det synes derfor som den høyere temperatur i 1975 kan ha forårsaket en produksjonsøkning på 20-100% hos de store herbivore, men forskjellen i produksjon 1974 og 1975 hos disse var på over +400%. Patalas undersøkelser (1970) tyder på at den økte middelbiomasse i ubetydelig grad

kan forklares ved forskjellen i temperatur.

Som en foreløpig konklusjon må da de betydelig bedre ernæringsforhold for zooplankton i 1975 være den viktigste faktor i å forklare den økte biomasse og produksjon i 1975 i forhold til 1974. At fødetilgangen av planktonalger var mye bedre i 1975 enn i 1974 framgår av figur 2, og avsnittene i denne rapport om planteplankton og primærproduksjon.

Planteplanktonet besto hovedsaklig av små alger (nannoplankton) som er lett tilgjengelig føde for Cladocerene allerede mens algene er levende. Bare i en prøveserie 30.7.1975 ble det observert en ubetydelig del håvplanteplankton av alger større enn 45 μm . Rotatoriene lever av bakterier og mikroskopiske små partikler. Algene må derfor dø og delvis nedbrytes før de blir tilgjengelig føde for disse dyr. Effekten på disse dyr må derfor forventes å være faseforskjøvet i tid i forhold til tiden når algene er produsert, sammenlign her utviklingen av små herbivore høsten 1975 (figur 1).



Figur 3. Primærproduksjon (etter Reinertsen, se s.), seston (partikulært organisk stoff), midlere temperatur i epilimnion, biomasse og produksjon av zooplankton i Langvatn 1974 og 1975.

Litteratur

- Allen, K. R. 1951. The Horokiwi Stream. A study of a trout population. *New Zealand Marine Department Fisheries Bulletin no. 10.*
- Brooks, J. L. 1969. Eutrophication and changes in the composition of the zooplankton. I *Eutrophication: Causes, consequences, correctives*. National Academy of Sciences, 1969, s. 236-255.
- Carpenter, J. H. 1965. The accuracy of the winkler method for dissolved oxygen analysis. *Limnol. Oceanogr.* 10-1965:135-140.
- 1965. Notes and comment. *Limnol. Oceanogr.* 10-1965:141-143.
- Cummins, K. W., R. R. Costa, R. E. Rowe, G. A. Moshiri, R. M. Scanlon & R. K. Zajdel. 1969. Ecological energetics of a natural population of the predaceous zooplankter *Leptodora kindtii* Focke (Cladocera). *Oikos* 20:189-223. København 1969.
- Hall, D. J. 1964. An experimental approach to the dynamics of a natural population of *Daphnia galeata mendotae*. *Ecology*, 45(1):94-112.
- Herzig, A. Some population characteristics of planktonic crustaceans in Neusiedler See. *Oecologia*, 1974, 15(2):127-141.
- 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.
- Latja, R. 1974. Pääjärven eläinplankton. *Luonnon Tutkija* 78(4-5), 1974: 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. Mass.* 1970:267-271.
- Winberg, G. G. 1971. *Methods for the estimation of production of aquatic animals*. Acad. Press 1971: 175 pp.
- Winberg, G. G., K. Patalas, J.C. Wright, A. Hillbricht-Ilkowska, W.E. Cooper & K.H. Mann. 1971. Methods for calculating productivity. I *IBP Handbook No 17*.
- Wright, J. C. The population dynamics and production of *Daphnia* in Canyon Ferry Reservoir, Montana. *J. Limnol. Oceanogr.* 10, 1965: 583-590.

ZOOPLANKTON I MÅLSJØEN

Arne Jensen

Innledning

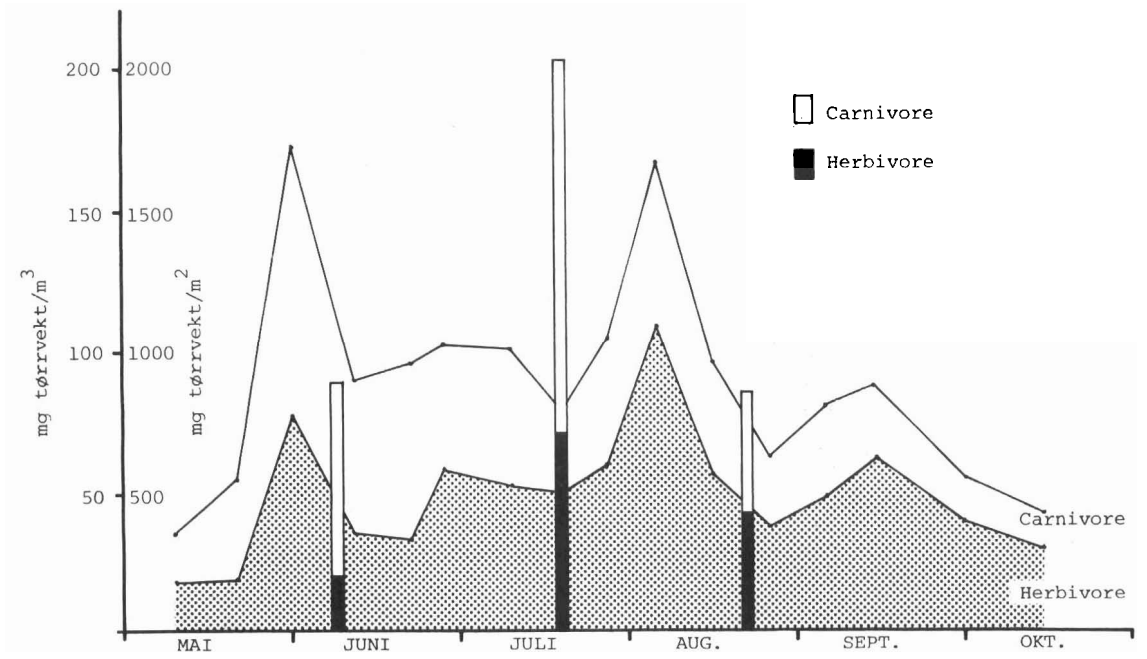
Tetthetsvariasjoner i zooplanktonsamfunnet i 1974 er beskrevet tidligere (Langeland et al. 1975). I 1975 ble det tatt 3 prøveserier. Disse er benyttet til å sammenligne mengden av zooplankton i vatnet og utviklingen av planktonsamfunnet i tid med resultatene fra 1974.

Biomasse i 1974

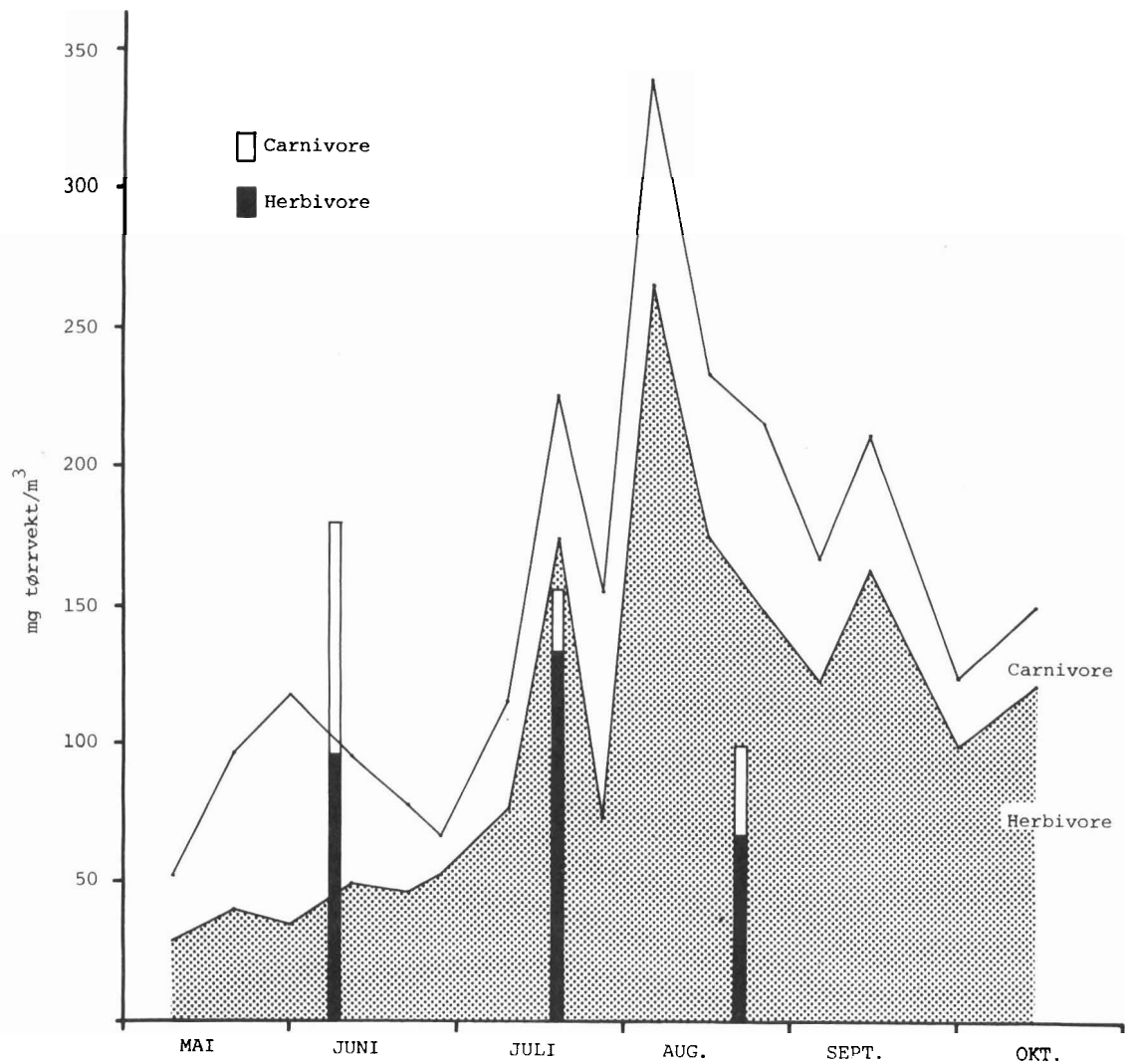
Total biomasse (mg tørrvekt pr. m³) for pelagisk sone og littoralsonen er vist i figur 1 og figur 2. I pelagisk sone økte biomassen raskt etter isløsning til en topp i slutten av mai. Denne toppen skyldes vesentlig copepodene *Cyclops scutifer* og *Arctodiaptomus laticeps*. I juni og juli lå biomassen på rundt 90 mg/m³. Det ble en ny topp først i august. Ingen arter dominerte. Deretter avtok biomassen jevnt utover høsten. I gjennomsnitt for alle serier var biomassen 87 mg tørrvekt pr. m³ (870 mg tørrvekt pr. m² over vatnets dypeste partier).

I littoralsonen ble det registrert en liten topp i biomassen i slutten av mai, dominert av copepoder. Etter en nedgang i juni økte biomassen til en ny topp først i august. Biomassen, som da var på 340 mg/m³, besto vesentlig av *Bosmina longispina*, *Holopedium gibberum* og *Heterocope appendiculata*. Biomassen avtok deretter utover høsten. I alle prøveserier i juli, august, september og oktober var biomassen pr. volumenhet høyere i littoralsonen enn i pelagisk sone. I gjennomsnitt for alle serier var biomassen i littoralsonen 153 mg tørrvekt pr. m³.

Figur 1 og 2 viser også fordelingen av herbivore og carnivore i prøvene. Biomassen av carnivore utgjøres vesentlig av copepodene *H. appendiculata* og *C. scutifer*. I begge soner ble høyeste biomasse av carnivore registrert 31.5.



Figur 1. Biomassen i pelagisk sone i 1974 og tre datoer i 1975 (stolper).



Figur 2. Biomassen i littoralsonen i 1974 og tre datoer i 1975 (stolper).

Biomasse i 1975

Figur 1 og 2 viser biomassen tre datoer i 1975 i de to sonene, og fordeling av herbivore og carnivore.

Mengden av herbivore i pelagisk sone var omtrent som i 1974. Gjennomsnittet for de tre prøvene var 7% høyere enn for prøver tatt på samme tid i 1974. Mengden av carnivore var imidlertid langt høyere (134%), noe som vesentlig skyldes at dominerende art i pelagisk sone, *C. scutifer*, hadde ca. 5 ganger så høy tetthet i 1975 som i 1974.

I littoralsonen var det stor forskjell i biomasse de to årene. Høyest biomasse i 1975 ble registrert i juni, mens toppen ble registrert i august i 1974. Biomassen i august 1975 var halvparten av biomassen på samme tid i 1974.

Biomassen av herbivore var i juni 1975 dobbelt så høy som året før. De fleste artene lå på samme nivå de to årene, mens den økte biomassen i 1975 skyldtes *H. gibberum* med 5 ganger og *A. laticeps* med 18 ganger så høy biomasse som året før. Den høye biomassen av *A. laticeps* skyldes vesentlig at utviklingen av planktonsamfunnet var kommet kortere i juni 1975 enn på samme tid i 1974 (se nedenfor). Biomassen av *A. laticeps* var høyest i mai i 1974.

Biomassen av herbivore var omtrent den samme i juli begge år, mens den i august 1975 var det halve av i 1974. Samtlige arter hadde mindre biomasse enn på samme tid i 1974.

De carnivore hadde høyere biomasse i littoralsonen i juni 1975, mens biomassen i juli og august var halvparten av året før. I juni ble det registrert store mengder av *C. scutifer*, og det er disse som står for den økte biomassen. *H. appendiculata*, som normalt dominerte biomassen av carnivore i littoralsonen, hadde alle prøveserier i 1975 under halvparten av biomassen i 1974.

I pelagisk sone er forholdene langt mer homogene enn i littoralsonen, og dette har slått ut i jevnt over sikrere estimering av middelveidier i denne sonen. Større usikkerhet i beregningene av tetthet og biomasse i littoralsonen kan være en av årsakene til de store uoverensstemmelsene i denne sonen.

Utvikling i tid

Temperaturen i Målsjøen var i mai og juni 1975 lavere enn på samme tid i 1974. Dette gjorde at utviklingen av planktonsamfunnet i denne tiden gikk saktere i 1975 enn i 1974. Tidsdifferansen ble lettest funnet ved å sammenligne utviklingen av copepodenes forskjellige stadier.

8. juni 1975 var *H. appendiculata* kommet 14 dager senere i utvikling enn året før, *A. laticeps* og *C. scutifer* 10 dager senere.

18. juli var *H. appendiculata* fortsatt 14. dager forsinket, *A. laticeps* ca. 10 dager forsinket, mens det er vanskelig å si noe om *C. scutifer*.

I juli og august 1975 var temperaturen i Målsjøen høyere enn året før. Dette resulterte i at *H. appendiculata*, som har en raskere utvikling enn de øvrige copepodene, den 21.8. var 13 dager tidligere utviklet enn i 1974. *C. scutifer* var kommet omtrent like langt som i 1974.

Av cladocerene var *Diaphanosoma brachyurum* og *Daphnia longispina* 21.8. kommet lenger i 1975 enn i 1974, mens det ikke kan sies noe om de andre artene.

Sammendrag

Biomassen pr. volumenhet var høyere i littoralsonen enn i pelagisk sone. Det var to topper, en vårtopp i mai og en sommertopp i august. I 1974 var gjennomsnittlig biomasse 153 mg tørrvekt pr. m³ i littoralsonen og 87 mg/tørrvekt pr. m³ i pelagisk sone.

I 1975 var biomassen av herbivore i pelagisk sone 7% høyere enn året før, mens biomassen av carnivore var 134% høyere. Den store biomassen av carnivore skyldes at tettheten av *Cyclops scutifer* var 5 ganger så høy i 1975 som i 1974.

I littoralsonen var det mindre overensstemmelse mellom biomassen de to årene.

På grunn av store temperaturforskjeller i vatnet var det ikke full overensstemmelse mellom artenes utvikling i tid de to årene. I juni 1975 var artene kommet 10-14 dager kortere enn året før. Også i juli lå planktonsamfunnet etter i forhold til i 1974. Men i august var det stort sett kommet litt foran.

Litteratur

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*, 65 s.

FISKEPOPULASJONER I LANGVATN

Arnfinn Langeland

Undersøkelsene av røye og ørret fortsatte i 1975 på samme måte som tidligere (Langeland m. fl. 1975). Undersøkelsene ble konsentrert om merke- og gjenfangstforsøk for å estimere populasjonenes størrelse, ernæringsstudier, vekst- og aldersanalyser. Prøvefisket foregikk i 6 perioder som framgår av figur 3.

Populasjonstetthet

Resultatene fra merke- og gjenfangstforsøkene framgår av tabell 1 og 2. At ørretårsklassen 1972 nå ved begynnelsen av den 4. vekstsesong er redusert til $\hat{N} = 295$ ørret stemmer godt med resultatene fra 1974 på $\hat{N} = 478$ ørret. Dette gir en dødelighet i det 3. leveår på 38%. Høsten 1974 ble det satt ut 2000 nye ensomrige ørret av 1974-års-klasse.

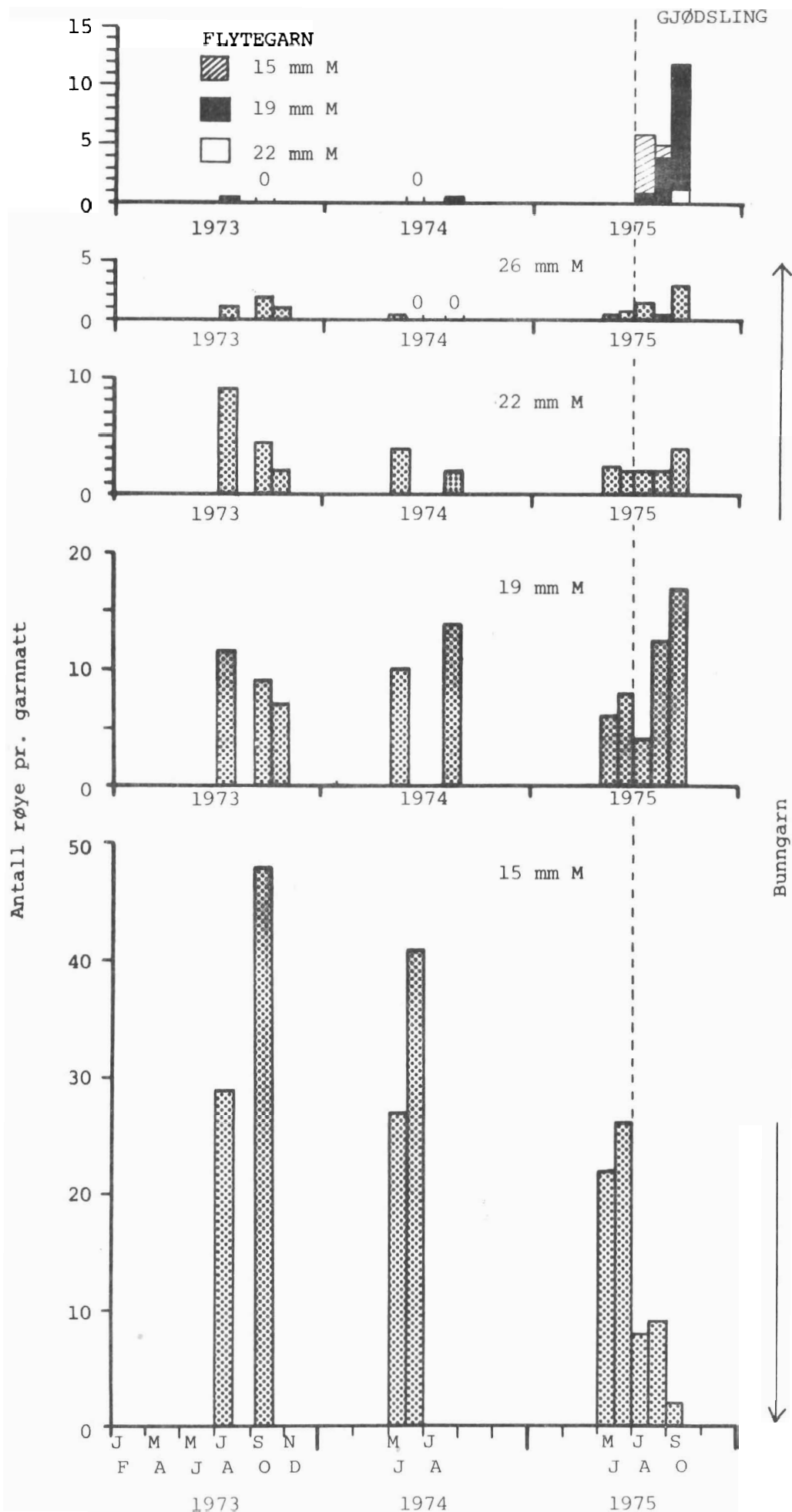
Populasjonen av røye synes ved begynnelsen av 1975 å ha vært av størrelsesorden 6.000-7.000 røye over 16 cm. Dette tyder på en betydelig økning i forhold til året før. Rekrutteringen må ha skjedd fra en yngre årsklasse, hovedsaklig 1971-årsklassen, som sannsynligvis har oppholdt seg på dypere vann i området ved gyteplassen (gyteplassene?) de 3 første leveår. Under prøvefisket i 1975 ble det også fisket med yngelgarn (9 og 12 mm maskevidde) rundt hele vatnet fra 0-20 m dyp uten å finne smårøye (1^+ og 2^+). Under merking av røye i mai 1975 ble som tidligere de fleste røye fanget på 15 mm garn. Dette er som ventet fra tidligere år hvor utbyttet på denne garntype har variert fra 29-48 røye/garnnatt (figur 1). Fra juli 1975 gikk utbyttet på 15 mm, både bunngarn og flytegarn, drastisk ned og var nede i 2 røye/garnnatt under prøvefisket først på september 1975 (figur 1). For å kontrollere at røya nesten "forsvant ut av denne garnstørrelse" ble fisket intensivert med garnsetting rundt hele vatnet med både flytegarn og bunngarn. Det meget lave utbyttet på 15 mm garn i september må ansees å være riktig observasjon. Dette må bety at røya på 15-17 cm lengde fanget i mai i løpet

Tabell 1. Estimering av røyebestanden $\hat{N}$ for lengdegruppen 16-30 cm i Langvatn 1975

Dato	Total fangst	Merket røye	Merket røye tilstede m	c·m	$\Sigma c \cdot m$	Gjen- fangs- ter r	Σr	$\hat{N} = \frac{\Sigma c \cdot m}{\Sigma r}$
	c							
21.5.	97	63	0	0	0	0	0	-
22.5.	130	87	63	0	0	0	0	-
28.5.	27	21	150	0	0	0	0	-
29.5.	49	31	171	8379	8379	2	2	4190
4.6.	55	39	200	11000	19379	0	2	9690
5.6.	73	46	239	17447	36826	1	3	12275
2.7.	28	0	284	7952	7952	1	1	7952
3.7.	58	0	283	16414	24366	1	2	12183
4.7.	33	0	282	9306	33672	1	3	11224
22.7.	31	0	281	8711	42383	4	7	6054
5.8.	45	0	277	12465	54848	0	7	7835
3.9.	92	0	277	25484	25484	8	8	3186
4.9.	69	0	269	18561	44045	2	10	4406
Σ	787		268	135880	135880	20	20	6790

Tabell 2. Estimering av ørretbestanden N (årsklasse 1972) i Langvatn 1975

Dato	Total fangst	Merket ørret tilstede	c·m	Σ c·m	Gjen- fangs- ter	Σ r	$\hat{N} = \frac{\Sigma c \cdot m}{\Sigma r}$
	c	m			r		
21.5.	2	88	176	176	0	0	-
22.5.	5	88	440	616	2	2	308
28.5.	0	88	0	616	0	2	308
29.5.	5	88	440	1056	2	4	264
4.6.	2	88	176	1232	0	4	308
5.6.	5	88	440	1672	2	6	279
4.7.	2	87	174	1846	0	6	308
22.7.	0	87	0	1846	0	6	308
5.8.	3	87	261	2107	1	7	301
3.-4.9.	3	86	258	2365	1	8	295
Σ	27	85		2365		8	295



Figur 1. Utbytte av røye på forskjellige garnstørrelser av bunngarn (4 nederste fig.) og flytegar (øverste) i Langvatn 1973, 1974, 1975. M = maskevidde.

av sesongen, har vokst ut av disse garn og at liten nyrekruttering fra yngelplassene har funnet sted. Dette indikerer igjen at forflytningen av smårøye av 3-åringer fra yngelplassene skjer i løpet av vinteren og i liten grad om sommeren. Merke- og gjenfangstforsøkene om sommeren skulle derfor ikke være beheftet med feil i særlig grad med overestimering av bestand pga. nyrekruttering.

Det mest markerte utslag under prøvefisket i 1975 var en entydig sterk økning i antall røye pr. garnnatt på flytegarn fra juli måned (figur 1). På flytegarnene i juli var det flest røye på 15 mm garn, i august bare et fåtall på 15 mm og ingen i september. Da satt røya i hovedsaken på 19 mm garn (figur 1). Økningen av antall røye på 26 mm bunngarn under det intensiverte prøvefisket i september kan også være signifikant med 3 fisk/garnnatt (figur 1).

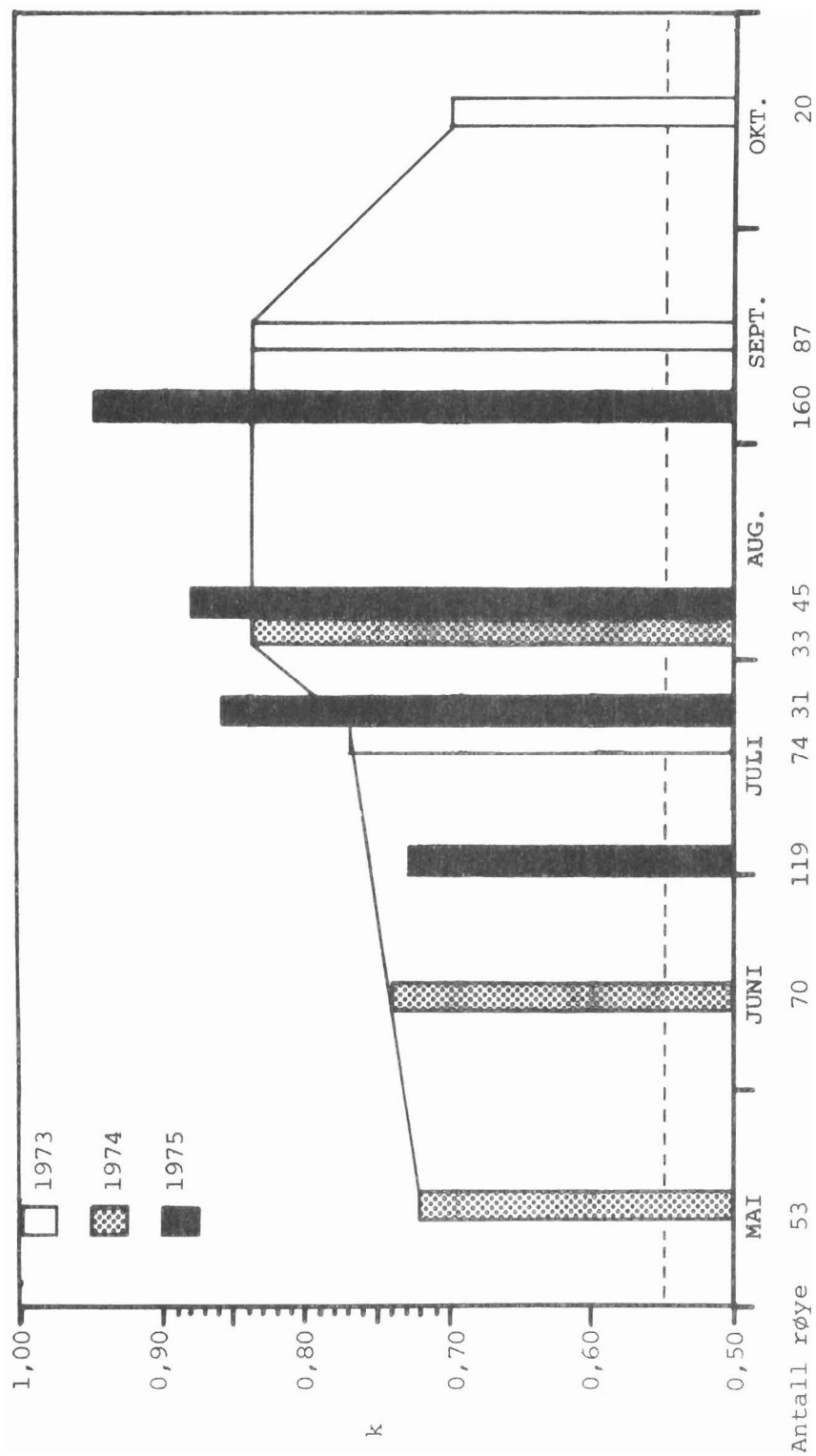
Den sannsynlige forklaring på ovennevnte resultater er 1) at røya klart har endret sin biologi over til å føre et mer pelagisk levesett og 2) at røya fra slutten av juli 1975 har vokst seg for stor til å kunne fanges på 15 mm garn.

Kondisjon

Røyas bedrede kondisjon fra slutten av juli 1975 (figur 2) bekrefter ovennevnte forklaring om markert økt vekst i forhold til 1973, 1974 og framtil månedsskiftet juni/juli 1975. Søyler knyttet sammen med en hel linje viser kondisjonens variasjon gjennom året i de to referanseår 1973 og 1974 (figur 2). Et annet lengdemål av fisken målt fra snute til forbindelseslinjen mellom spissene på halefinne naturlig utstrakt, ville gitt en k-faktor over 1 i september 1975.

De 5 laveste og høyeste k-verdier hos røya i september var: 0,69, 0,80, 0,80, 0,80, 0,82 og 1,10, 1,13, 1,15, 1,16, 1,17.

Ørretens kondisjon i 1975 i middel for hvert prøvefiske, varierte fra 1,03 i juni, 1,05 i juli, 1,12 i august og 1,17 i september. Dette er omtrent som i 1974 (Langeland m. fl. 1975). Gjennomsnittsvekten av 12 ørret fanget i 1975 av årsklasse 1972 var 420 gram. To ørret av 1974-årsklassen på 33 og 40 gram, ble tatt på yngelgarn.



Figur 2. Røyas kondisjon ($k = \frac{W \cdot 100}{l^3}$) i Langvatn 1973, 1974, 1975.

l = total lengde i cm, W = vekt i gram.

Ernæring

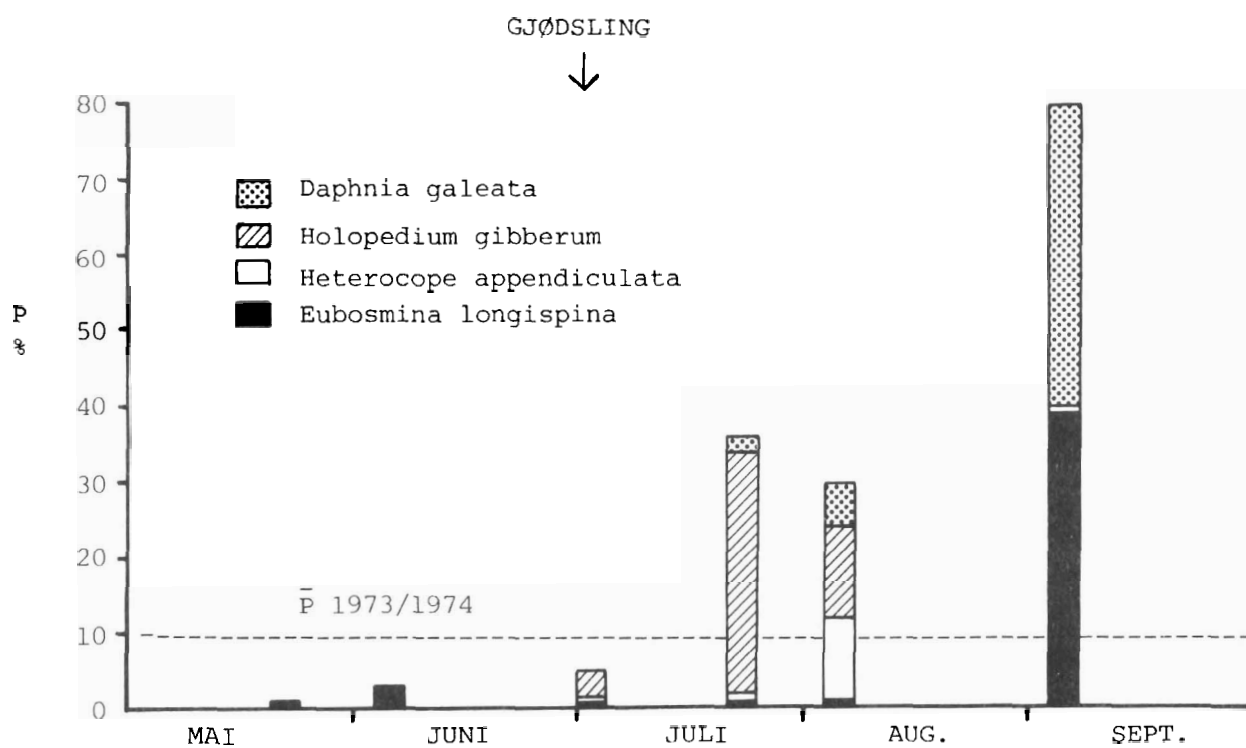
Røyas føde i 1975 i middel fordelt på de forskjellige næringsdyrgrupper var:

Plankton	30	volumprosent
Stingsild	15	"
Luftinsekter	12	"
Snegler	8	"
Fjærmygg (Chironomidae)	7	"
Vårflue- og døgnfluelarver (Trichoptera og Ephemeroptera)	17	"
Marflo (Gammarus lacustris)	7	"
Andre bunndyr	4	"
		100 volumprosent

Dette er omtrent som tidligere år (Langeland m. fl. 1975) med unntak av plankton som har 3 ganger så høy andel i mageinnholdet som i 1974 og 1975. Volumandelen av plankton i mageprøvene over sommeren framgår av figur 3. Dette viser at plankton økte som betydning markert fra midten av juli og var oppe i 80% i septembermaterialet. Den relative andel på de 4 planktonnæringsdyr er i god overensstemmelse med artenes populasjonsutvikling som framgår delvis av avsnittet om zooplankton i denne rapport.

Røyas overgang til et mer pelagisk levesett fra slutten av juli som kommentert tidligere, synes å ha en klar sammenheng med masseutviklingen av *Holopedium gibberum* i juli 1975 og den stadig økende tetthet av *Daphnia galeata* fra slutten av juli 1975. Et pelagisk levesett hos røye synes derfor å være betinget av 1) at planktonnæringsdyrene må finnes i visse minimumsmengder og 2) planktonnæringsdyrene må ha en minstestørrelse. Tetthet og størrelse på dyrene vil her virke motsatt ved at store dyr krever mindre tetthet som grense for pelagisk levesett. Da røya gikk over til et mer pelagisk levesett begynte den også i større grad å beite på planktonkrepsdyr, eks. *Bosmina* som tidligere år ikke ble utnyttet i særlig grad. Endret livsmønster førte derfor også til økt utnyttelsesgrad av produksjonen i innsjøen (økologisk effektivitet).

Ørretens mageinnhold hos 12 fisk besto av 60% stingsild, 25% luftinsekter og 15% vårfluelarver (Trichoptera). Kun i en rekordstor ørret på 1,2 kg (født i 1972!) ble det funnet rester av én fisk som muligens var røye. Det sterke beitetrykket på stingsild i 1974 og 1975 fra ørret må antas å ha virket desimerende på stingsildbestanden. Et subjektivt inntrykk er at det i 1975 var mindre med stingsild å se langs strandsonen enn i 1973.



Figur 3. Volumprosent (P) av plankton i mageinnhold hos røye i Langvatn 1975. $\bar{P}$ er middelerdi for 1973/1974.

Produksjon av ørret og røye

Beregninger av den totale årsproduksjon er beheftet med store usikkerheter først og fremst på grunn av usikkerheten i å estimere populasjonenes størrelse. På grunnlag av Allens metode (Allen 1951, Chapman 1971), de foreliggende resultater fra merke- og gjenfangstforsøkene, populasjonenes aldersfordeling og beregnet gjennomsnittlig vekt pr. individ for de respektive årsklasser, er det foretatt en foreløpig beregning av produksjonen av røye og ørret i Langvatn 1974 og 1975, jfr. også tidligere rapport (Langeland m. fl. 1975). Beregningene for 1974 er også kontrollert ved bruk av en annen metode basert på beregninger av middelbiomassene ($\bar{B}$) og spesifikk veksthastighet (G_v) for hver årsklasse hvor produksjonen for alle årsklasser

$$P = \sum_{i=1}^{10} G_v \cdot \bar{B}, \text{ hvor } i \text{ betyr den enkelte års-}$$

klasse (Chapman 1971). Dette ga meget nær det samme resultat som ved Allen-metoden. Ved beregning av dødelighet de 3 første år er det benyttet tall fra Frost og Brown (1972).

De foreløpige beregninger ga følgende estimerer fra årsproduksjon:

	1974	1975
Røye	250 kg	570 kg
Ørret	60 kg	160 kg

Produksjonen hos ørret i 1975 skyldes den sterke økning i veksthastighet på grunn av god tilgang på næring som i overveiende grad besto av stingsild. Den største ørret fanget av den utsatte 1972-årsklasse, var på 1,2 kg. Den økte produksjon hos røye i 1975 i forhold til 1974 skyldes det større antall fisk (tabell 1) og den økte individtilvekst. Produksjonen av røye i 1975 representerer en økning på 128% i forhold til 1974.

Totalt kan produksjonen i Langvatn anslås til å være av størrelsesorden: 6 kg røye/ha i 1974, 14 kg røye/ha i 1975, 1,5 kg ørret/ha i 1974 og 4 kg ørret/ha i 1975.

Litteratur

- Allen, K. R. 1951. The Horokiwi Stream. A study of a trout population.
New Zealand Marine Department Fisheries Bulletin no. 10.
- Chapman, D. W. 1971. Production. I *IBP Handbook No 3.*
- Frost, W. E. & M. E. Brown. 1967. *The Trout.* Great Britain 1972.
- 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.

