

DET KGL. NORSKE VIDENSKABERS SELSKAB, MUSEET

rapport

ZOOLOGISK SERIE 1975-10

Eksperiment med gjødsling
av en naturlig innsjø

Del I

Arnfinn Langeland

Kirsti Kvittingen

Arne Jensen

Helge Reinertsen

Bjørn Sivertsen

Kaare Aagaard



Universitetet i Trondheim

EKSPERIMENT MED
GJØDSLING AV EN NATURLIG INNSJØ

Del I
Forundersøkelser i
eksperimentsjøen Langvatn og referansesjøen Målsjøen

av

Arnfinn Langeland, Kirsti Kvittingen, Arne Jensen,
Helge Reinertsen, Bjørn Sivertsen, 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 Nydro A.S.

Universitetet i Trondheim

Det Kgl. Norske Videnskabers Selskab, Museet
Laboratoriet for ferskvannøkologi og innlandsfiske (rapport nr. 28)
Trondheim, oktober 1975

ISBN 82-7126-084-7

ABSTRACT

of preliminaries investigations of the fertilization experiment

Langeland, Arnfinn, Kirsti Kvittingen, Arne Jensen, Helge Reinertsen, Bjørn Sivertsen & Kaare Aagaard. 1975. Eksperiment med gjødsling av en naturlig innsjø. Del I. Forundersøkelser i eksperimentsjøen Langvatn og referansesjøen Målsjøen. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1975-10.*

In 1973 an experiment with fertilization of a natural lake was started in Lake Langvatn and Lake Målsjøen. Lake Langvatn was selected for an artificial fertilization and Lake Målsjøen to be used as a reference system.

Its objective is to study the biological effects of an artificial fertilization with increased fish production as the probably terminal effect in the lake ecosystem.

The ratio between the phytoplankton and zooplankton in relation to the loading of plant nutrients, will be used to establish critical levels for the stability and tolerable conditions of oligotrophic lake ecosystems.

The lakes selected are thus representative for oligotrophic lakes in coniferous forest areas, and inhabited by the common species of fish (*Salmo trutta* and *Salvelinus alpinus*) in northern and western Norway.

In 1973 and 1974 most of the effects were put into finding natural levels and variations of parameters in the lakes. Special attention will be paid to changes on the dynamics of the phytoplankton, the zooplankton, the profundal benthos and the fish. The preliminary results of this are presented below.

The first fertilization will take place in 1975.

1. The lakes are located in the middle of Norway about 3 metric miles south of Trondheim. Lake Langvatn lies in deep moraine deposits from the glacial activity and have no visible outlet. The hydrological observations show a great outflow through the grounds, estimated to be about $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$. This gives a theoretical mean renewal time of 5,2 year.

The bedrock in the drainage area of both lakes consists of sediments from cambro-silur. The climate is atlantic with a yearly precipitation of about 800 mm. Chemical parameters to characterize the water quality are shown in table 2 and 4 (chapter one). Lake Målsjøen has a higher content of lime and humic substances than the neighbouring Lake

Langvatn. Lake Langvatn is a deep lake, max. depth 55 m, with a small littoral zone while Lake Målsjøen is a shallow lake max. depth 13 m with great littoral zone.

Because Lake Langvatn has no inlet from other lakes or ponds and only outlet through the grounds, the lake may be characterized as a closed ecosystem with respect to populations of phytoplankton, macrophytes, zooplankton, most species of bottomfauna, and fish. The lake may be looked upon as a great experimental aquarium where inflow and outflow of such organisms can be neglected.

2. The phytoplankton in Lake Langvatn is dominated by nanoplanktonic species of algae. In the spring maximum the phytoplankton was dominated by chrysophyceae while chlorophyta became more predominant in summer. The autumn maximum was dominated by cyanophyta. The quantitative and qualitative composition of the phytoplankton indicated a typical oligotrophic lake dominated by chrysophyceae.

3. The primary production in the limnetic zone in both lakes was investigated with the ^{14}C -method. Maximum production in Lake Langvatn was recorded 8. June with $155 \text{ mg C/m}^2 \text{ day}$ and in Lake Målsjøen 14. May with $85 \text{ mg C/m}^2 \text{ day}$. The lower utilization of the radiation energy, indicated by the ratio between assimilated and radiated energy, 0,22% in Lake Målsjøen against 0,34% in Lake Langvatn is assumed to be caused by the higher humic content. The mean production per m^3 was highest in Lake Målsjøen while a calculation of production per m^2 gave a higher value in Lake Langvatn. Total production for the period May-October was for Lake Langvatn calculated to 11 g C/m^2 and 8 g C/m^2 in Lake Målsjøen.

4. The zooplankton biomass in Lake Langvatn was dominated by the cladocera species, *Holopedium gibberum* and *Eubosmina longispina*. Maximal biomass, reached in late July, was calculated to be about $900 \text{ mg dry weight/m}^2$. The rotifers constituted only a minor part of the biomass.

In Lake Målsjøen the number of cladocera, mainly *Diaphanosoma brachyurum*, *Holopedium gibberum*, *Eubosmina longispina*, and *Daphnia galeata*, was much higher in the littoral zone compared with the pelagic zone. The number of zooplankton individuals per m^2 surface was a little higher in Lake Langvatn than in Lake Målsjøen. Both *Daphnia galeata* and *Daphnia longispina*, common species in Lake Målsjøen, were recorded only occasionally in Lake Langvatn. The number of zooplankton species recorded was highest in Lake Målsjøen.

The carnivore species *Heterocope appendiculata* and *Cyclops scutifer* were common in both lakes.

5. Only the profundal-benthos was investigated in the lakes. This community in Lake Langvatn consisted mostly of larvae of Chironomidae and some individuals of Oligochaeta.

A small number of individuals were recorded in Lake Langvatn ($100-200/m^2$) compared with Lake Målsjøen ($1000-2000/m^2$) and other lakes in the region. The quantitative and qualitative composition of the profundal-benthos indicate that Lake Langvatn is an pronounced oligotrophic lake.

6. Two selfreproductive species of fish inhabited Lake Langvatn, the char (*Salvelinus alpinus*) and the stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). In the autumn 1972 Lake Langvatn was stocked with 3000 hatchery-produced trout born the last spring. Mark- and remarkinvestigations in 1974 was indicated the number of trouts to be about 500 and 3000 char above a length of 16 cm.

The char population may be characterized as overpopulated compared with the available food with a very low growth rate. After one year the trout gradually changed diet to fish food, mainly stickleback wich caused a great increase in the growth rate. Observations indicate the sticklebacks to be pelagic much of the time.

The char feed mostly on bottom animals, mainly larvae of Trichoptera and sticklebacks while the zooplankton constituted about 10% of the stomach content. Larvae of Trichoptera and sticklebacks were the main food items of the trout.

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

Kirsti Kvittingen, University of Trondheim, College of Arts and Sciences, Botanical Institute, 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.

Bjørn Sivertsen, University of Trondheim, College of Arts and Sciences, Zoological Institute, N-7000 Trondheim.

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

INNHOLD

ABSTRACT

ABIOTISKE FORHOLD I LANGVATN OG MÅLSJØEN	7
Langvatn	7
Målsjøen	21
Litteratur	23
PHYTOPLANKTON I LANGVATN 1974	24
Artsliste	24
PRIMÆRPRODUKSJON I LANGVATN OG MÅLSJØEN.....	28
Stasjoner og metode	28
Resultater og vurdering	28
Litteratur	31
ZOOPLANKTON I LANGVATN 1974.....	32
Innledning	32
Metodikk	32
Resultater	33
Litteratur	36
ZOOPLANKTON I MÅLSJØEN 1974	37
Innledning	37
Metodikk	37
Resultater	38
Diskusjon	45
Litteratur	45
PROFUNDALBENTHOS I LANGVATN 1974	46
FISKEPOPULASJONER I LANGVATN.....	49
Innledning	49
Metodikk	49
Resultater.....	51
Litteratur	65

ABIOTISKE FORHOLD I LANGVATN OG MÅLSJØEN

Helge Reinertsen

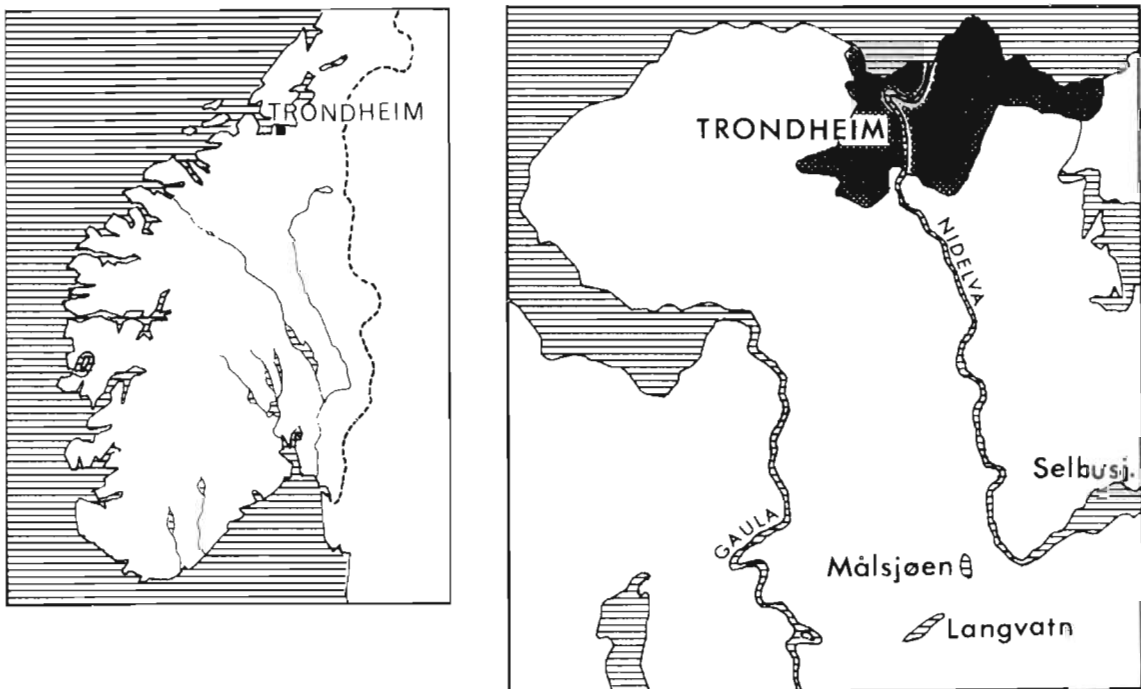
og

Arnfinn Langeland

Langvatn

Beliggenhet og geologi

Både eksperimentsjøen (Langvatn) og referansesjøen (Målsjøen) ligger ca. 3 mil sør for Trondheim, $63^{\circ} 14' N$ og $10^{\circ} 25' \text{Ø}$ (fig. 1 og 2). Avstanden mellom innsjøene er mindre enn 2 km og innsjøene har forskjellige nedslagsfelt (fig. 2).



Figur 1. Beliggenhet av undersøkelsesområdet.

Langvatn er omgitt av intensivt drevet granskog med innslag av løvskog i hogstfeltene i den bratte lia på nord-vestsida av vatnet. Langvatn har ikke jordbruksområder og bare et ubetydelig antall hytter i nedslagsfeltet.

Berggrunnen i området består av skifrige kambro-siluriske sedimentbergarter. Viktigst for de geologiske forhold rundt Langvatn er at innsjøen ligger i mektige morenemasser avsatt under istidens senere del (fig. 2). Det er geologisk dokumentert at Selbusjøen, over 50 km^2 og beliggende øst for området, hadde sitt gamle utløp sørover gjennom Kaldvelladalen ned i elva Gaula (Vogt 1916, fig. 2). Morene- og terrasseavleiringer demmet opp og dannet Selbusjøen slik den er i dag og tvang den nedre del av elva over i nytt løp nordover gjennom et trangt pass ved Trangfoss. Jordboringer like sør for Langvatn har vist at de transporterte grus-, sand- og leiravsetninger er av stor mektighet, opp til 140 m tykke (Friis 1898, Vogt 1916). Morenemassenes underlag antas å bestå av marine leiravsetninger fra tiden da havet sto inn over landområdet som da lå 185 m lavere enn idag (Vogt 1916). Langvatn ligger i dag på 168 m.o.h.

Nedbørsområde og hydrologi

Morfometriske data for Langvatn er gitt i tabell 1 nedenfor.

Tabell 1. Morfometriske data for Langvatn

Høyde over havet:	168 m	Overflate:	$0,43 \text{ km}^2$
Volum:	$7,86 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Maksimal dyp:	55 m
Total nedslagsfelt:	$6,86 \text{ km}^2$		

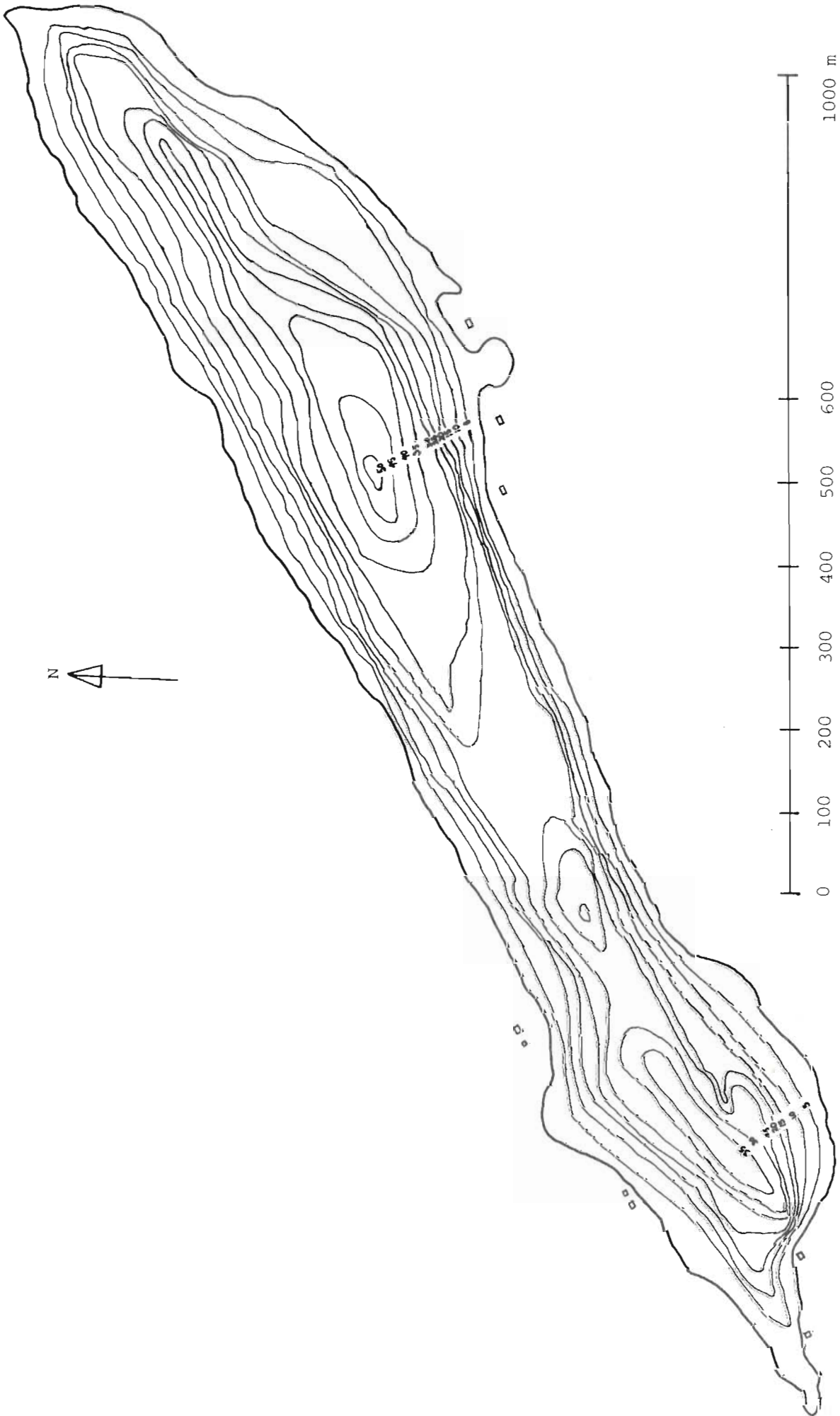
Dybdekart og batygrafisk kurve for Langvatn er framstilt i fig. 3 og 4. Epilimnions utstrekning ved 0-5 m er på $1,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (24% av hele volumet), mens arealet mellom 0-5 m er på 8,5 ha (20%) av hele innsjøens areal.

Langvatn har ikke noe synlig utløp, men vannstandsobservasjonene (fig. 5) viser at betydelige vannmengder føres ut av Langvatn gjennom grunnen, jfr. de tidligere omtalte sand- og grusmasser som innsjøen ligger i. Vatnet renner gjennom grunnen sørvestover og ut i elva Kaldvella (fig. 2).

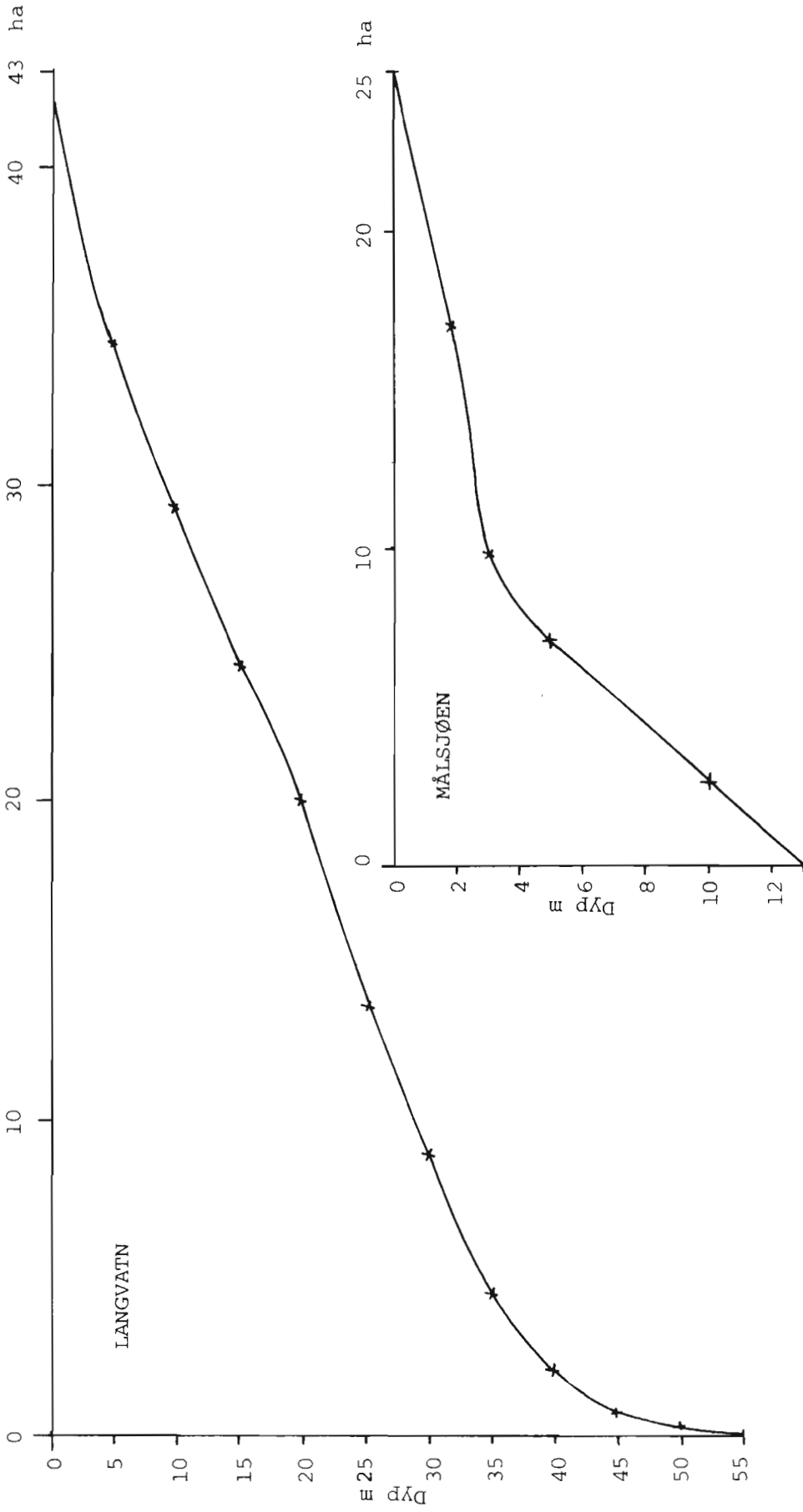


Figur 2. Undersøkellesområdet med prøvetakingstasjoner.

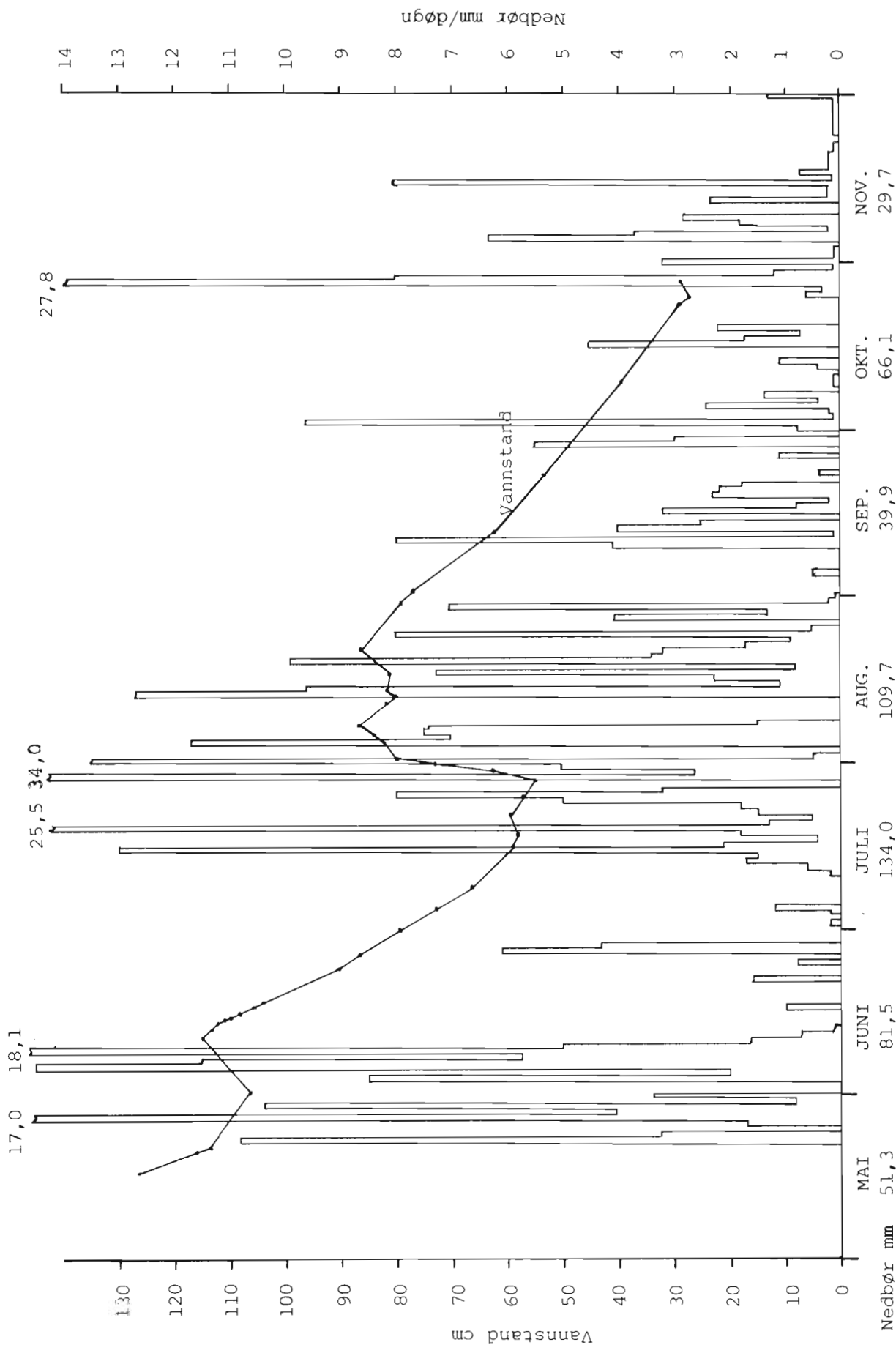
□ nedslagsfelt ▨ moreneavsetninger ■ myr



Figur 3. Langvatn med dýbdekoter på 5 meter.



Figur 4. Batygrafisk kurve (forholdet mellom areal og dyp) for Langvatn og Målsjøen.



Figur 5. Vannstandsmålinger i Langvatn og nedbør 1974. Nedbøren (søyler) i mm/døgn. Månedsnedbør i månedene januar, februar, mars, april og desember var henholdsvis 68,2 - 28,5 - 4,3 - 106,8 - 14,8.

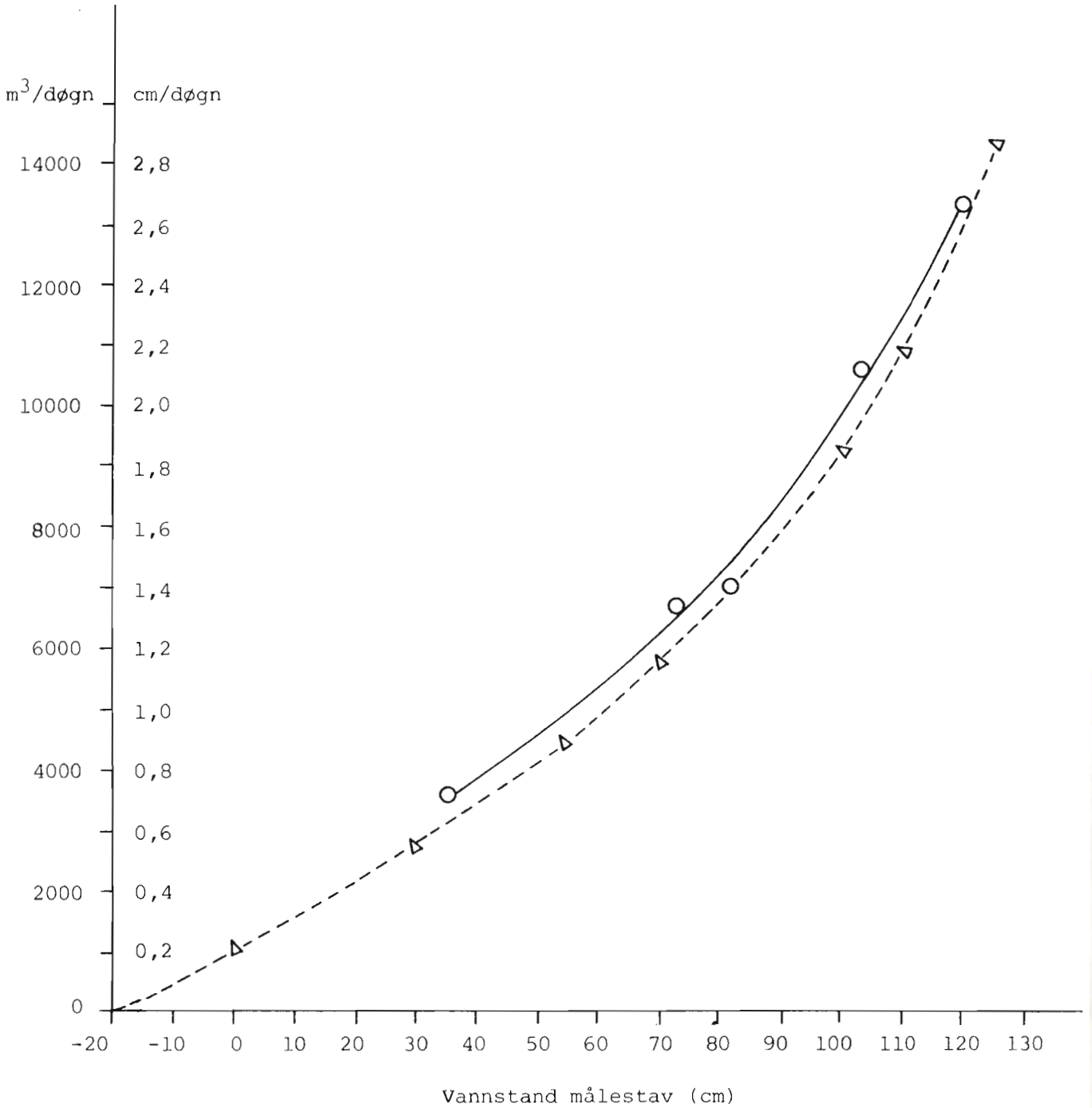
Total nedbør 1974: 814,8 mm = 8148 m³/ha.

Denne elva samler vatnet fra de omtalte morenemassene i Kaldvelladalen. Ovenfor stasjon 5 (fig. 2) finnes flere grunnvannskilder. Vannføringen i Kaldvella ved stasjon 5 ble den 20.6.74 anslått til ca. 300 l/sek. mot <10 l/sek. ved stasjon 4. Nedbøren i sommerhalvåret er framstilt i fig. 5 sammen med vannstandsvariasjonene. På grunn av området's spesielle geologi er det klart at den østlige del av nedslagsfeltet på 344 ha dreneres i hovedsaken gjennom grunnen. Moatjern (fig. 2) har heller ikke noe synlig overløp. Bare ved flom renner noe vatn ut fra Moatjern og ned i Langvatn.

Denne flombekken er observert bare å ha ført vatn to ganger i 1974, under snøsmeltingen i april-mai og noen få dager etter det kraftige regnværet i juli (fig. 5). I det bratte lendet på nordvestsida renner nedbøren raskt av og de 3 små tilløpsbekker var delvis uttørket eller førte små mengder vatn i perioder uten nedbør. Totalt er avrenningen i nedbørfrie perioder anslått til maksimalt å være av størrelsesorden 10 l/sek. ($864 \text{ m}^3/\text{døgn}$).

Avrenningen fra Langvatn blir avhengig av trykket som presser vatn gjennom grusmassene. På grunnlag av nedbørfrie perioder, anslått til renning i de tildels tørrlagte tilløpsbekker i disse periodene, synkehastighet av vannstanden i cm og volumberegninger mellom forskjellige vannstandsnivåer, er nevnte sammenheng beregnet og framstilt i fig. 6. Ut i fra dette er avrenningen estimert til å være av størrelsesorden $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ eller i mengder tilsvarende vatn fra 0-4 m dyp. Teoretisk oppholdstid for vannmassene blir da 5,2 år. Den totale nedbør i 1974 var 814,8 mm (Norges Meteorologiske institutt pers. medd.) som gir $5,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ på hele nedslagsfeltet. Dette gir en effektiv avrenning på bare 27% som primært forklares ved drenering gjennom grunnen som tidligere kommentert og absorpsjon og fordampning i vegetasjon og jord.

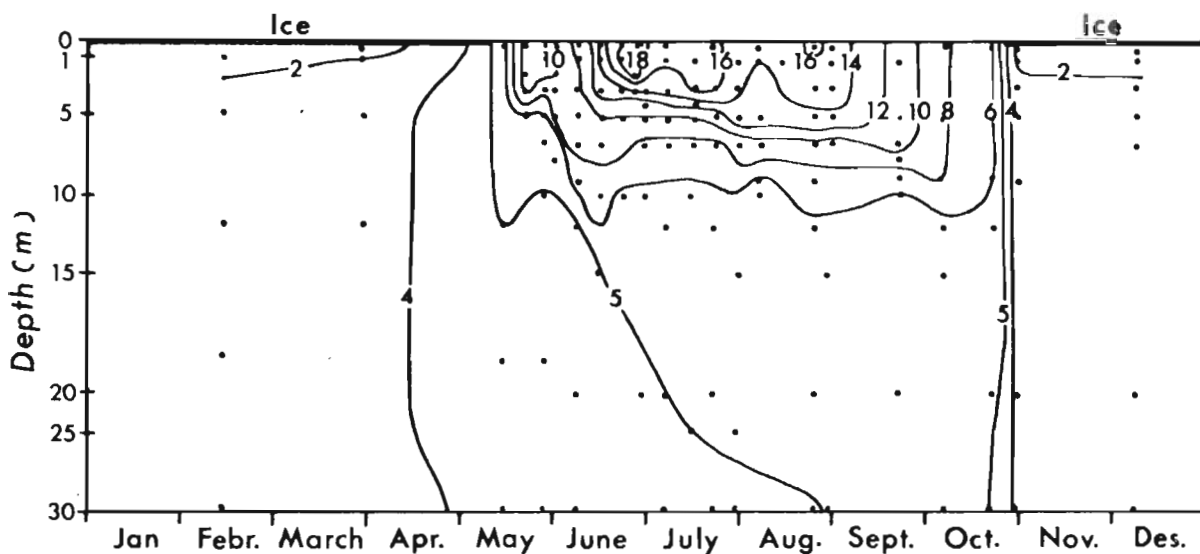
At Langvatnet ikke har noe synlig overløp, men at vannmassene filtreres gjennom grunnen, gjør at vatnet kan betraktes som et lukket biologisk system med hensyn på populasjoner av makrovegetasjon, planteplankton, zooplankton, de fleste bunndyr og fisk. I populasjonsestimater er det således ikke nødvendig å ta hensyn til tilførsler og utførsler av organismer. Bassenget (Langvatnet) kan betraktes som et stort akvarium med hensyn på de nevnte samfunn.



Figur 6. Sammenhengen mellom avrenning (○—○: cm/døgn og ▽---▽: m³/døgn) og vannstands nivå i Langvatn. Antatt grunnvannsnivå: - 20 cm, vannstand 0 = 168 m.o.h.

Temperatur

Temperaturforløpet i Langvatn i 1974 er vist med isopletdiagram i fig. 7.



Figur 7. Temperaturforholdene i Langvatn 1974.

Høyeste overflatetemperatur i mai ble målt til $11,3^{\circ}\text{C}$ den 20. mai, 11 dager etter isløsningen. Etter en mindre nedkjøling i månedsskiftet mai-juni, ble det under temperaturstigningen i juni dannet et markert sprangsjikt i området 3-5 meter. Høyeste overflatetemperatur i undersøkelsesperioden ble målt til $18,4^{\circ}\text{C}$ den 24. juni. I etterfølgende periode fram til midten av september lå temperaturen i epilimnion mellom 14 og 17°C . Fullsirkulasjon fant sted i siste del av oktober.

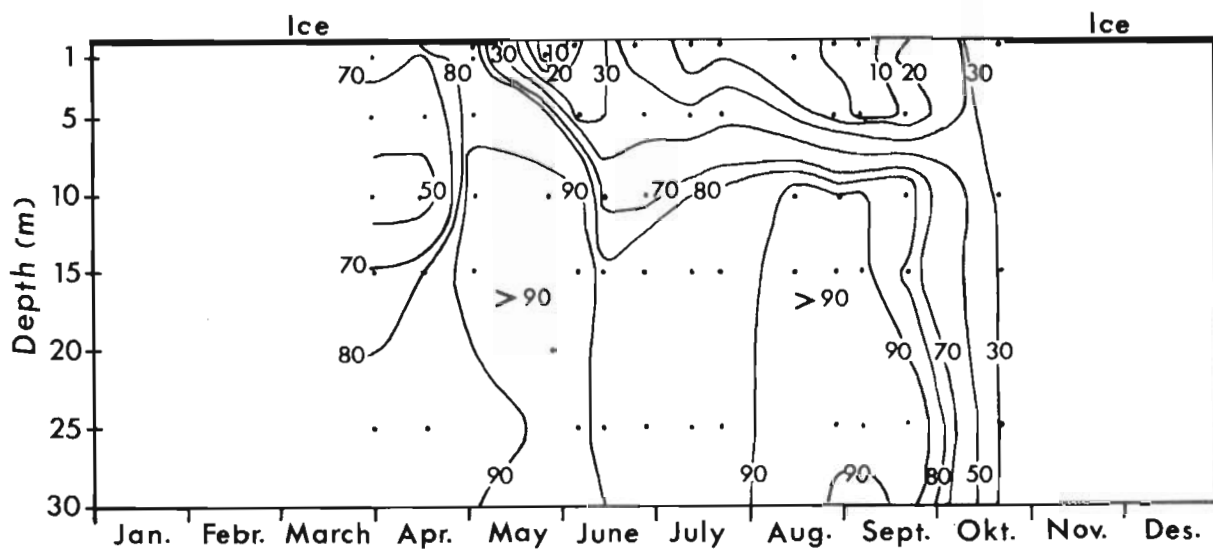
Nitrat og orthofosfat

Oversikt over $\text{NO}_3\text{-N}$ -målinger er vist med isopletdiagram i fig. 8. Prøveserien 3. mai, 6 dager før isløsningen, ga $\text{NO}_3\text{-N}$ -verdier mellom 85 og 100 $\mu\text{g/l}$ på prøvedypene ned til 15 meter. Første prøveserie etter isløsningen viste nitratinnhold under 10 $\mu\text{g/l}$ i overflatevatnet, men epilimnionverdiene lå fram til slutten av august ellers mellom 10 og 40 $\mu\text{g/l}$, med laveste verdier på 0,2 meter. Rundt månedsskiftet august-september var epilimnionverdiene lavere enn 10 $\mu\text{g/l}$.

Under fullsirkulasjonsperioden i oktober viste prøvene $\text{NO}_3\text{-N}$ -innhold

mellom 32 og 40 $\mu\text{g/l}$ i vannmassene. Hypolimnionverdiene lå i hele prøveperioden mellom 70 og 100 $\mu\text{g/l}$.

Orthofosfatinnholdet var ved alle 15 prøveseriene lavt. Det varierte fra spor av $\text{PO}_4\text{-P}$ til maksimalt 5 $\mu\text{g/l}$.



Figur 8. Isopletdiagram for NO_3 i Langvatn 1974.

Generelle kjemiske parametre

En del kjemiske analyser til karakterisering av vatnet i Langvatn, dam ved Langvatn (st. 6) og Kaldvella (fig. 2) framgår av tabell 2.

Tabell 2. Kjemiske forhold i Langvatn og Kaldvella fra 17.7.73, 20.6.74 og 21.9.74

Parametre	Benevning	Langvatn	Dam, st.6	Kaldvella	
				St.4.	St.5
Elektrolyttisk					
ledningsevne	$\mu\text{S/cm v}/25^\circ\text{C}$	30-36	103,7	35,2	170,2
CaO-hardhet	mg Ca/l	2,8	13,8	4,0	21,6
Total hardhet	mg Ca/l	4,6	19,9	6,0	29,4
pH		6,7	7,5	7,2	7,6
KMnO_4 -forbruk	mg KMnO_4 /l	26,2	15,7	24,9	12,2
Kobber	mg Cu/l	58	43	72	68
Jern	mg Fe/l	290	270	165	340
Bly	mg Pb/l	15	20	15	30

Etter som sommerstagnasjon inntrådte ble det registrert en svak stigning i ledningsevnen fra epilimnion ned mot dypet i hypolimnion. Den 20.6.74 var ledningsevnen 31,8 på 1 m mot 36,3 på 30 m som var den maksimale verdi registrert gjennom prøvetakingsperioden.

Analysene viser at moreneavleiringene, som kan være transportert fra fjerntliggende områder, må ha et betydelig innhold av kalkholdig materiale, jfr. det høye kalsiuminnhold og ledningsevne i Kaldvella og Dam st. 6 (tab. 2, fig. 2). Dette støtter antagelsen om i hovedsaken en transport av avrenningsvatn (overflatevatn) gjennom Langvatn, som tidligere omtalt. Hadde grunnvannstilsig til Langvatn gjennom tidene og idag vært av noen størrelsesorden, måtte derfor kalsiuminnhold og ledningsevne vært betydelig høyere enn 2,8 mg Ca/l og en ledningsevne på ca. 30 sammenlignet med Kaldvella og Dam st. 6.

Siktedypet i perioden 30.5. til 24.10. varierte fra 3,8 til 5,2 m. Gjennomsnitt av 14 målinger ga 4,5 m. De høyeste verdier ble målt i første halvdel av juli etter en periode med lite nedbør, den laveste verdien ble målt i slutten av juni.

Oxygen

Oxygenanalyser har vist at vannmassene hele året er godt mettet med oxygen. Innholdet av O_2 i den isfrie del av året har variert fra 9,2 til 11,8 mg O_2 /l. Metningsprosenten har variert fra 87-94 på 1 m og 71-75 på 30 m dyp, unntatt 20.6.74 og 30.8.74. Da lå metningsprosenten på 101 og 99 på 1 og 5 m dyp (20.6) og 117 på 1 m (30.8.). Denne overmetning har sannsynligvis en fysisk forklaring med rask oppvarming av overflatevatn.

Oxygenanalysene ved slutten av vinterstagnasjon under isen den 3.4.1974 varierte jevnt fra 11,4 mg O_2 /l (metning 82%) til 8,9 mg O_2 /l (metning 67%) på 20 m og 8,0 mg O_2 /l (metning 60%) på 30 m. Oxygenanalyser fra 17.4.1975 viste:

11,6 mg O_2 /l (82% metning)	på 1 m
8,6 " (65% ")	på 20 m
7,2 " (54% ")	på 30 m
5,4 " (41% ")	på 35 m

Partikulært stoff

Partikulært organisk stoff gjennom vekstsesongen er målt ved filtrering av vatn (3-5 l) gjennom Gelman glassfiberfilter. Filtrene er etterpå tørket i 3 timer ved 60° og glødet i 1 time ved 480°. Variasjoner i partikulært organisk stoff (glødetap) som tørrvekt mg/l er framstilt i fig. 9. Det høyeste innhold av partikulært organisk stoff ble registrert i juni og faller sammen med våroppblomstringen av phytoplankton, maksimumsverdier for primærproduksjon og et kraftig regnvær i månedsskiftet mai-juni (fig. 5). Det er en markert reduksjon i partikulært organisk stoff med dybden. Våren 1975 ble det utført målinger i tilløpsbekkene under snøsmeltingen. Resultatene viste at tilløpsvatnet hadde et innhold av partikulært organisk stoff på 0,3-0,5 mg tørrstoff/l i middel for hver prøveserie.

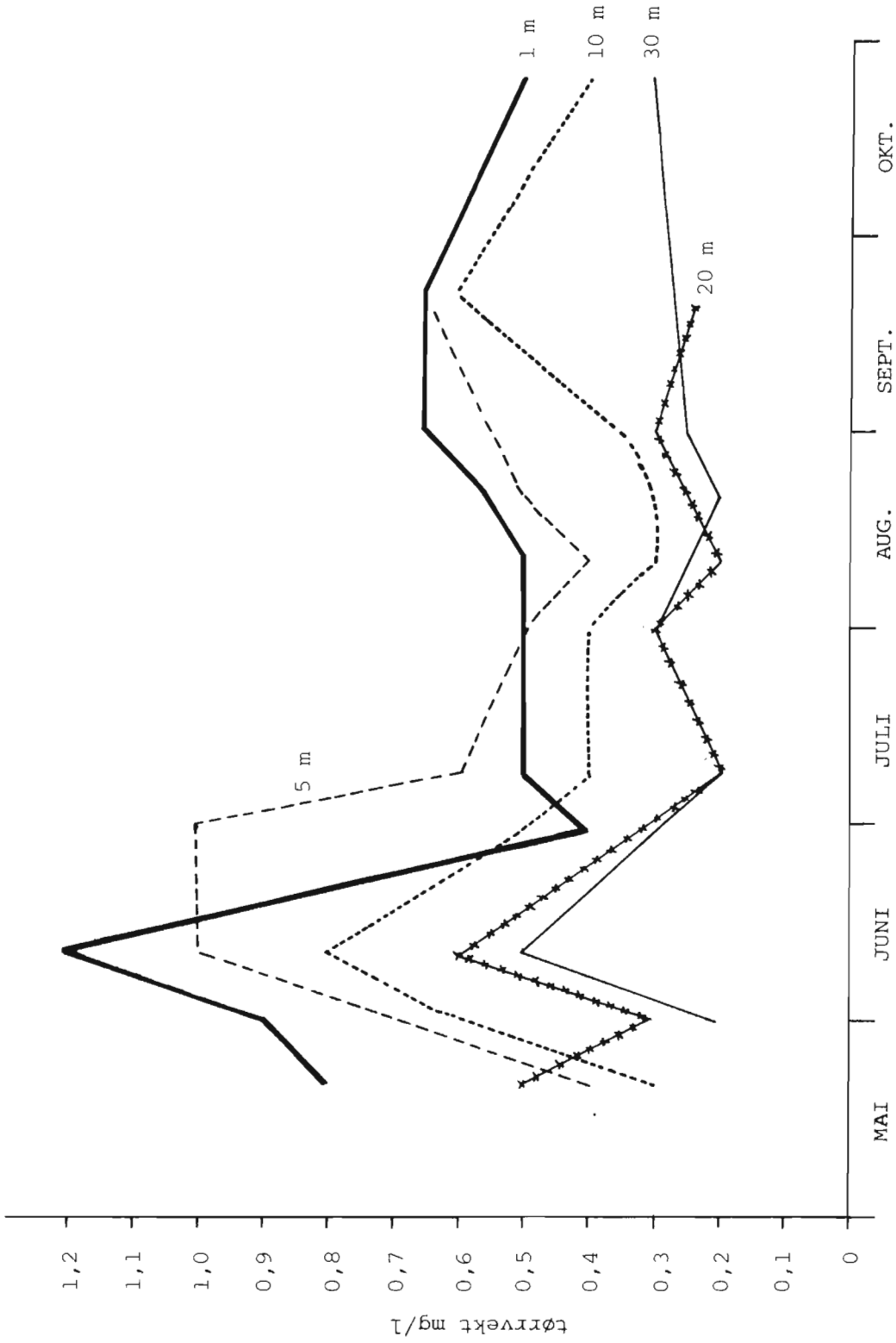
Som tidligere nevnt er den totale tilrenning til Langvatn i 1974 estimert til å være av størrelsesorden $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$. Dette gir tilført alloktont materiale (partikulært organisk stoff) med tilrenningsvatnet på $(0,4 - 0,8) \cdot 10^6 \text{ g tørrstoff/år}$ eller $1 - 2 \text{ g tørrstoff/m}^2$. Disse tall må betraktes å være veiledende da store usikkerheter er forbundet med beregningene.

Gjennomsnittsverdier av partikulært organisk stoff på de forskjellige dyp for hele perioden var:

1 m:	0,69	mg	tørrvekt/l
5 m:	0,62	"	"
10 m:	0,43	"	"
20 m:	0,33	"	"
30 m:	0,28	"	"

Sedimentert partikulært stoff

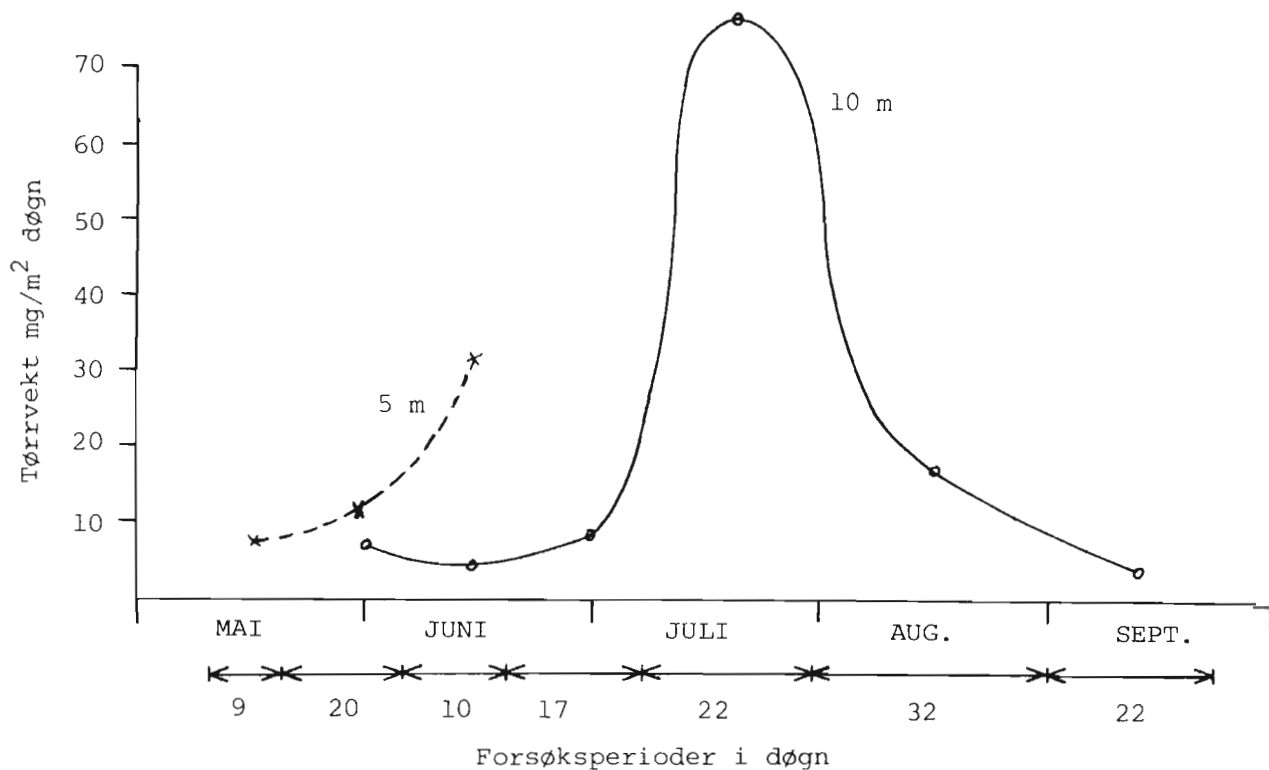
Metodikken ved disse observasjoner besto i at 100 ml glass med diameter 5 cm parvis ble hengt ut i bøyer på forskjellige dyp. Før nedsenkning i vatnet ble hvert glass tilsatt 20 ml formalin og fylt forsiktig med vatn, hvorpå flaskene ble sendt forsiktig ned på det ønskede dyp. Mikroskopiske analyser av det sedimenterte slam påviste algeceller med godt bevart celleinnhold. Dette indikerer at fikseringen har vært tilfredsstillende. På grunn av de små mengder slam som ble sedimentert, ble tiden som flaskene sto ute forlenget i siste del av undersøkelsesperioden. Sedimentasjonstiden varierte fra 9 til 22 døgn unntatt i juli



Figur 9. Partikulært organisk stoff (glødetap) i Langvatn 1974.

hvor flaskene sto ute i 32 døgn.

Resultatene for sedimentert partikulært stoff som middelverdier på 10 m og 5 m dyp er vist i fig. 10.



Figur 10. Sedimentert partikulært stoff i Langvatn 1974.

Den gjennomsnittlige sedimentasjonshastighet for alle prøver er beregnet til 20 mg tørrvekt/m²/døgn. Variasjonene mellom parallelle prøver var store og de foreløpige resultater må betraktes som veiledende.

Målsjøen

Omgivelsene

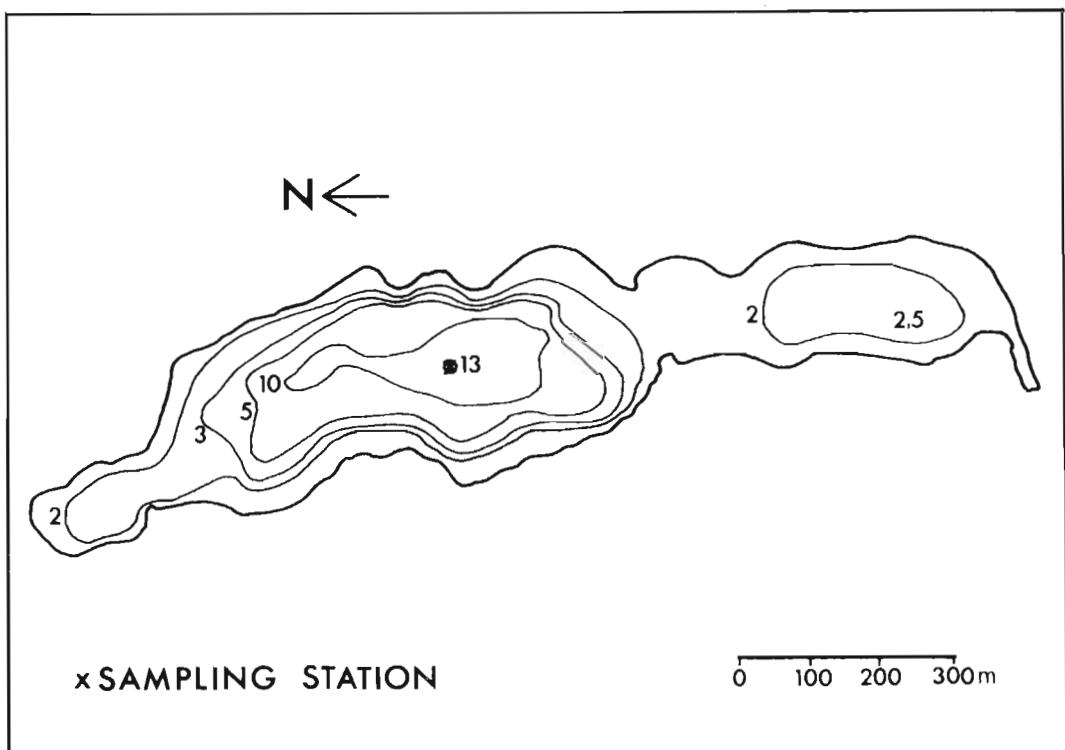
Målsjøen er hovedsakelig omgitt av myr og barskogsområder (fig. 2), men nordøst og vest for sjøen ligger mindre arealer med dyrket mark på til sammen omkring 200 mål.

Geologisk tilhører området rundt sjøen det såkalte Trondheimsfeltet. Sedimentære bergarter, hovedsakelig kalkrik gråvakke og skifer, dominerer i berggrunnen. Jaspis og keratofyr-konglomerat finnes i mindre grad i sydlige og nordlige deler av sjøens nedslagsfelt.

En oversikt over morfometriske data fra Målsjøen er gitt i tabell 3 og morfometrisk kart og batygrafisk kurve i henholdsvis fig. 11 og 4.

Tabell 3. Morfometriske data fra Målsjøen

Overflate	0,252 km ²	Største lengde	1,4 km
Volum	9,83·10 ⁶ m ³	Største bredde	0,3 km
Gjennomsnittts dyp	3,9 m	Høyde over havet	165 m
Største dyp	13,0 m	Nedslagsområde	3,5 km ²



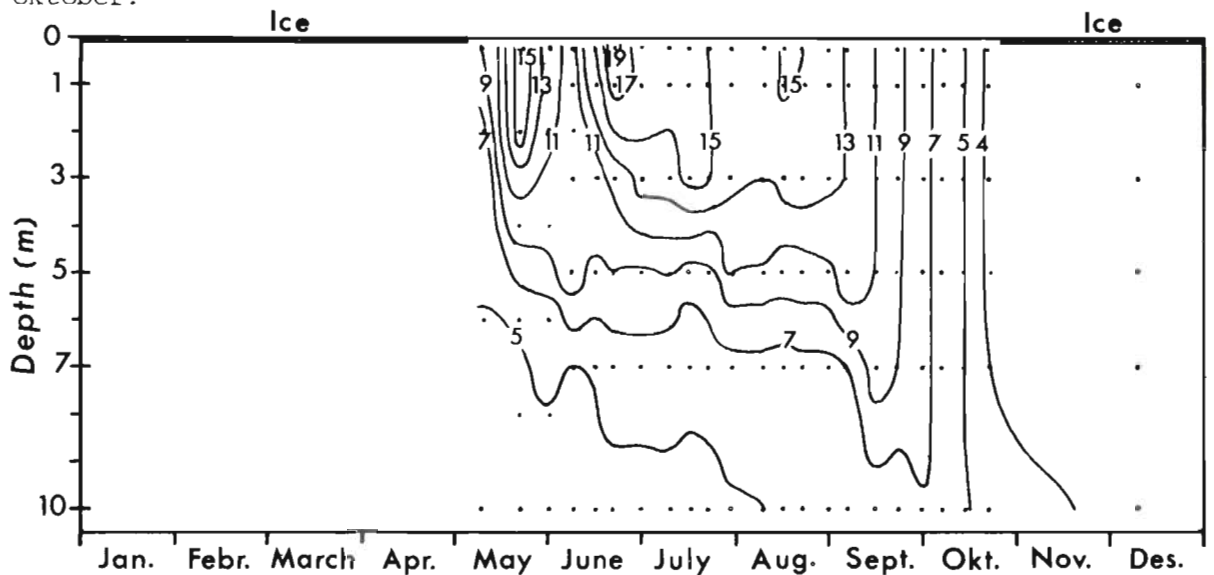
Figur 11. Morfometrisk kart over Målsjøen.

Sammenlignet med Langvatn er Målsjøen en grunn sjø. Området 0-5 meter utgjør således hele 71% av det totale areal.

Den eneste utløpsbekken ligger helt syd i sjøen. Utenom regnværsperioder er det minimal avrenning i utløpsbekken.

Hydrografiske data

Temperaturforløpet i sjøen i 1974 er vist i fig. 12. Vatnet ble varmet raskt opp etter isløsningen den 4. mai og alt 21. mai var overflate-temperaturen kommet opp i over 16°C. Etter temperaturnedgang i epilimnion i månedsskiftet mai-juni, ble årets høyeste overflatetemperatur målt til 19°C den 21. juni. Fra begynnelsen av september viste temperaturregistreringene en senkning av sprangsjiktet og full omrøring fant sted først i oktober.



Figur 12. Temperaturforholdene i Målsjøen 1974.

Øvre del av sprangsjiktet lå i sommerperioden mellom 2 og 3,5 meter. Siktedypet varierte fra april til oktober mellom 1,4 og 4,1 meter, med et gjennomsnitt av 24 målinger på 2,6 meter.

I tabell 4 er gitt en oversikt over andre hydrografiske data fra Målsjøen. Disse stammer, med unntak av pH og ledningsevne, fra undersøkelser utført i 1971 av Jensen (pers. medd.) og Reinertsen (upubl.). Oppgitte tall for pH og ledningsevne er fra området 0,2-6 meter.

Tabell 4. Hydrografiske målinger fra Målsjøen. I parentes gitt antall målinger

	pH	K ₁₈	Tot. hard. dH	CaO mg/l	KMnO ₄ mg/l	N-NO ₃ mg/l	P-PO ₄ mg/l
Minimum	6,4	19,2	0,28	1,7	13,7	43	<2
Maximum	7,5	72,0	4,21	28,0	64,4	249	7
Gjennomsnitt	7,1(60)	62,0(78)	1,9(78)	12,8(78)	48,5(71)	127(139)	(128)

Dataene viser at innsjøen har et forholdsvis høyt innhold av organisk stoff, og etter Åberg og Rhode (1942) må Målsjøen karakteriseres som tilnærmet polyhumøs. Kalkinnholdet i sjøen er høyt sammenlignet med Langvatn og også nitrat-innholdet ligger over tilsvarende verdier fra Langvatn.

Litteratur

- Friis, J. P. 1898. Terrænundersøgelser og Jordboringer i Størdalen, Værdalen og Guldalen samt i Trondhjem i 1894, 95 og 96.
Norges geologiske Undersøgelse, no 27:1-78
- Vogt, J. H. L. 1914. Præglaciale dalløb i Trøndelagen.
Norsk Geologisk Tidsskrift, 3(1): 1-45.
- Åberg, B. & W. Rohde. 1942. Über die Milieufaktoren in einigen süd-schwedischen Seen. *Symb. Bot. Upsal. 8(1):1-189.*

PHYTOPLANKTON I LANGVATN 1974

Kirsti Kvittingen

Artsliste

- Cyanophyta: *Coelosphaerium* cf. *kuetzingianum*
 Gomphosphaeria cf. *naegeliana*
 Dactylococcoopsis
 Aphanocapsa elachista var. *conferta*
 Aphanocapsa sp.
 Chroococcus turgidus
- Chrysophyta: *Chrysolykos planctonicus*
 Chrysoikos skujai
 Bitrichia chodati
 Pseudokephyrion entzii
 " spp.
 Chromulina spp.
 Chrysococcus spp.
 Mallomonas caudata
 " cf. *globosa*
 " *acaroides*
 " spp.
 Dinobryon acuminatum
 " *crenulatum*
 " *borgei*
 " *elegantissimum*
 " *petiolatum*
 " *sertularia*
 " *bavaricum*
 " *divergens*
 " *sociale* var. *americanum*
 Stichgloea doderleinii
 Bicosoeca spp.
 Trachelomonas furcata
 " *aculeata*
 " spp.

Chlorophyta:

Ankistrodesmus falcatus
" " var. *mirabile*
" " " *setiformis*
" " " *acicularis*

Chlamydomonas spp.
Selenastrum capricornutum
Dictyosphaerium simplex
Gyromitus cordiformis
Tetraëdron minutum
Lagerheimia sp.
Actinastrum hantzschii
Closterium sp.
Scenedesmus quadricauda
Arthrodesmus octocornis
Euastrum denticulatum
" spp.
Bothryococcus braunii
Oocystis lacustris
Crucigenia rectangularis
Staurastrum spp.
Cosmarium sp.
Micrasterias spp.
Gloeococcus sp.
Chlorella sp.

Bacillariophyta:

Rhizolenia erienis
" *longiseta*
Tabellaria flocculosa
" *fenestrata*
" " var. *intermedia*
Fragilaria spp.
Cyclotella spp.
Navicula sp.
Gomphomema sp.
" *acuminatum* var. *coronata*
Synedra ulna
" *acus*
Melosira sp.

Cryptophyta: *Rhodomonas minuta*
 " " var. *nannoplanctica*
Cryptomonas cf. *ovata*
 " " *erosa*
 " " *marssonii*
 " spp.

Phyrrrophyta: *Gymnodinium* sp.
Peridinium inconspicuum
 " cf. *willei*
 " spp.
Ceratium hirundinella

I 1974 ble det foretatt en kvalitativ og kvantitativ undersøkelse av phytoplankton i Langvatn. Vannprøver ble tatt fra følgende dyp: 0,2, 1, 3, 5, 7, 9, 12, 20 og 30 meter. Prøvene ble fiskert med "phytofix" (J-JK med iseddik), sedimentert i 50 ml tellekamre og talt i et Wild omvendt-mikroskop. Prøver ble tatt en gang i mnd. om vinteren og 2-3 ganger vår, sommer og høst.

Både den kvalitative og kvantitative sammensetning av algesamfunnet i Langvatn indikerer et typisk oligotroft skogsvann med dominans av chrysophyceer. Tre dominansgrupper utgjør den største andelen hele året: μ -alger, små og store chrysophyceer. Av disse algene er svært lite bestemt til art eller slekt. Algene er svært små, 5-20 μ , og fikseringsmidlet dekker indre struktur og vanskeliggjør bestemmelsen.

Om vinteren da målingene startet var det lite alger i vannet, mest μ -alger, små og store chrysophyceer samt *Rhodomonas minuta* og noen andre cryptomonader. Etter isløsningen i mai kom en stor oppblomstring, vesentlig bestående av chrysophyceer. Størst algebiomasse ble registrert i begynnelsen av juni. Følgende arter dominerte vårtoppen: *Dinobryon elegantissimum*, *D. borgei*, *D. sertularia*, *D. crenulatum*, *Chrysoikos skujai*, *Bitrichia chodati*, *Pseudokephyrion* spp. og *Rhizolenia eriensis* & *R. longiseta*. Diatomeene utgjorde en stor part av vårtoppen. Størst biomasse ble registrert på ca. 3 meter dyp. I juli gikk algemengden tilbake, men flere arter grønنالger opptrådte etterhvert; *Oocystis lacustris*, *Straurastrum* sp., *Crucigenia rectangularis*. *Ceratium hirundinella* ble også observert i juli. *Dinobryon* og *Rhizosolenia* forsvant helt. Om høsten (i sept.) ble det registrert en ny liten topp. Dette høstmaksimum ble dominert av blågrønn-

algen *Aphanocapsa elachista* var. *conferta* sammen med chrysophyceerene *Stichgloea doderleinii*, *Trachlomonas furcata* og grønnalgene *Crucigenia rectangularis* og *Ankistrodesmus* spp. Fra okt. gikk algemengden sterkt tilbake, og noen arter forsvant helt, f. eks. *Ceratium hirundinella* og *Aphanocapsa* sp. Fra nov. begynte de såkalte vinterformene å dominere; *Rhodomonas minuta*, *Cryptomonas* cf. *ovata* og andre cryptomonader.

PRIMÆRPRODUKSJON I LANGVATN OG MÅLSJØEN

Helge Reinertsen

Stasjoner og metode

Primærproduksjonsmålinger ble utført med ^{14}C -metoden (IBP-Handbook no. 12) ved to stasjoner i Langvatn (fig. 2, s. 9), mens en stasjon ble valgt i referansesjøen Målsjøen (fig. 11, s. 21). Flaskenes eksponeringstider var i Langvatn fra sann middag til sann middag. Også i Målsjøen ble det benyttet 24-timers eksponeringer, men flaskene ble her satt ut en halv time etter sann middag. I perioden 1. mai-1. november ble det foretatt 14 målinger i begge innsjøene, hvorav 8 parallelle kjøringar ved begge stasjonene i Langvatn.

Døgneksponeeringer gir en underestimering av primærproduksjonen med 0-30%, alt etter lysforholdene (Vollenweider og Nauwerck 1961). Døgnmålinger vil av den grunn bli supplert med korttidseksponeeringer og respirasjonsstudier i 1975 for best mulig å kunne estimere nettoproduksjonen i innsjøene.

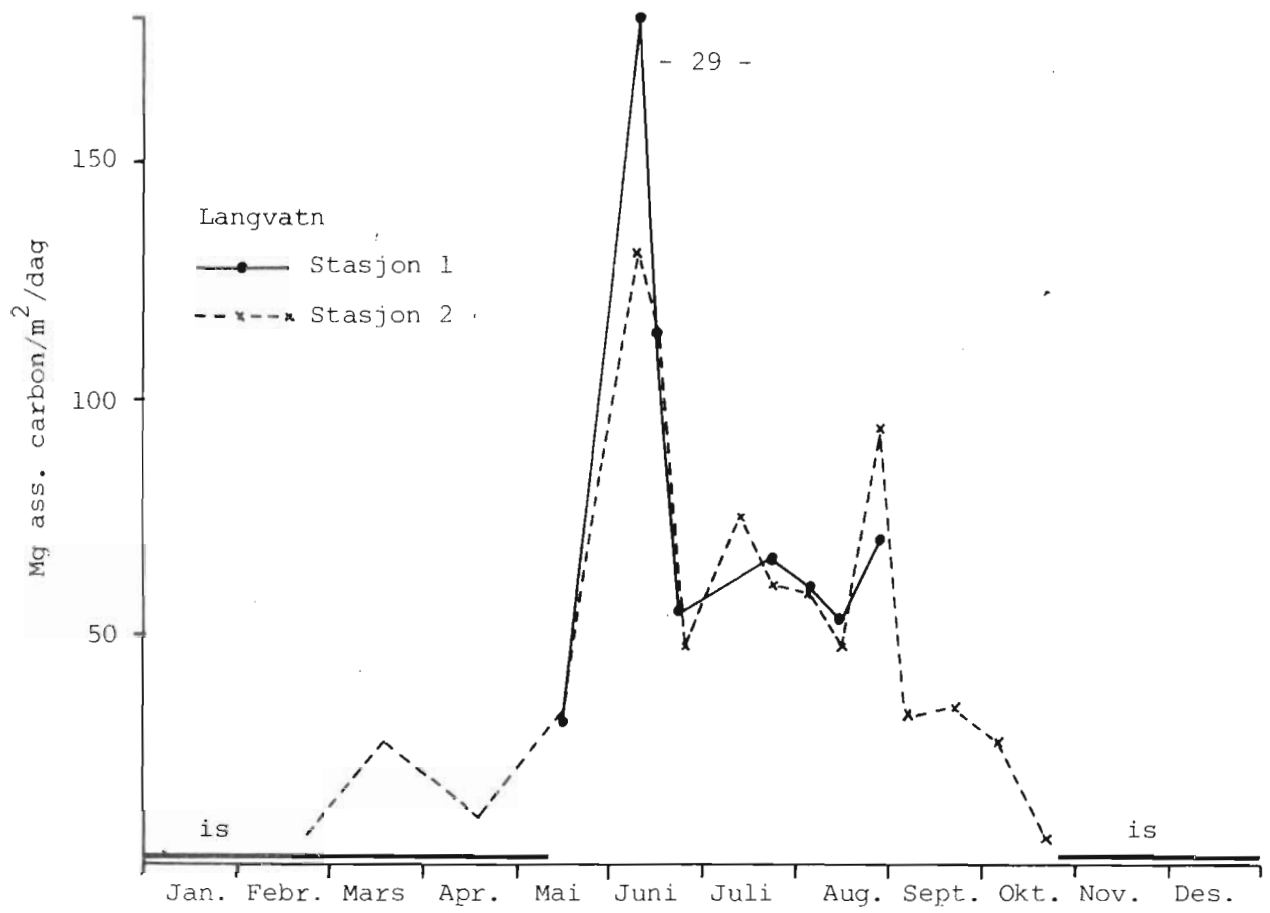
Til telling av isotopopptaket i algene ble benyttet en Pachard mod. 2450 væskescintillator og som scintillasjonsvæske naphthalene-dioxan tilsatt 0,5% Butyl-PBD. Telle-effektiviteten var rundt 65%.

Registrering av innstrålt energi på måledagene ble foretatt ved hjelp av et solarimeter (Kipp & Zonen) og en integrator (Mark V - Lintronic limited) som fram til august var plassert ved Målsjøen og i resten av sesongen ved Langvatn. For beregning av energiinnstråling i området 400-700 nm ble solarimetercellen kjørt parallelt med en senere innkjøpt quante-føler (LI-190 SR - Lambda Instruments Corporation).

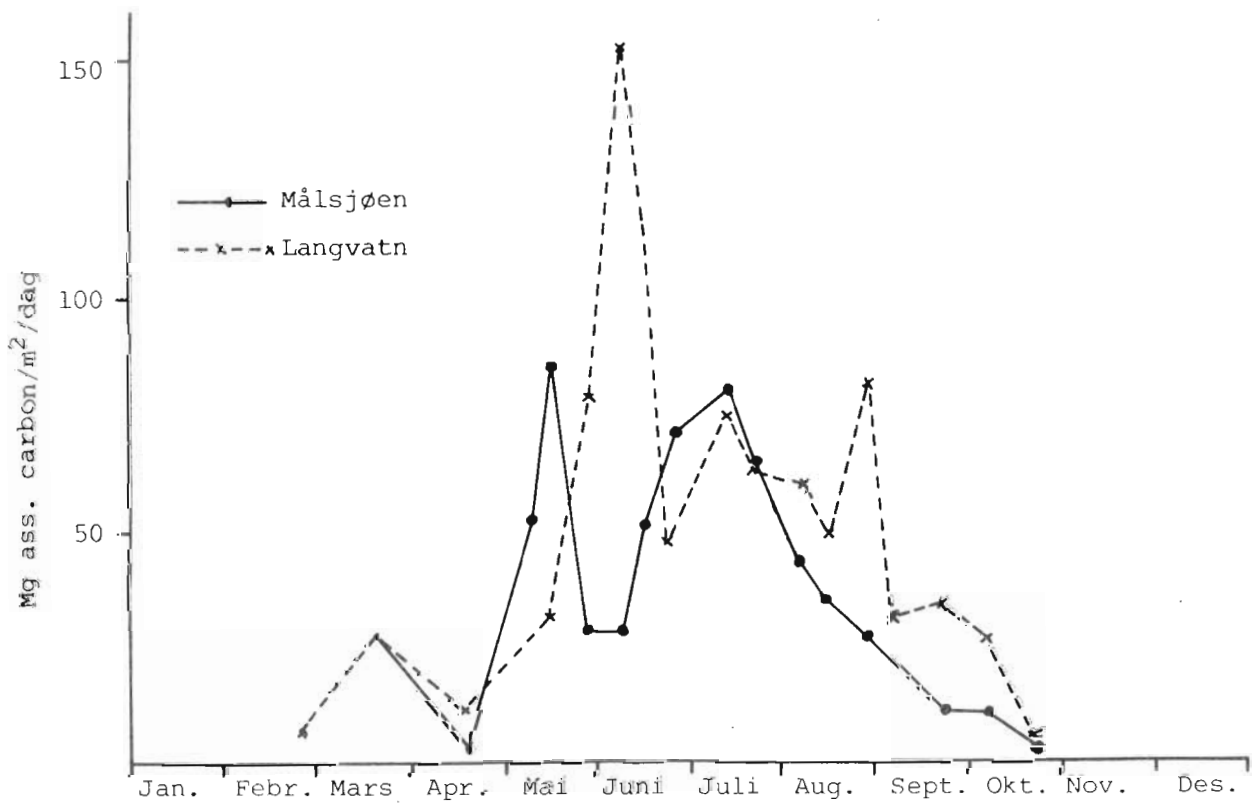
Resultater og vurdering

Produksjonsforløpet ved de to stasjonene i Langvatn er vist i fig. 1. Ved 6 av de 8 parallelle kjøringene viste resultatene stort sett sammenfallende verdier (0-8%), mens avvikene den 8. juni og 29. august var henholdsvis 36 og 26%.

Årsvariasjonen i primærproduksjonen i Langvatn er gitt med middelverdi av målingene ved de to stasjonene i fig. 2, sammen med resultatene fra Målsjøen. Produksjonsforløpet i Langvatn viste en rask oppgang etter



Figur 1. Primærproduksjon i Langvatn ved stasjon 1 og 2 i 1974.



Figur 2. Primærproduksjon i Langvatn (middelverdi for begge stasjoner) og Målsjøen 1974.

isløsningen den 9. mai, og vårtoppen kulminerte med årets høyeste målte dagsproduksjon på 156 mg C/m² den 8. juni. Alt den 25. juni var dagsproduksjonen nede i 48 mg C/m², mens de øvrige målingene fram til september lå mellom 50 (14. august) og 83 (28. august) mg C/m².

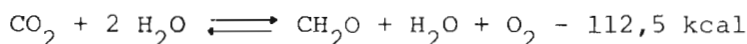
I referansesjøen Målsjøen var isen forsvunnet 4. mai og primærproduksjonen viste også her en rask oppgang. Den høyeste produksjonsverdien under vårtoppen ble målt til 86 mg C/m²/dag den 14. mai og den 27. mai, 23 dager etter isløsningen, var dagsproduksjonen redusert til 29 mg C/m². Under årets andre produksjonstopp var dagsverdien 12. juli oppe i 80 mg C/m², mens målingene etter julitoppen viste en gradvis nedgang i produksjonen fram til isleggingen. Størst produksjon ble i begge innsjøene registrert på 0,2 eller i få tilfeller 1,0 meter.

En sammenlikning av primærproduksjonsforløpet i de to innsjøene viser at vårtoppen kommer raskere i Målsjøen, men at produksjonen også begynner å avta på et tidligere tidspunkt. En vesentlig del av forklaringen til dette må være den store dybdeforskjellen i de to innsjøene. Den forholdsvis grunne Målsjøen får hurtigere oppvarming og raskere etablering av sprangsjikt, men blir også hurtigere avkjølt om høsten.

Fotosyntesens virkningsgrad bestemmes ut fra forholdet

$$\frac{\text{fiksert energi} \cdot 100}{\text{innstrålt energi 400-700 nm}}$$

Ved omregning av assimilert karbon til energi-ekvivalenter ut fra likningen



er assimilasjon av 1 mg C = 9,4 cal (Gächter 1972). En slik energiberegning forutsetter at det trengs 3 quanter for å overføre karbonatomet i et CO₂-molekyl til CH₂O. Eksperimentelle forsøk viser imidlertid at det trengs 8-10 quanter av blått eller rødt lys. Ut fra et slikt quantekrav, sammenliknet med det som teoretisk trengs, forekommer det tildels stor energisløsning under fotosyntesen, da hovedsaklig avgitt som varme. Kalkulasjoner viser at under ideelle eksperimentelle forhold er fotosynteseprosessen hos alger således "bare" 22% effektiv (Salisbury og Ross 1969).

Virkningsgraden for fotosyntesen i Målsjøen og Langvatn er gitt med månedsmidler i tabell 1.

Tabell 1. Virkningsgrad i % i Langvatn og Målsjøen. Antall målinger er gitt i parentes

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	\bar{x}
Langvatn	0,26(2)	0,42(3)	0,48(2)	0,44(3)	0,24(2)	0,18(2)	0,34
Målsjøen	0,20(3)	0,20(3)	0,46(2)	0,20(3)	0,14(1)	0,10(2)	0,22

Tabellen viser for samtlige måneder lavere virkningsgrad i Målsjøen. Gjennomsnittet for perioden 1. mai - 1. november var i Langvatn 0,34% mot 0,22% i Målsjøen. En hovedårsak til lavere virkningsgrad i Målsjøen er den korte trofogene sone forårsaket av høyt humusinnhold. Gjennomsnittlig produksjon pr. m^3 av den trofogene sone var således 15 mg C/ m^3 pr. produksjonsmålingsdøgn i Målsjøen mot 12 mg i Langvatn. Utrechnet pr. m^2 gir imidlertid Langvatnets større trofogene sone et gjennomsnitt på 62 mg C pr. kjøredøgn, mens gjennomsnittet for Målsjøen er 43 mg C/ m^2 .

Primærproduksjonen er ut fra døgneksponeeringer i perioden 1. mai til 1. november estimert til 11 g/ m^2 i Langvatn, mens tilsvarende tall for Målsjøen er 8 g/ m^2 . Ut fra 5 døgns middelerverdier av totalinnstrålingen (på Tyholt, Trondheim) beregnes da 5 døgns middelerverdier av primærproduksjonen ved hjelp av forholdet mellom produksjon og totalinnstråling på måledagene (Rognerud 1975).

Litteratur

- Gächter, R. 1972. Die Bestimmung der Tagesraten der planktischen Primärproduktion - Modelle und In-situ-Messungen. *Schweiz. Z. Hydrol.* 34:211-244.
- Rognerud, S. 1975. Primærproduksjon i Tyrifjorden (Holsfjorden) sammenlignet med Krødern, Sperillen, Randsfjorden og Mjøsa. *Eutrofiering.* Nordforsk 1975(1):275-287. Helsingfors.
- Salisbury, F. B. & C. Ross. 1969. *Plant Physiology.* Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont.
- Vollenweider, R. A. 1969. *IBP-Handbook no. 12. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments.* Blackwell scientific publications, Oxford.
- 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 1974

Arnfinn Langeland

Innledning

Zooplanktonsamfunnet danner et viktig ledd i innsjøens stoffomsetning og energistrøm. Den primære hensikt med zooplanktonundersøkelsene er å studere virkningene av gjødslingen på zooplanktonets standing crop, biomasse og produksjon. Foreløpig er materialet ufullstendig bearbeidet, hvorfor bare et kort sammendrag av forundersøkelsene blir presentert i denne rapport.

Metodikk

Til innsamling av materialet er det brukt en Schindler planktonfelle på 25 l (Schindler 1969). Planktonet er silt fra vannmassene gjennom planktonduk med maskevidde 45 μm . Dette skulle også hindre tap av hunner av Rotatoria (Larsson 1971). I tillegg er det samlet inn materiale med vertikale planktontrekk hvor håv med maskevidde 95 μm er benyttet.

Fordelingen av prøvene i innsjøen ble valgt ut tilfeldig på følgende måte: Punkter for prøvetaking ble definert ut fra at hele innsjøen ble delt i 20 horisontale ruter og vertikalt ved hver 0,5 m fra 0-10 m dyp. Ut i fra "random numbers" fra statistiske tabeller ble så 20 prøver i hver prøveserie plukket ut. Vertikalt ble innsjøen delt i to univers: epilimnion 0-5 m og hypolimnion 5-10 m ut i fra sprangsjiktets beliggenhet (fig. 7, s. 15).

Til optelling av Rotatoria, nauplier, *Bosmina* og *Holopedium* ble det benyttet en subsamplingmetode. Planktonet ble homogenisert i 20 ml vatn og 1/10 = 2 ml ble tatt ut for telling under stereomikroskop. Ved store tettheter av enkelte rotatorier ble denne prosess gjentatt en gang til. Overdispersjon ved subsampling vil bevirke en økning av den statistiske populasjonsparameter c med

$$c' = \frac{S^2 - \bar{x}^2}{\bar{x}^2} \quad (\text{Cassie 1971})$$

Ved opptelling av alle 10 delprøver (2 ml) i 10 serier ble følgende c' -verdier beregnet:

Holopedium: $c' = 0,028; -0,0003; -0,008$

Bosmina : $c' = 0,012; 0,023; 0,018; 0,03$

Nauplier : $c' = 0,018; 0,027; -0,02$

Dette indikerer nær Poisson-fordeling og feilen ved subsampling blir liten. Denne subsamlingsmetoden synes å ha minst like stor presisjon som tidligere beregnet for den virvlende 10-delte sylinder (the whirling vessel) (Langeland & Rognerud 1974) beskrevet av Wiborg (1951).

Resultater

Artssammensetning

Hittil er følgende arter identifisert (3 av Copepoda, 6 av Cladocera og minst 9 av Rotatoria):

Copepoda: *Hetercope appendiculata* Sars

Cyclops scutifer Sars

Mesocyclops leuckarti (Claus)

Cladocera: *Eubosmina longispina* (Leydig)

Bosmina longirostris O. F. Müller

Holopedium gibberum Zaddach

Daphnia galeata Sars

Daphnia longispina O. F. Müller

Rotatoria: *Conochilus unicornis* Rousselet

Kellicottia longispina (Kellicott)

Asplanchna priodonta (Gosse)

Keratella cochlearis (Gosse)

Keratella hiemalis (Carlin)

Polyarthra spp. (minst 2 arter)

Ploesoma hudsoni (Imhof)

Trichocerca sp.

Branchionus sp.

Av disse er det bare *C. scutifer*, *H. appendiculata*, *E. longispina*, *B. longirostris*, *H. gibberum*, *C. unicornis*, *K. longispina*, *A. priodonta*, *K. cochlearis* og *Polyarthra* sp. (liten art) som er dominerende eller vanlig forekommende i alle prøver.

Standing crop og biomasse

Variasjoner i standing crop (antall individer) fra mai til september 1974 for de dominerende og vanlige grupper av:

- A. små herbivore (rotatorier og nauplier)
- B. store herbivore (*Bosmina* spp. og *Holopedium*)
- C. store carnivore (copepoditter og adulte copepoder)
- D. små carnivore eller omnivore (*Asplanchna*)

sees av fig. 1.

Tettheten av individer var størst for Rotatoria som varierte fra 75-428 ind./l fra juni til september, mens tettheten av store herbivore (*Bosmina* spp. og *Holopedium*) varierte fra 2-33 ind./l.

Forholdet mellom standing crop for carnivore og herbivore kan uttrykkes ved forholdet på ordinataksene i fig. 1

$$\frac{\text{carnivore}}{\text{store herbivore}} \approx \frac{1}{2,5}$$

$$\frac{\text{carnivore}}{\text{små herbivore}} \approx \frac{1}{50}$$

$$\frac{\text{store herbivore}}{\text{små herbivore}} \approx \frac{1}{20}$$

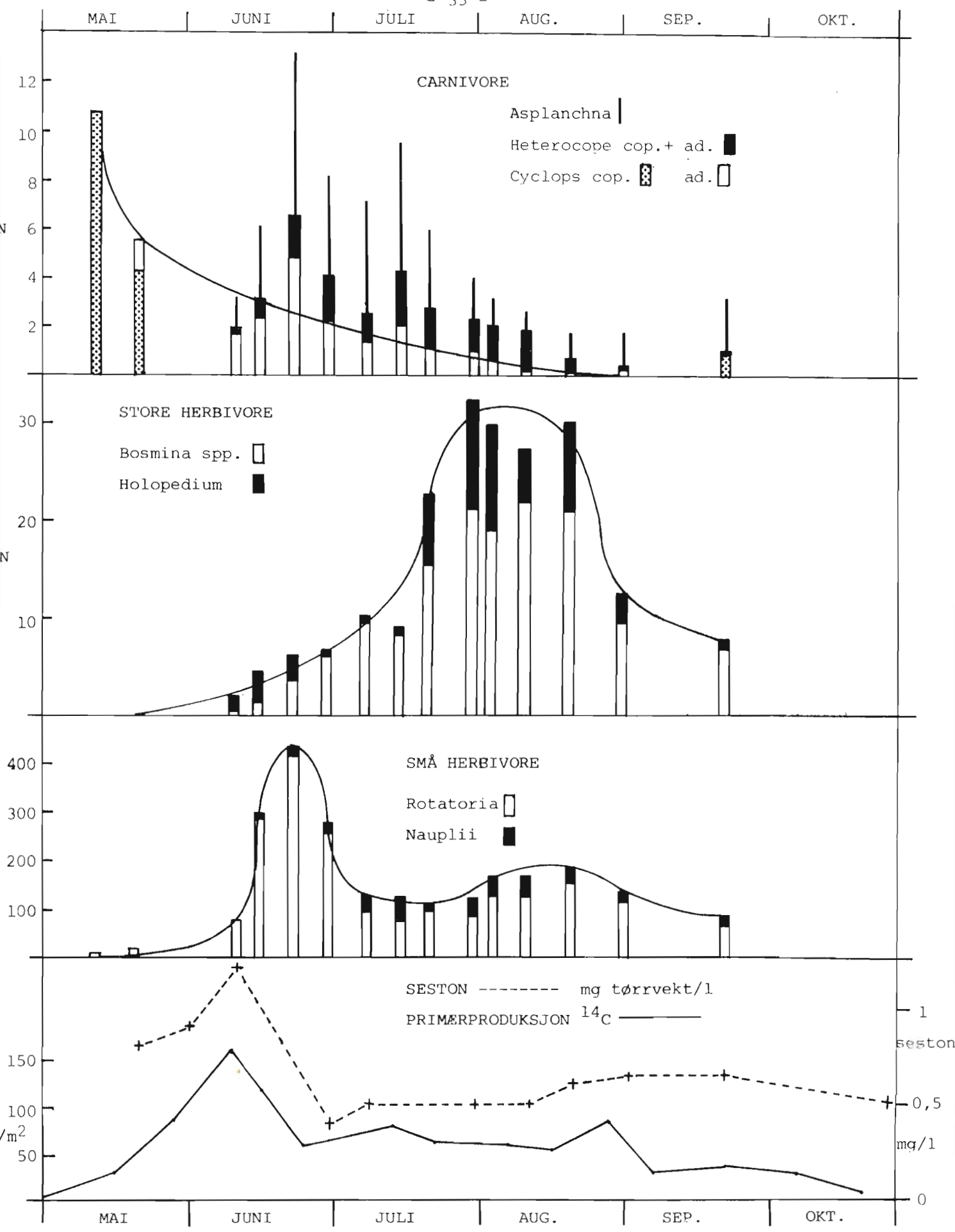
Den maksimale biomasse for hele zooplanktonsamfunnet nåes i juli og er estimert til å være av størrelsesorden 900 mg tørrvekt/m². Herav utgjør de dominerende cladocerer (*E. longispina*, *B. longirostris*, *H. gibberum*) ca. 80% av hele biomassen.

Enkelte observasjonsserier fra juli, august, september og oktober 1973 har samme størrelsesorden m.h.t. standing crop som i 1974. Avvikene kan naturlig forklares ved metodens standardfeil.

For lettere å se sammenhengen mellom grupper med samme økologiske funksjon (primærprodusenter, herbivore, carnivore), er søylene i fig. 1 knyttet sammen med en sammenhengende kurve. Denne kurve ligger innenfor observasjonsseriens standardfeil. For herbivorenes vedkommende kan utviklingsforløpet beskrives i 3 faser.

Fase 1. Den *eksponensielle vekstfase* som følger en J-formet kurve. For *Bosmina* spp. og *Holopedium* varer denne fase fra ca. 1. juni til ca. 1. august. Faseforskyvningen mellom rotatoriene og cladocerene er primært knyttet til forskjellig utviklingstid.

Fase 2. Den *asymptotiske fase* hvor populasjonenes tilvekst stagnerer. Denne asymptote, som er maksimal nivå for populasjonstetthet eller maksimal biomasse, antas primært å være et resultat av økosystemets energitilbud for de bestemte populasjoner og reflekterer innsjøens *bæreevne*. For de store herbivore (*Bosmina* spp. og *Holopedium*) varer denne fase fra ca. 1. august til ca. 20. august.



Figur 1. Zooplankton i Langvatn sommeren 1974, N individer/l, N · 10⁴ gir individer/m². Primærproduksjon etter H. Reinertsen Se s. 29.

Fase 3. *Nedgangsfasen*. For de store herbivore starter denne omkring 20. august og vedvarer utover høsten.

Vertikal fordeling

Sprangsjiktet 0-5 m danner et markert skille for tettheten hos de fleste populasjoner. Følgende arter har markert større tetthet i epilimnion 0-5 m: *E. longispina*, *B. longirostris*, *H. gibberum*, *C. unicornis* (Herbivore) og *H. appendiculata* og *M. leuckarti* (Carnivore). *C. scutifer*, nauplier og adulte, har mye større tetthet i hypolimnion under 5 m dyp. De fleste arter av rotatorier har ikke signifikant større tetthet i et av de nevnte univers.

Litteratur

- Cassie, R. M. 1971. Sampling and statistics. *IBP-Handbook no. 17. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. Blackwell Scientific publications, Oxford.
- Langeland, A. & S. Rognerud. 1974. Statistical analyses used in the comparison of three methods of freshwater zooplankton sampling. *Arch. Hydrobiol.* 73(3):403-410.
- Larsson, P. 1971. Vertical distribution of planktonic rotifers in a meromictic lake; Blankvatn near Oslo, Norway. *Norw. J. Zool.* 19(1):47-75.
- Schindler, D. W. 1969. Two useful devices for vertical plankton and water sampling. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 26: 1948-1955.
- Wiborg, K. F. 1951. The whirling vessel. *Rep. Norw. Fish. and Marine Invest.* 9:1-16.

ZOOPLANKTON I MÅLSJØEN 1974

Arne Jensen

Innledning

Målsettingen for zooplanktonundersøkelsene i Målsjøen har vært å beskrive de viktigste artenes utvikling i vekstsesongen og å finne et estimat for zooplanktonbiomassen og dens variasjoner i samme periode. I 1974 ble det tatt kvantitative zooplanktonprøver ca. hver 10. dag fra 9.mai til 14. oktober. Til nå er crustaceene bearbeidet, mens rotatoriene foreløpig blir liggende.

I 1975 vil undersøkelsene bli videreført, men prøvene vil ikke bli tatt så tett.

Metodikk

Målsjøen har store grunnområder. Største dyp er 13 meter. På grunn av den forskjellen i miljø og artssammensetning som vanligvis finnes mellom vegetasjonsrike grunnområder og frie vannmasser, ble undersøkelsen delt opp i en littoral og en pelagisk del. Grensen ble satt ved 3 meters dyp, som er den omtrentlige ytre grense for de littorale vekstenes utbredelse. Littoralsonen utgjør dermed ca. 60% av sjøens areal.

Hvert av disse to universene ble videre delt opp i 10 omtrent like store arealer. Vertikalt ble det pelagiske universet delt inn i én-meters intervaller fra 1 til 10 m, og det littorale i 0,5-meters intervaller fra 0,5 til 2,5 m. Ved å bruke en tabell for tilfeldige tall ("random numbers"), ble 10 stasjoner og dyp tilfeldig plukket ut fra hvert univers hver gang. Disse prøvene ble tatt med en Schindler planktonfelle (Schindler 1969) med volum 25 l. Vatnet ble silt gjennom en planktonduk med maskevidde 45 μ . Prøvene, som ble oppbevart adskilt, ble fiksert med jodjodkalium. I tillegg ble det tatt et håvtrekk (90 μ) hver gang. Dette blir først og fremst brukt til å klarlegge de ulike artenes utviklingsstadier.

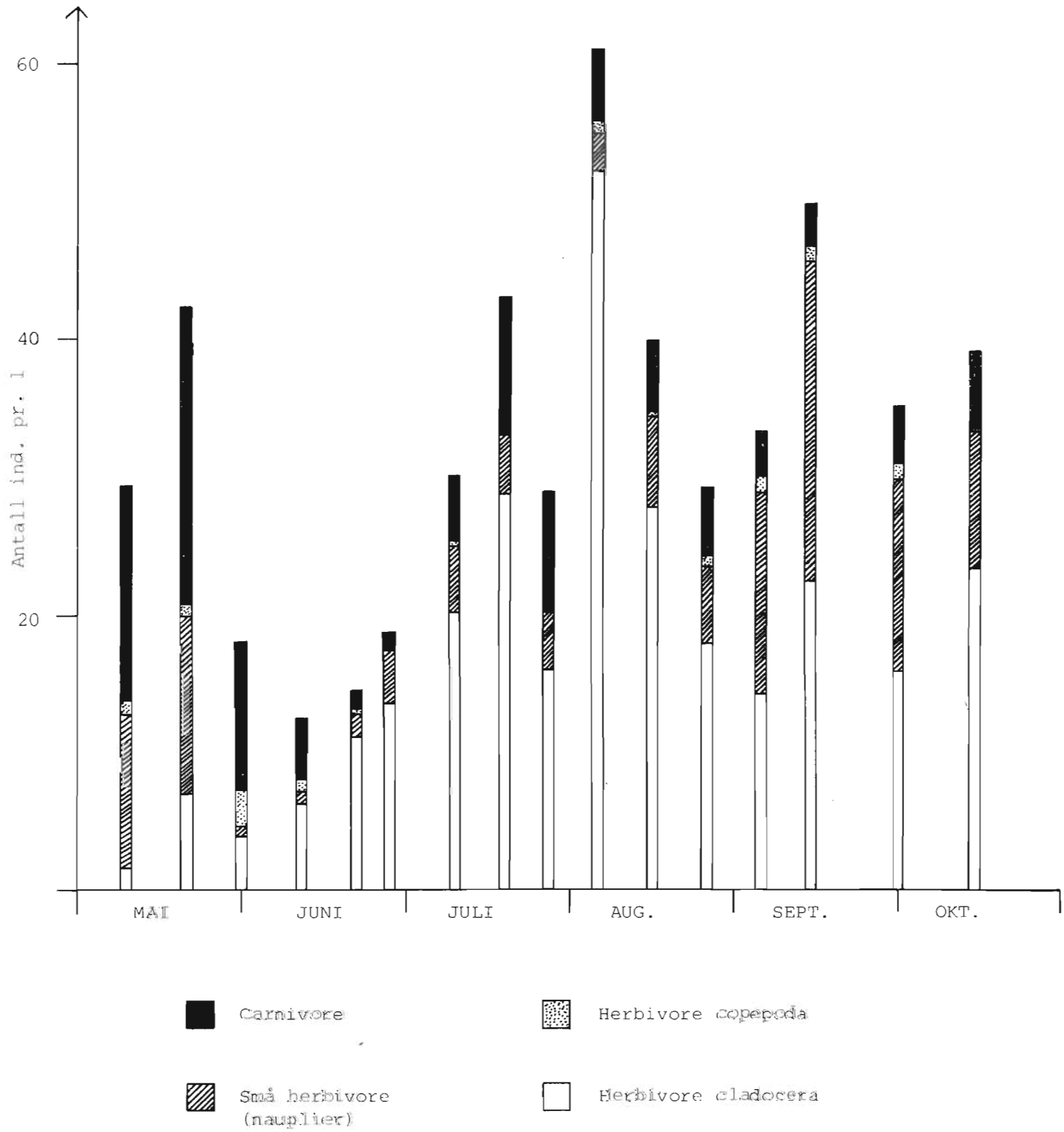
De 10 zooplanktonprøvene fra hvert univers ble talt opp hver for seg, og resultatene som foreligger bygger på gjennomsnittstall for disse prøvene. Dette tallmaterialet skal senere behandles statistisk.

Resultater

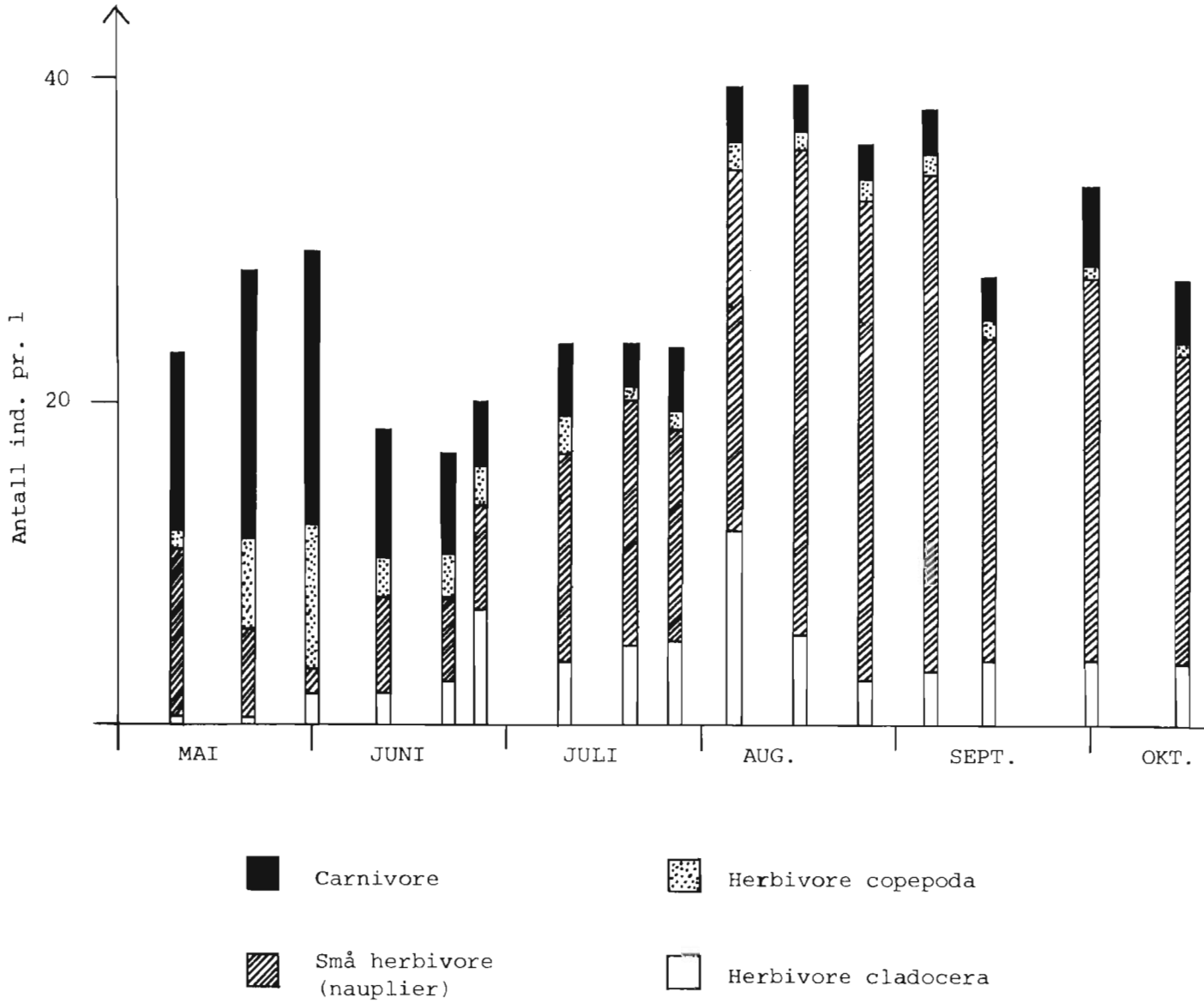
Artsliste

I løpet av vekstsesongen 1974 ble følgende crustacea registrert i prøvene:

Cladocera: *Leptodora kindti* (Focke)
Sida crystallina (O. F. Müller)
Diaphanosoma brachyurum (Liévin)
Holopedium gibberum Zaddach
Daphnia longispina O. F. Müller
Daphnia galeata Sars
Ceriodaphnia quadrangula (O. F. Müller)
Simocephalus vetulus (O. F. Müller)
Scapholeberis mucronata (O. F. Müller)
Bosmina longispina Leydig
Ophryoxus gracilis Sars
Acroperus elongatus (Sars)
Acroperus harpae (Baird)
Alona guttata Sars
Alona intermedia Sars
Alona rectangularis Sars
Alona quadrangularis (O. F. Müller)
Alona affinis (Leydig)
Rhynchotalona falcata (Sars)
Graptoleberis testudinaria (Fischer)
Alonella excisa (Fischer)
Alonella exigua (Lilljeborg)
Alonella nana (Baird)
Peracantha truncata (O. F. Müller)
Chydorus sp.
Pseudochydorus globosus (Baird)
Polyphemus pediculus (L.)
Bythotrephes longimanus Leydig



Figur 1. Antall planktoniske crustacea pr. volumenhet i littoralsonen i Målsjøen i 1974.



Figur 2. Antall planktoniske crustacea pr. volumenhet i pelagisk sone i Målsjøen i 1974.

Copepoda: *Heterocope appendiculata* Sars
Arctodiaptomus laticeps (Sars)
Megacyclops gigas (Claus)
Cyclops scutifer Sars
Eucyclops lilljeborgi (Sars)

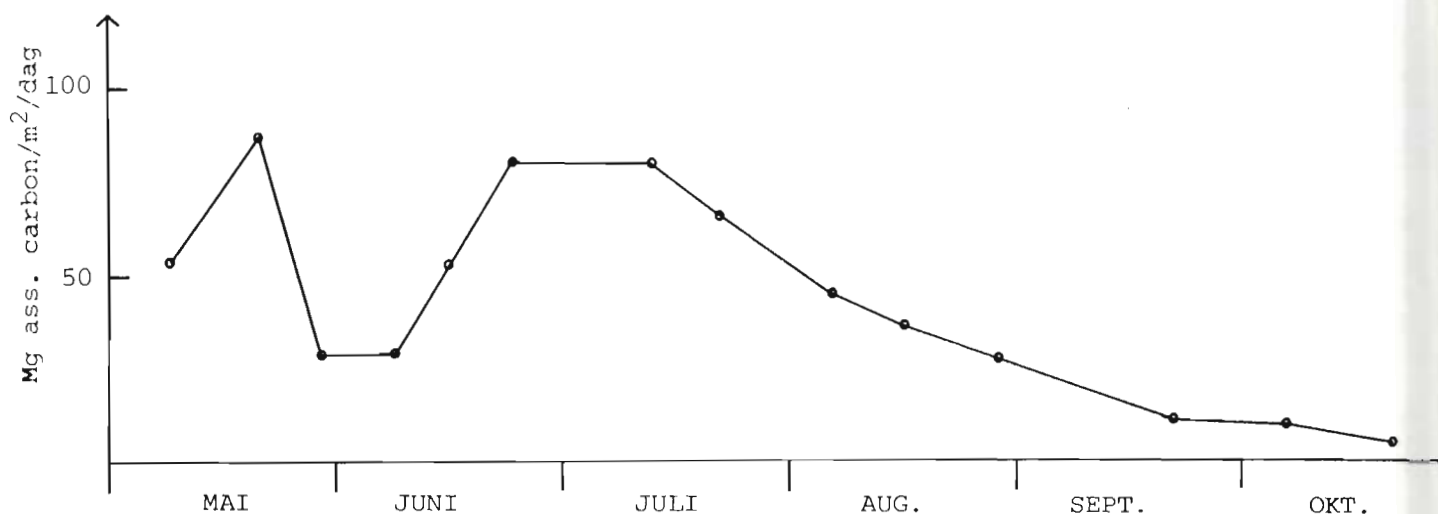
De vanligste planktoniske artene er blant cladocerene *Diaphanosoma brachyurum*, *Holopedium gibberum*, *Daphnia longispina*, *Daphnia galeata* og *Bosmina longispina*, og blant copepodene *Heterocope appendiculata*, *Arctodiaptomus laticeps* og *Cyclops scutifer*.

Standing crop

Standing crop (antall individer pr. volumenhet) for littoralsonen er vist i figur 1 og for pelagisk sone i figur 2. Figurene viser at antall individer pr. volumenhet er nesten like stor i pelagisk sone som i littoralsonen. Individene er delt inn i fire grupper etter måten de tar til seg næring på.

Herbivore cladocera omfatter alle cladocera unntatt rovdirene *Polyphemus pediculus*, *Bythotrephes longimanus* og *Leptodora kindti*. Individtettheten var langt høyere i littoralsonen enn i pelagisk sone. Antallet økte raskt utover forsommeren med maksimum fra midten av juli til midten av august. Maksimal tetthet var 52 individer pr. liter i littoralsonen, og 12 individer pr. liter i pelagisk sone. Så fulgte en langsom nedgang utover høsten.

Figur 3 viser primærproduksjonen etter C_{14} -metoden (se Reinertsen, s. 29). Den har en topp i slutten av mai, avtar så raskt og er svært lav først i juni. Deretter stiger den til en ny topp som varer fra slutten av juni til midten av juli, for så å avta langsomt utover høsten. Cladocerene har ingen utpreget topp på forsommeren. Men ellers er det god overensstemmelse med primærproduksjonen. Cladocerene ligger imidlertid en måned etter primærproduksjonen i utvikling.



Figur 3. Primærproduksjonen i Målsjøen i 1974 etter C_{14} -metoden.
Se Reinertsen s. 29.

Den eneste arten som tilhører gruppen herbivore copepoda er *Arctodiaptomus laticeps* og de stadiene som er tatt med her, er copepoditter og adulte. Arten har sannsynligvis en ettårig livssyklus, og vekstsesong- og variasjonene i standing crop er preget av det. I littoralsonen var tettheten av *A. laticeps* liten hele sommeren. I pelagisk sone var tettheten størst idet naupliene klekker til copepoditter i mai og først på juni. Maksimal tetthet var da 9 ind. pr. l. I samme tidsrom døde forrige generasjon av adulte ut. Copepodittene dominerte til midt i september. Fra dette tidspunkt overtok de adulte.

Små herbivore omfatter naupliene av alle copepodene. I littoralsonen var antall nauplier størst i mai og fra midten av august til sesongens slutt. Først i mai dominerte naupliene av *A. laticeps*. Tettheten var 11 ind. pr. l. Midt i mai overtok *H. appendiculata* med maksimal tetthet 11 ind. pr. l og var dominerende til naupliene av *C. scutifer* overtok sist i juli. Etter denne tid forekom nesten bare nauplier av *C. scutifer*. *C. scutifer* hadde størst tetthet av nauplier 14. sept. med 23 ind. pr. l. Pelagisk sone hadde det meste av sesongen en langt større tetthet av nauplier enn littoralsonen. Også her dominerte *A. laticeps* først i mai, med en tetthet på 10 ind. pr. l. *H. appendiculata* dominerte resten av mai måned, med maksimal tetthet 1,5 ind. pr. l. Resten av sesongen var det stor dominans av nauplier av *C. scutifer*. Tettheten var på det høyeste hele august måned med rundt 30 ind. pr. l.

Carnivore crustacea omfatter copepoditter og adulte av

Heterocope appendiculata og *Cyclops scutifer*, og rovformene *Polyphemus pediculus*, *Bythotrephes longimanus* og *Leptodora kindti* av cladocerene. I littoralsonen dominerte *C. scutifer* i mai og fra slutten av september, mens *H. appendiculata* dominerte fra juni til september. I pelagisk sone dominerte *C. scutifer* nesten hele vekstsesongen. I begge sonene var tettheten av carnivore crustacea størst i mai med opptil 22 ind. pr. l i littoralsonen og 17 ind. pr. l i pelagisk sone. I denne måneden utgjorde de omtrent halvparten av standing crop, mens de resten av vekstsesongen utgjorde en langt mer beskjeden del av det totale antall dyr.

Biomasse

Det foreligger foreløpig ingen data om biomassen i sjøen. Den vil senere bli beregnet som mg tørrvekt pr. m³ og pr. m² ut fra tørrvekten av hvert enkelt individ. Data om tørrvekten av de forskjellige artene og deres stadier vil delvis bli hentet fra litteraturen og delvis bli bestemt i laboratoriet.

Det ble tidligere nevnt at standing crop var nesten like høy i pelagisk sone som i littoralsonen. Men da den domineres av nauplielarver i pelagisk sone, vil biomassen være adskillig høyere i littoralsonen enn i pelagisk sone.

De planktoniske crustaceenes sesongvariasjoner

Diaphanosoma brachyurum hadde en kortere vekstsesong enn de andre planktoniske cladocerene. Tettheten økte raskt midt i juli og var høyest først i august. Da var den 4,5 ind. pr. l i littoralsonen og 1 ind. pr. l i pelagisk sone. Deretter avtok tettheten raskt igjen og først i september var populasjonen nesten helt utdødd.

Holopedium gibberum fantes hele sommeren, men hadde størst tetthet i juli, august og september. I pelagisk sone var tettheten omtrent den samme (0,6-1,0 ind. pr. l) i alle prøveseriene disse tre månedene, mens det var større variasjoner i littoralsonen. 18. juli var tettheten 1,2 ind. pr. l, 5. august 2,0 ind. pr. l, mens den i de øvrige prøveseriene for de nevnte tre månedene var mellom 0,2 og 0,5 ind. pr. l.

Daphnia longispina hadde størst tetthet i august og september. Den var vanligere i littoralsonen enn i pelagisk sone. Den største tettheten som ble funnet, var i littoralsonen 4,2 ind. pr. l den 25. august og i pelagisk sone 1,0 ind. pr. l i flere prøveserier i august og september. Midt i oktober var bestanden fremdeles ganske stor.

Daphnia galeata fantes hele vekstsesongen. Den var vanligere i pelagisk sone enn i littoralsonen. I pelagisk sone var tettheten mellom 0,6 og 1,6 ind. pr. l fra slutten av mai til isen la seg midt i oktober, med maksimum først i september. I littoralsonen var tettheten større i august enn resten av sesongen, med maksimum på 0,9 ind. pr. l 25. august.

Bosmina longispina var den vanligste cladoceren i Målsjøen. Den forekom i langt større tetthet i littoralsonen enn i pelagisk sone. Arten hadde en svært klumpet fordeling. Som eksempel kan det nevnes at den 5. august varierte tettheten av *B. longispina* i prøvene tatt i littoralsonen mellom 2 og 176 individer pr. liter.

Arten økte jevnt i antall fra mai til midt i juli. Etter en knekk i slutten av juli nådde den sin største tetthet først i august. Tettheten var da 44 ind. pr. l i littoralsonen og 8 ind. pr. l i pelagisk sone. Deretter gikk populasjonen sakte tilbake, men tettheten var enda høy da undersøkelsene ble avsluttet midt i oktober.

Heterocope appendiculata har sannsynligvis to generasjoner i løpet av året. Naupliene dukket opp i stort antall midt i mai og adulte midt i juni. Det ble en ny topp av nauplier i månedsskiftet juni/juli og av copepoditter midt i juli. Det fantes adulte i varierende antall fra midten av juni. Arten var i alle stadier vanligst i littoralsonen og i epilimnion.

Arctodiaptomus laticeps var kommet til siste naupliestadium da undersøkelsene startet 9. mai. Antall nauplier gikk så brått nedover, men copepodittene dominerte i sommermånedene. Adulte fantes fra siste halvdel av august. Populasjonen overvintrer sannsynligvis som adulte. Livssyklusen er dermed trolig ettårig. Arten var vanligst i pelagisk sone, der den var jevnt fordelt.

Cyclops scutifer er den vanligste copepoden i Målsjøen. Den har sannsynligvis en ettårig livssyklus. Arten er langt vanligere i pelagisk sone enn i littoralsonen. Da prøvene startet i mai var cop. IV og V dominerende. Copepodittene avtok i antall utover sommeren og manglet nesten helt i august. Det fantes adulte hele sommeren med maksimum 2,5 ind. pr. l først i juli. Neste generasjons nauplier ble tatt først i juli og tettheten var størst i august med 30 ind. pr. l. Da undersøkelsene ble avsluttet midt i oktober var tettheten av copepoditter kommet opp i 4 ind. pr. l.

Diskusjon

Det er stor forskjell i artssammensetning og individtetthet i littoralsonen og pelagisk sone. Pelagisk sone omfatter både epilimnion og hypolimnion. Den vertikale fordelingen varierer fra art til art. Enkelte arter er jevnt fordelt i vannmassene, mens andre foretrekker epilimnion og andre helst oppholder seg i hypolimnion. For arter som er ujevnt fordelt vil det antagelig gi nøyaktigere beregninger av biomassens variasjoner gjennom vekstsesongen hvis prøvene tatt i epilimnion og hypolimnion behandles hver for seg. Hvilke arter som bør behandles på denne måten og hvilke som bør behandles under ett, vil vi få svar på når materialet er behandlet statistisk.

Litteratur

Schindler, D. W. 1969. Two useful devices for vertical plankton and water sampling. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 26: 1948-1955.

PROFUNDALBENTHOS I LANGVATN 1974

Kaare Aagaard og Bjørn Sivertsen

I 1974 ble prøver av bunndyra i profundalen innsamlet med van Veen-grabb og klekkefeller. Det var planlagt å bruke en core-sampler i stedet for grabb, men den anskaffete core-sampler fungerte dessverre ikke tilfredsstillende.

For å følge utviklingen i antall bunndyr i profundalen og veksten av disse, ble det tatt prøver med 2-3 ukers mellomrom i perioden juni-august på to stasjoner, 20 og 30 m dyp. Dessuten ble det tatt en mer omfattende serie i oktober (med både van Veen- og Ekman-grabb), men dette materialet er ennå ikke bearbeidet.

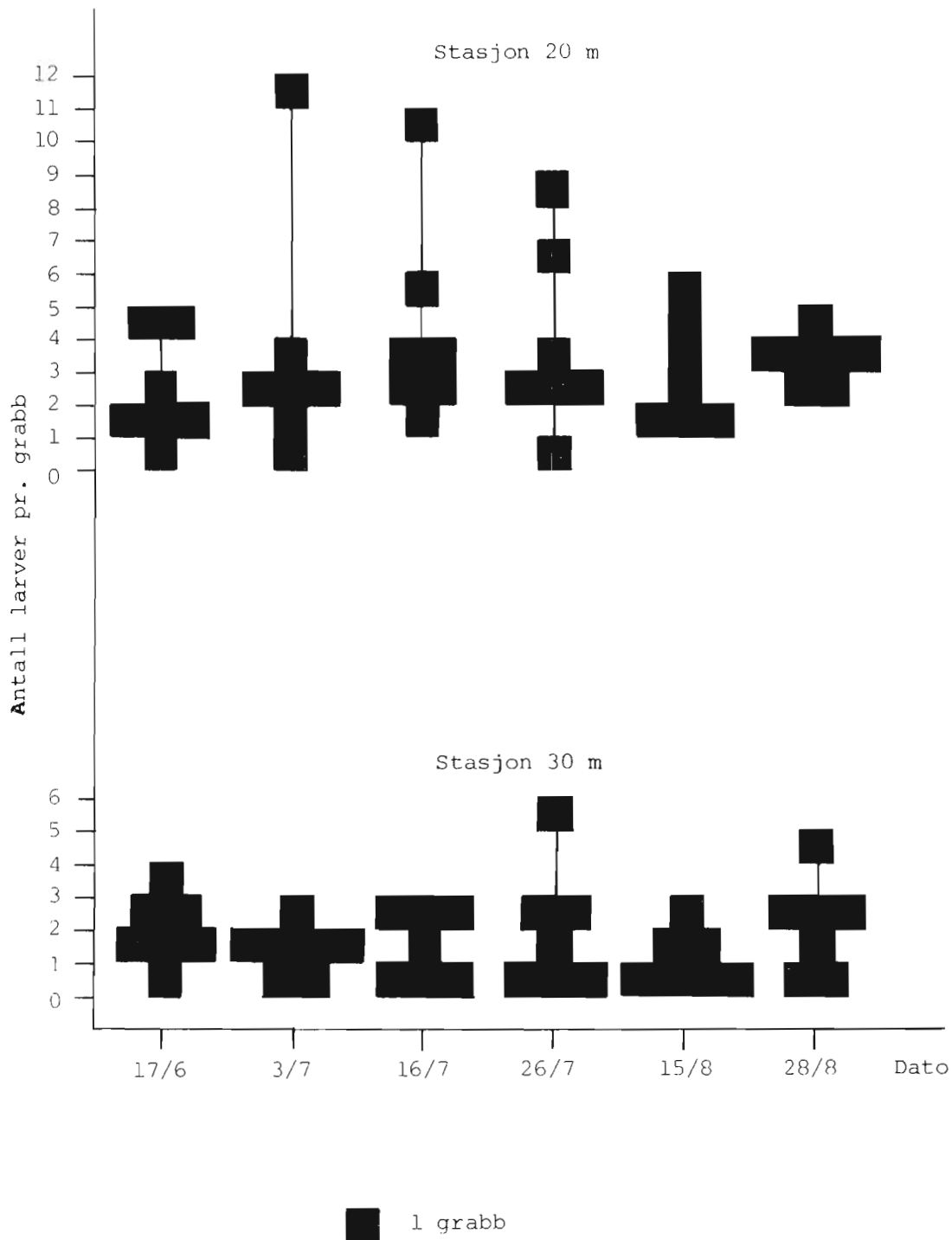
Prøvene inneholdt, ved siden av et fåtall oligochaeter, bare chironomidelarver. Totalt antall chironomidelarver er gitt i fig. 1. Antallet er meget lavt sammenlignet med f. eks. Målsjøen og andre sjøer i lavlandet i Trøndelag. (100-200 larver/m² i Langvatnet mot 1000-2000 larver/m² i Målsjøen.)

Larvematerialet vil senere bli bestemt og bearbeidet med henblikk på produksjonsestimat etter Allen-kurve-metoden.

Klekkfellene ga vesentlig Orthocladiner, men også en del Tanypodiner og Chironominer, vesentlig Tanytarsini (tab. 1).

Antall i disse fellene, som riktignok ikke er særlig pålitelige til kvantitative undersøkelser, er også lavt sammenlignet med andre lavlandssjøer. (Totalfangst i Langvatnet noe over 100 imagines mot ca. 800 i Målsjøen med samme antall feller.)

De preliminare undersøkelser i 1974 av den profunde bunnfaunaen viser både i antall og kvalitativ sammensetning (mye Orthocladiner) at Langvatnet er en utpreget oligotrof innsjø.



Figur 1. Fordelingen av antall chironomidelarver pr. grabb i Langvatnet 1974.

Tabell 1. Imagines fra klekkefeller 1974

	27/5	31/5	7/6	17/6	3/7	16/7	26/7	15/8	28/8	18/9
<u>Orthocladinae</u>										
1 m	14	0	0	0	0	6	0	0	0	0
10 m	4	8	10	1	2	2	0	2	2	0
10 m	3	0	2	3	8	8	0	0	0	0
30 m	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 m	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	24	8	12	4	10	16	0	2	2	0
<u>Chironominae</u>										
1 m	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
10 m	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1
10 m	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
30 m	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
30 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	0	0	4	7	1	0	2	0	0	1
<u>Tanypodinae</u>										
1 m	0	7	2	0	0	0	4	4	4	0
10 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	0	7	2	0	0	0	4	4	4	0

FISKEPOPULASJONER I LANGVATN

Arnfinn Langeland

Innledning

Fiskepopulasjonene representerer de høyeste ledd i energiomsetningen i innsjøen. Fiskeproduksjonen er ubetydelig utnyttet p.g.a. liten størrelse av fisken og derfor lite ettertraktet av befolkningen. Hensikten med de fiskeribiologiske studier er å se om gjødslingen vil ha virkninger så langt opp i næringskjeden som til fisk. Undersøkelsene på fisk blir konsentrert om merking og gjenfangstforsøk, ernæringsstudier, vekst- og aldersanalyser. 2 arter av fisk finnes naturlig i innsjøen: røye (*Salvelinus alpinus*) og trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus* L.). Høsten 1972 ble det satt ut ca. 3000 ensomrige ørret (*Salmo trutta*) av årsklasse 1972.

Metodikk

Ørret og røye for ernærings- og vekstanalyser er fanget med garnserier satt sammen av monofibrile nylongarn med maskestørrelser 45, 39, 35, 31, 29, 26, 22, 19, 17, 13 og 9 mm. Garnene er satt 1) enkeltvis fra land, bunngarn og 2) som flytegarn ute i pelagisk sone. I tillegg er det brukt flytegarnlenker bestående av 8 garn (6 m lang og 4 m dyp) med samme maskestørrelse som for de 8 første garntyper nevnt ovenfor (45-19 mm). Total lengde på en slik flytegarnlenke var $6 \cdot 8 = 48$ m.

På grunn av mye røtter og kvister på bunnen av innsjøen som ligger i sterkt drevet skogsområde, har det vært umulig å bruke not til fangst av fisk for merkeforsøk. Levende fisk til merkeforsøk er derfor fanget med garn i to perioder: I. like etter at isen gikk av innsjøen og II. seint på høsten, i begge perioder var temperaturen meget lav, ca. 5°C. All fisk ble holdt fanget i flere timer før den ble satt ut merket. Dødeligheten av all fisk som ble fanget på garn var ca. 20% i periode I og mindre enn 10% i periode II. De relativt mange gjenfangster tyder på at fisken har tålt påkjenningen meget godt. Røya er merket ved klipping av fettfinnen, mens ørreten er merket med nummererte Carlin-merker.

Følgende beregninger er foreløpig utført på fiskematerialet.

$$1) \text{ Kondisjonsfaktor } k = \frac{\text{vekt (g)} \cdot 100}{\text{lengde (cm)}^3}$$

$$2) \text{ Frekvensprosent } F = \frac{n_a \cdot 100}{N}$$

$$3) \text{ Volumprosent } P = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_{n_a}}{N}$$

$$4) \text{ Dominansprosent } D = \frac{d_a \cdot 100}{N}$$

$$5) \text{ Spesifikk veksthastighet } G_1 = (\log_{10} L_A - \log L_{A-1}) \cdot 2,30 \cdot 100 \text{ (Tesch 1971)}$$

$$6) \text{ Spesifikk veksthastighet } G_v = b \cdot G_1 \text{ for } b = 3 \text{ (Tesch 1971)}$$

n_a = antall fisk med næringsdyret a i magen

N = totalt antall fisk med mageinnhold

$V_1, V_2, V_3, \dots, V_{n_a}$ = de forskjellige prosentvise volumandeler næringsdyret a utgjorde i n_a fiskemager

d_a = antall ganger næringsdyret a hadde størst volumprosent i N fiskemager

L_A = avsluttet lengdetilvekst (vintersone) ved alder A

Metoden for volumbestemmelsen av mageinnholdet er etter Hynes (1950) punktmetode. Fiskens lengde er målt fra snute til ende av sammenlagt halefinne (total length) i 1974 (Lagler 1971). I 1973 ble lengden målt til kløften i halefinnen som gir større verdier ved utregning av kondisjonsfaktor k. Beregninger av k-verdier i 1973 og 1974 ga følgende resultat:

	1973	1974	$\Delta \bar{k}$
\bar{k} røye	0,977	0,771	0,206 \approx 0,2
\bar{k} ørret	1,263	1,086	0,177 \approx 0,2

Dette viser at k-verdier basert på de to forskjellige lengdemålinger kan sammenlignes ved en korreksjon av k med 0,2 enheter.

Stingsild er fanget med en felle av pleksiglass som vist i fig. 7.10 i IBP handbok nr. 3 (Bagenal & Braum 1971).

Resultater

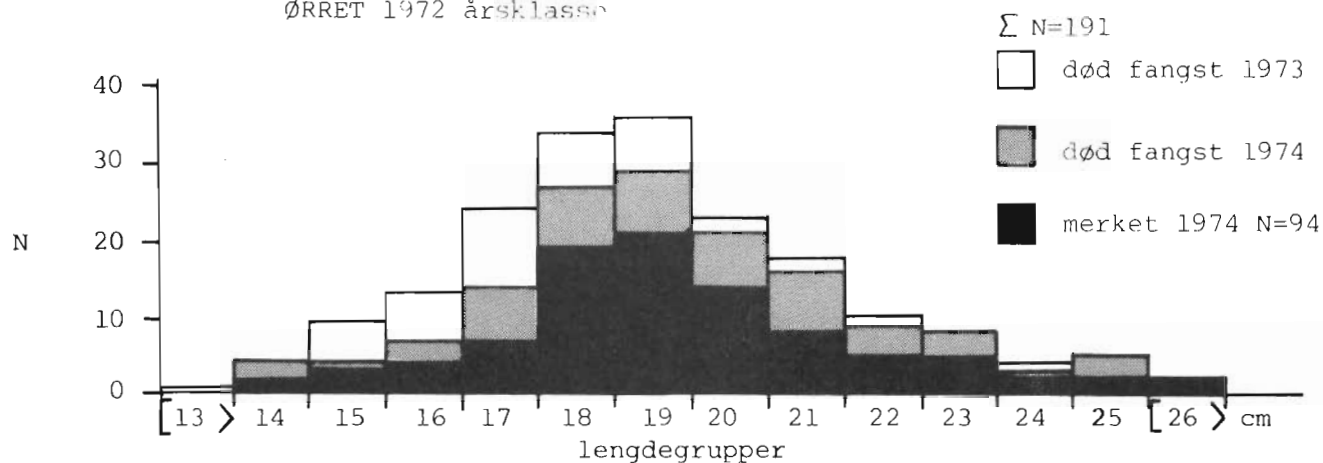
Lengdefordeling - ørret og røye

Totalt er det fanget i 1973 og 1974 752 røye hvorav 381 er finneklipt og satt ut igjen. De 371 døde tatt ut av populasjonen fordeler seg på 215 i 1974 og 156 i 1973. I hovedsaken var det bare bunngarn med maskestørrelse 19 og 22 mm som fanget både røye og ørret, lengdefordelingen av hele materialet er vist i fig. 1. At flytegarnene bare fanget enkelte fisk, viste klart at både røye- og ørretbestanden er lite pelagisk, men er sterkt knyttet til bunnen, spesielt de grunneste områder (0-10 m dyp). Yngelgarnene (maskevidde 9, 13, 17 mm) ble brukt for å fange røyeyngel, men med negativt resultat. Oppholdsstedet for røyeyngelen er ukjent, den eneste plass som enda ikke er undersøkt er på den ene gyteplass røyahar i innsjøen. Denne plass er sterkt avgrenset til et smalt belte (10-20 m bredde?) fra ca. 5 m dyp og dypere. Et meget lite antall av røyebestanden når en vekt på flere kg, den største røye tatt skal være på over 6 kg. Disse større røyer er gjenstand for en viss beskatning med grovmaskede garn. Hittil er det fanget bare en fisk over 26 cm lengde, en røye på 2,7 kg som hadde mageinnhold av stingsild.

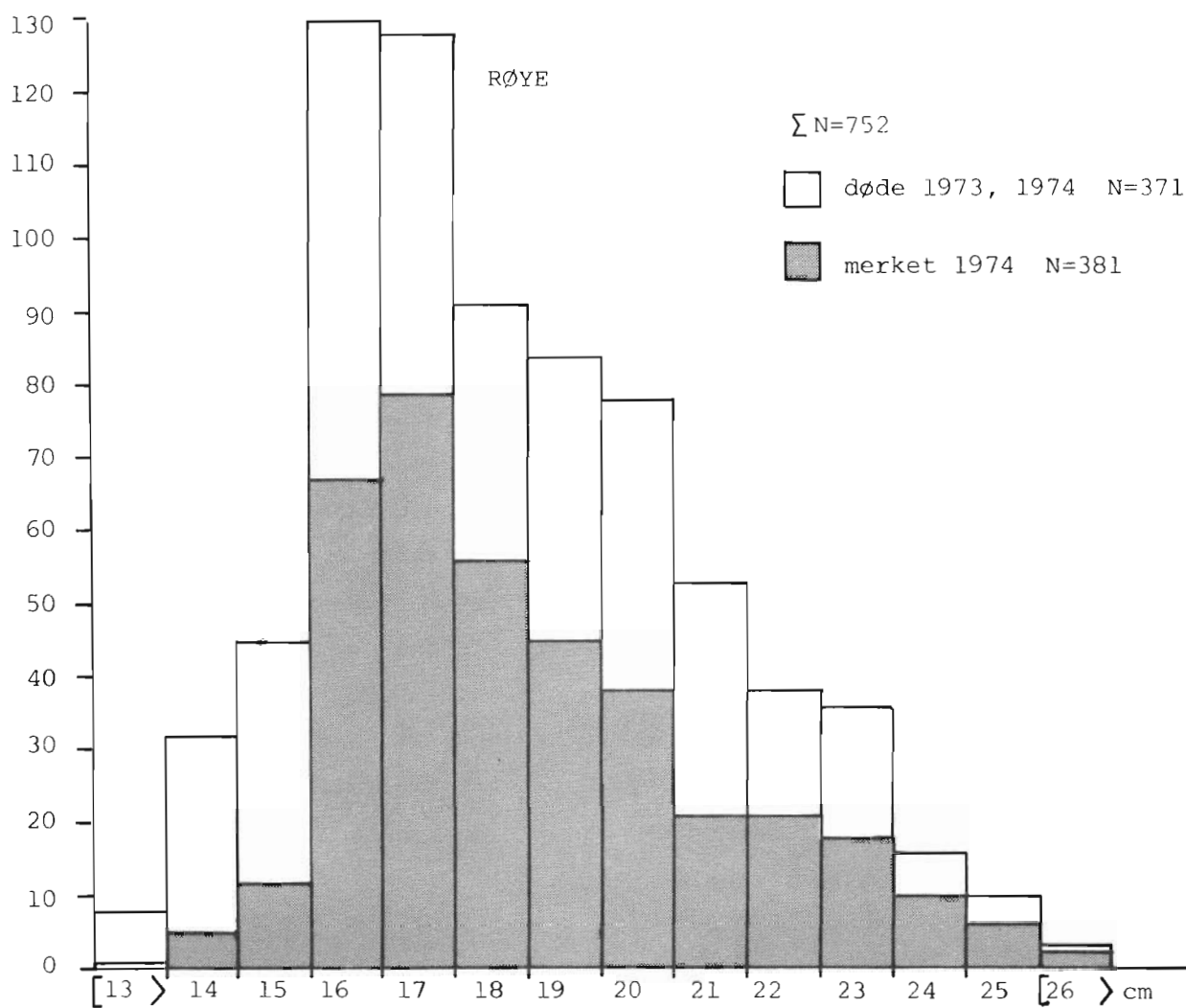
Merking- og gjenfangstforsøk av røye og ørret

Resultater av disse forsøk framgår av tab. 1 og 2. Bestandsestimeringer er gjort etter Schnabels estimat (Robson & Regier 1971). Av dette går det fram at røye- og ørretbestanden for fisk fra og med 16 cm lengde, er av størrelsesorden 3800 røye og 500 ørret. Standardfeil (S.E.) for estimatene i juni er beregnet til 1027 røye og 127 ørret.

ØRRET 1972 årsklasse

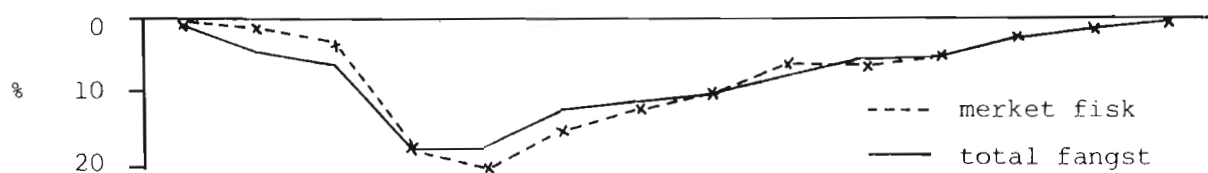


lengdegrupper



N

[13 > 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 [26 > cm



Figur 1. Lengdefordeling av røye og ørret i Langvatn 1973 og 1974.
N=antall fisk.

Tabell 1. Estimering av røyebestanden \hat{N} for lengdegruppen 16-30 cm i Langvatn 1974

Dato	Total fangst av røye c	Antall merket røye	Antall merket røye tilstede m	c·m	$\sum c \cdot m$	Antall gjenfangster r	$\sum r$	$\hat{N} = \frac{\sum c \cdot m}{\sum r}$
14. mai	70	49	0					
15. mai	135	107	49	6615	6615	2	2	3307
16. mai	99	72	155	15345	21960	3	5	4392
12. juni	28	20	224	6272	28232	1	6	4705
13. juni	16	12	244	3904	32136	2	8	4017
14. juni	85	19	255	21675	53811	6	14	3843
4. august	33	0	271	8943		4	4	2235
22. oktober	13	11	267	3471	3471	1	1	3471
23. oktober	15	12	278	4170	7641	2	3	2547
25. oktober	67	48	290	19430	27071	4	7	3867
26. oktober	35	30	338	11830	38901	3	10	3890
27. oktober	$\sum c = 596$		367					

Tabell 2. Estimering av ørretbestanden \hat{N} årsklasse 1972 i Langvatn 1974

	Total fangst av ørret C	Antall merket ørret	Antall merket ørret m	Antall merket ørret tilstede c·m	$\sum c \cdot m$	Antall gjenfangster Y	$\sum Y$	$\hat{N} = \frac{\sum c \cdot m}{\sum Y}$
13.-15. mai	46	39	0					
16. mai	44	32	39	1716	1716	2	2	858
12. juni	21	7	70	1470	3186	4	6	531
13. juni	18	12	76	1368	4554	2	8	569
14. juni	24	4	87	2088	6642	6	14	474
4. august	6	0	88	528	528	1	1	528

Konfidensintervall for $N = \hat{N} \pm 2 \cdot S.E.$ gir da

$$1789 < N_{\text{røye}} < 5897$$

$$220 < N_{\text{ørret}} < 728$$

Den totale fangst av røye og ørret på 752 røye og 191 ørret gir et forholdstall mellom disse på 1:4. Rekruttering av fisk som har nådd fangbar størrelse i tiden fra merking til gjenfangstforsøk i tillegg til naturlig mortalitet, vil bevirke overestimering av bestanden (Robson & Regier 1971). Økt dødelighet av de merkede fisk som er satt ut, vil også bidra til å overestimere bestanden. Disse momenter indikerer at røyeantallet er overestimert og sannsynligvis skal ligge nærmere. Fig. 1 viser at det er god overensstemmelse mellom lengdefordelingen av den totale fangst og fisk som er merket, slik at denne forutsetning for overnevnte estimat er tilfredsstillende oppfylt. Til merkeforsøkene er det i hovedsaken ikke benyttet garn med finere maskevidde enn 17 mm. På grunn av garnseleksjon (Jensen 1972) har derfor ikke fisk under 16 cm hatt like stor sjanse som de større fisk, til å bli fanget.

Ingen nyrekruttering av ørret er skjedd slik at estimatet av ørretbestanden er ikke påvirket av denne faktor. Det er sannsynlig at ørretbestanden består av ca. 500 fisk. En reduksjon av antallet ørret fra utsatt 3000 ensomrige i oktober 1972 til 500 i juni 1974 indikerer en dødelighet på 60-70% første år etter utsetting og 50-60% det andre året etter utsetting. Dette stemmer bra med egne resultater for ørret fra undersøkelser i elver med elektrisk fiskeapparat i Selbusjøens tilløpselver og Frost & Brown (1972).

Totalt er det merket 381 røye som tilsvarer ca. 10% av bestanden (fisk ≥ 16 cm) og 94 ørret som utgjør nær 20% av all ørret i innsjøen (1972-årsklassen).

Under finneklipping av røye ble det observert at enkelte fisk naturlig manglet fettfinne. Området på fisken der fettfinnen skulle vært utviklet var noe mørkere enn rundt omkring og var helt glatt å føle på slik at det ikke var vanskelig å skille disse fisk fra de som ble finneklipt og senere gjenfanget. Totalt er det observert 25 fisk som manglet naturlig fettfinne av et materiale på 596 røye i 1974, dvs. 2,4% manglet fettfinne.

Vekstanalyser

Fig. 2. viser gjennomsnittlige alders- og vekstanalyser for likevekstpopulasjoner av røye og ørret. Aldersanalysene ved hjelp av otholitter og vekstanalyser ved fiskens skjell viste at de største røyer opp til 25 cm lengde var 8-10 år gamle. Det synes som det femte leveår er kritisk for røyebestanden, da har veksten stagnert radikalt og den spesifikke veksthastighet (G_1) synker årlig fra ca. 9% til ca. 2% i det 10. år. Tilvekstanalysene er brukbare til og med den femte vintersone. Skjellene viser at herfra stagnerer veksten og det blir umulig å tilbakeberegne veksten de påfølgende år, som otholittene viser, hvorfor en antatt tilvekstkurve er trukket fra det 5. år til 10. år (fig. 2).

Ørretårsklassen 1972 viste en utrolig tilvekst det andre året og nådde da i gjennomsnitt en lengde på 17,3 cm, dvs. en tilvekst det andre året på 12,6 cm eller en spesifikk veksthastighet (G_1) = 128% mot $G_1 = 69%$ i det første året. Røya hadde til sammenligning G_1 første år på 75% og 65% det andre året.

Av de merkede ørret i mai ble 12 gjenfanget i juni. Disse fisk som hadde i gjennomsnitt vokst fra 18,8 cm til 19,5 cm, ga en spesifikk veksthastighet (G_1) på 0,12% pr. døgn (44% pr. år). En fisk gjenfanget i juli hadde hatt $G_1 = 0,15%$ pr. døgn (55% pr. år) mens en annen ørret fanget i august hadde $G_1 = 0,34%$ pr. døgn (124% pr. år). Dette er ekvivalent med $G_v = 132, 165$ og 248% vekttilvekst pr. år.

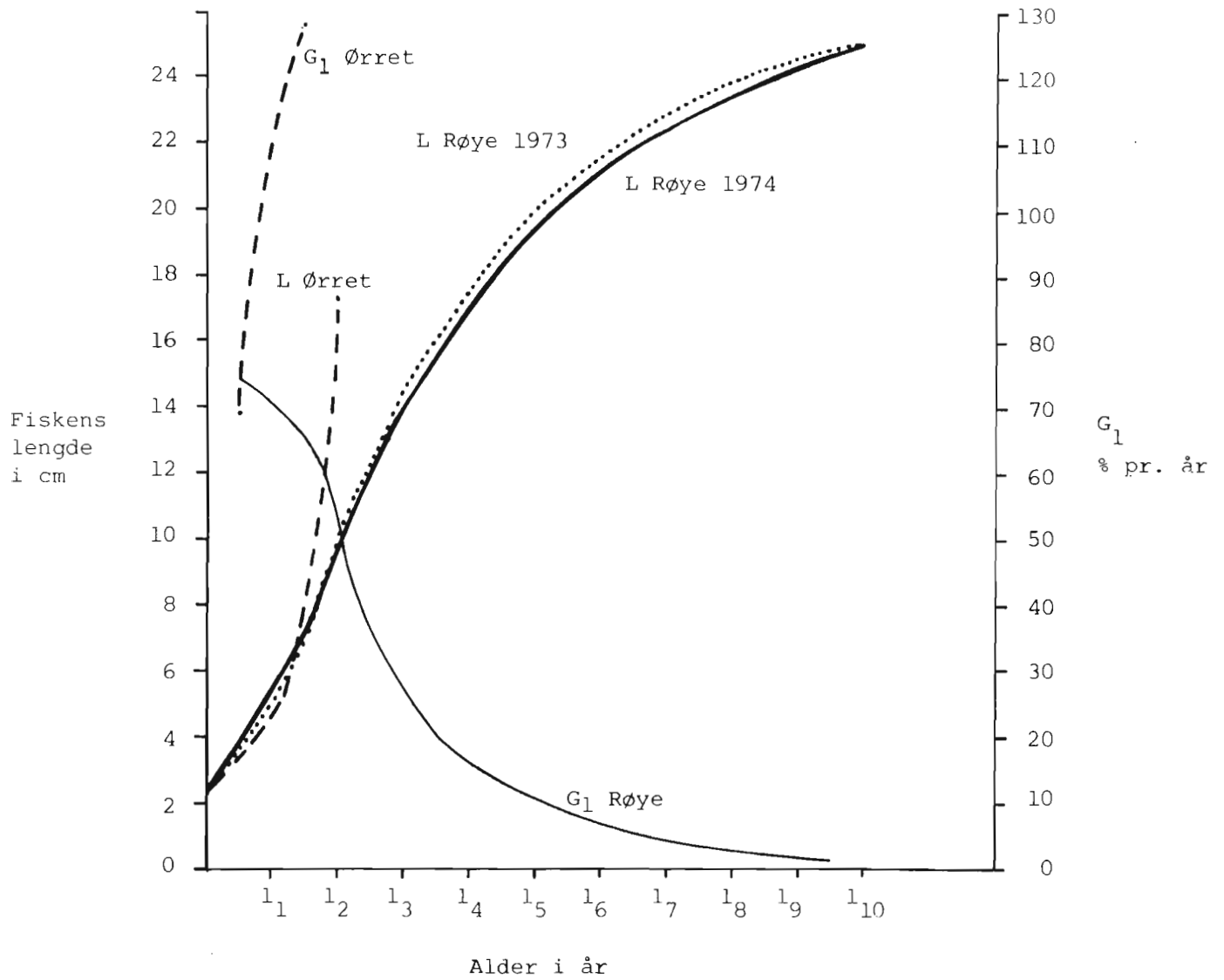
Ernæringsundersøkelser

Røyas føde er betydelig mer variert kvalitativt enn ørretens næring (fig. 3 og 4). Grupperes næringsdyrene som følgende: bunndyr, fisk, plankton og overflateinsekter (luftinsekter og fjærmygg-larver og -pupper) gir dette gjennomsnittlig for 1973 og 1974 som volumprosent:

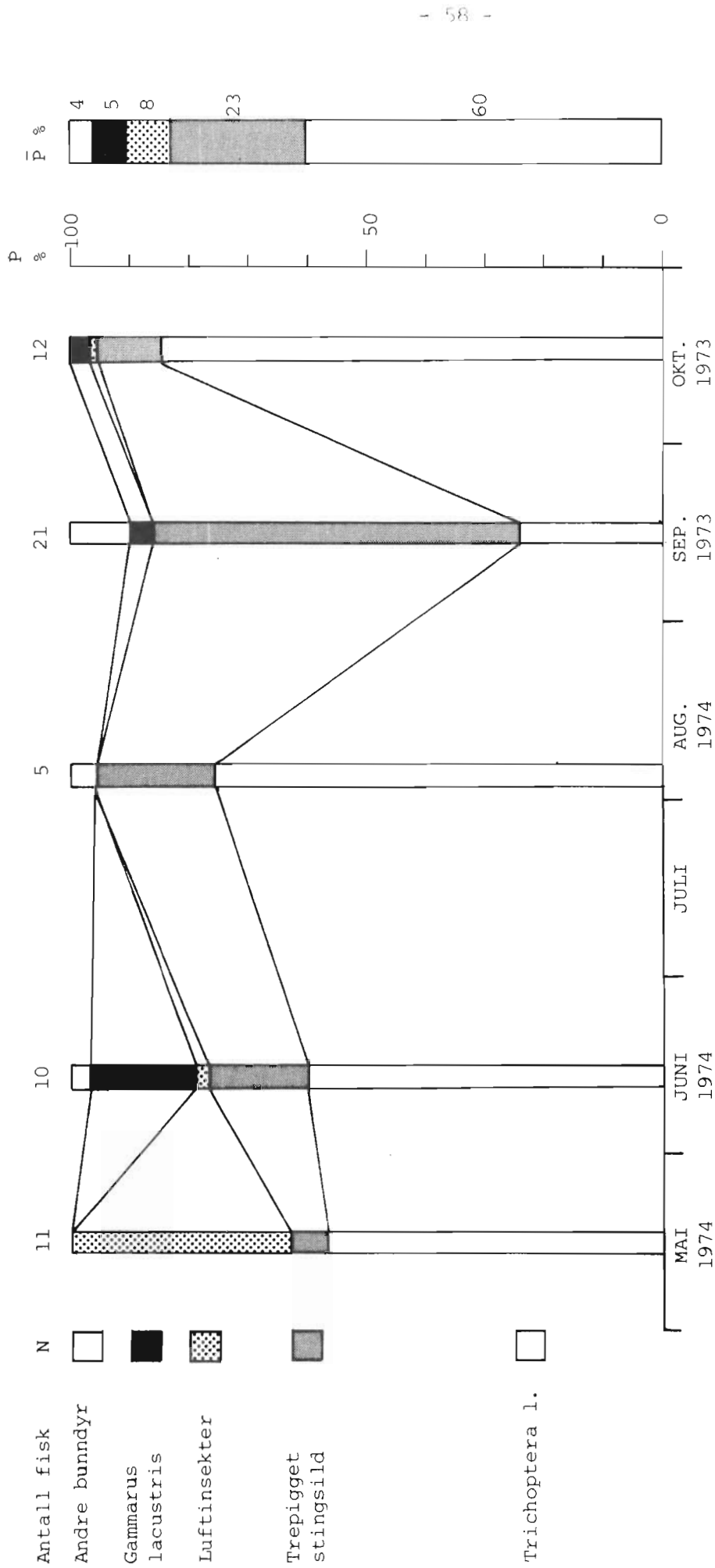
49 - 20 - 11 - 20 for røye og

69 - 23 - 0 - 8 for ørret

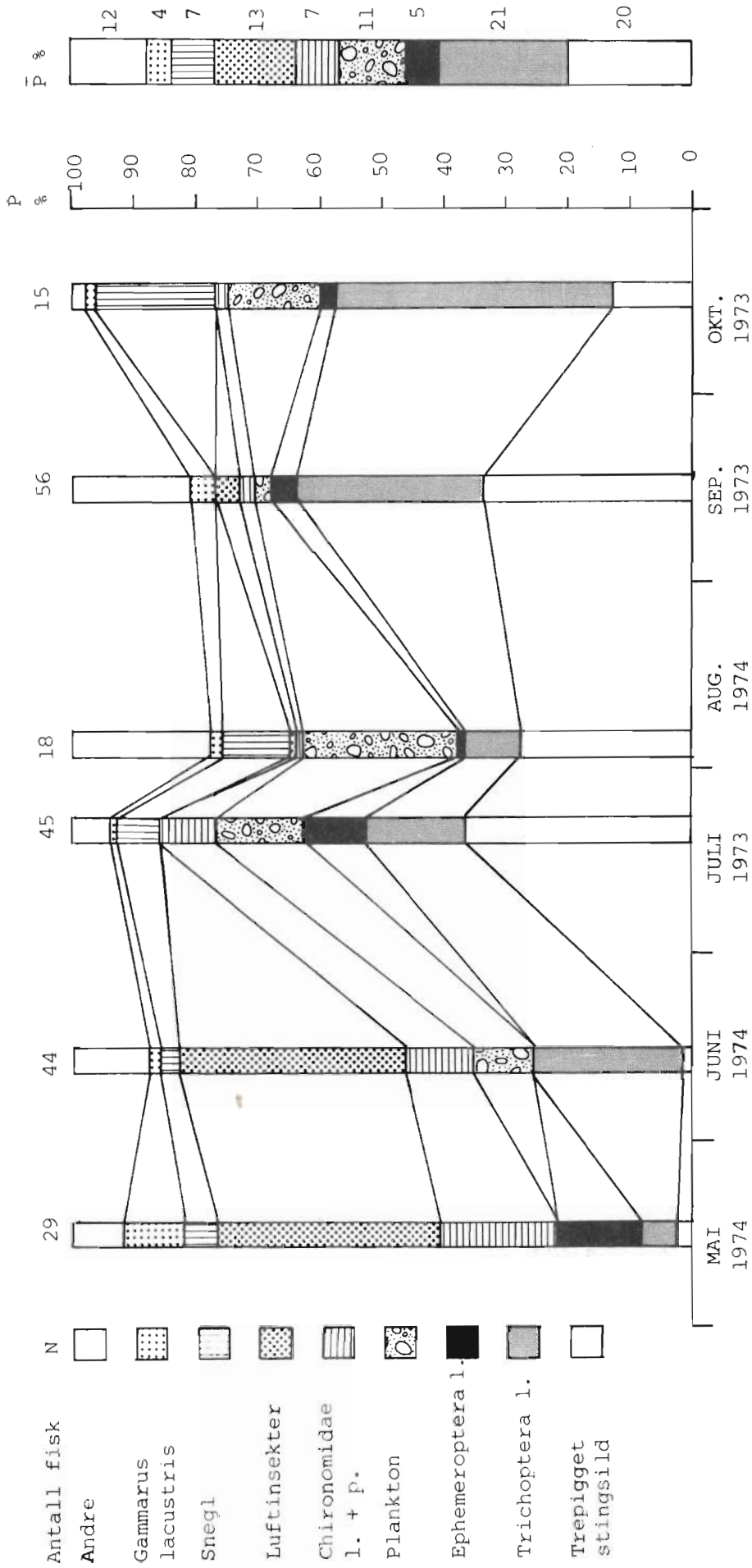
Av fjærmygg (Chironomidae) er det overveiende pupper som er funnet i fiskemagene. Av fisk er det kun funnet rester av trepigget stingsild som har vært mulig å identifisere. At marflo (*Gammarus lacustris*) utgjorde en liten andel av fiskens næring (4% hos røye og 5% hos ørret) tyder på liten, sterkt



Figur 2. Tilvekst hos likevektspopulasjoner av røye og ørret i Langvatn 1973 og 1974. L=lengde i cm ved avsluttet årsvekst, G_1 =spesifikk veksthastighet i %.



Figur 3. Volumprosent P av næringsdyr hos ørret i Langvatn 1973 og 1974. $\Sigma N=59$. Søyle til høyre i figuren, \bar{P} , er middelverdier for hele materialet.



Figur 4. Volumprosent P av næringsdyr hos røye i Langvatn 1973 og 1974. $\Sigma N=207$.

Søyle til høyre i figuren, \bar{P} , er middelverdi for hele materialet.

nedbeitet bestand. At planktonet utgjorde såvidt liten andel som 11% hos røye og 0% hos ørret har sammenheng med levesettet tidligere beskrevet (bunn garnfangst og flytegarnfangst). Av planktoniske arter er det 3 arter som har betydning. Disse næringsyr; *Eubosmina longispina*, *Holopedium gibberum*, *Heterocope appendiculata* og andre er funnet i røyas mageinnhold i følgende forhold: 4 : 3 : 2 : 1

Kondisjon, gyting og parasitter hos røye og ørret

Den markerte forskjellige veksthastighet hos røye og ørret har også gitt store forskjeller i kondisjon (tab. 3).

Tabell 3. Kondisjon hos ørret og røye i 1974

	RØYE		ØRRET
	<20 cm	totalt	
mai	0,708	0,722	1,088
juni	0,725	0,739	0,993
august	0,810	0,844	1,178
oktober	0,781	0,779	-
\bar{k} 1974	0,756	0,771	1,086
minimumsverdier:	0.49, 0.56, 0.54,		0.87, 0.79, 0.96
	0.52, 0.58		0.96, 0.97
Maximumsverdier:	1.03, 1.04		1.20, 1.22, 1.22

Den ekstremt lave kondisjon hos røye tyder på at sult eller utilstrekkelig næringstilgang er en vesentlig faktor i populasjonens dødelighets-hastighet. Kondisjonen var lavest om våren, i mai og juni. Alle de refererte minimumsverdier for røye (0.49-0.58) er fra dette tidspunkt, disse fisker varierte fra 24-31 gram. Reimers (1957) fant at i løpet av en periode på 120 døgn fra 1. juni, døde 82% av 50 sveltet ørret. Deres gjennomsnittlige k-faktor var 0.49-0.55. Han fant at sveltet ørret generelt døde når kondisjonsfaktoren falt under 0.55-0.60.

Borgstrøm (1973) fant tilsvarende lave kondisjonsverdier for ørret, lavest i september 1971, i Mårvann på Hardangervidda. Dette var sannsynligvis et resultat av utilstrekkelig næringstilgang forårsaket av erosjon og turbid vatn på grunn av ekstrem senkningsregulering.

Ørretens høye kondisjonsfaktor $\bar{k} = 1,09$ gjenspeiler den høye tilveksthastighet tidligere nevnt.

Den gjennomsnittlige prosent av gytere for hele materialet var 59 for røye <20,1 cm, 75 for røye over 20,1 cm til 25,0 cm, mens de få røyer

over 25,0 cm var alle gytere. Frekvensen av gytere i de laveste lengdegrupper var 57% - 13 cm, 70% - 14 cm, 42% - 15 cm, 30% - 16 cm, 34% - 17 cm. Dette viser at en vesentlig del (over 50%) av røyebestanden blir gytemoden så tidlig som i en alder av 3 år ved en lengde på 13-14 cm (fig. 2).

Hos ørret er det observert kun én gyter i stadium III.

Kjøttfargen hos røya er overveiende kvit, men noe mer rødfarget hos ørreten.

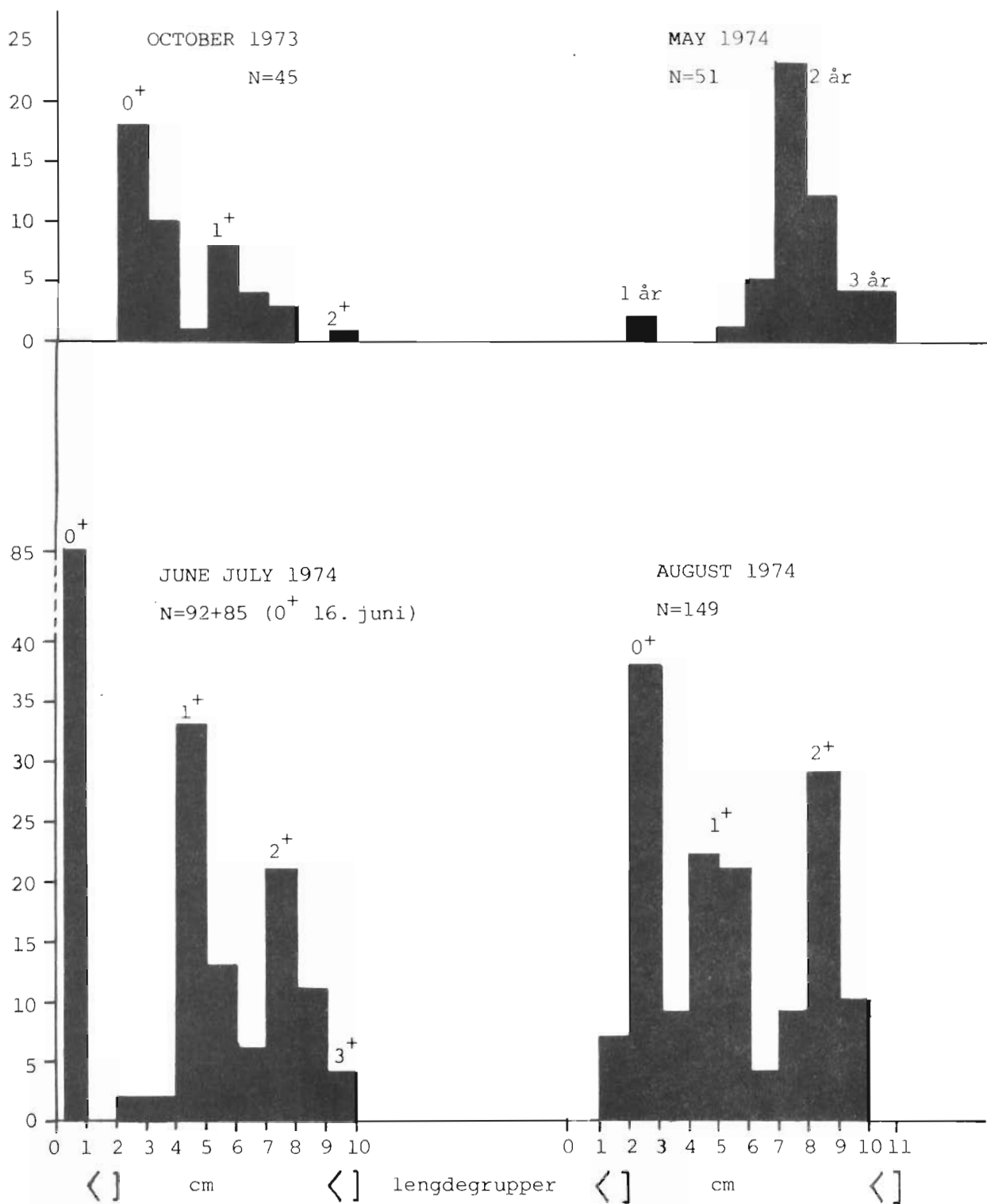
Infeksjonsgraden av cyster av bendelorm i kroppshulen hos røye og ørret var meget lav, infeksjonsgrad på over 1 (av en skala på 0, 1, 2, 3, 4) ble observert bare hos enkelte fisk.

Trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus* L.)

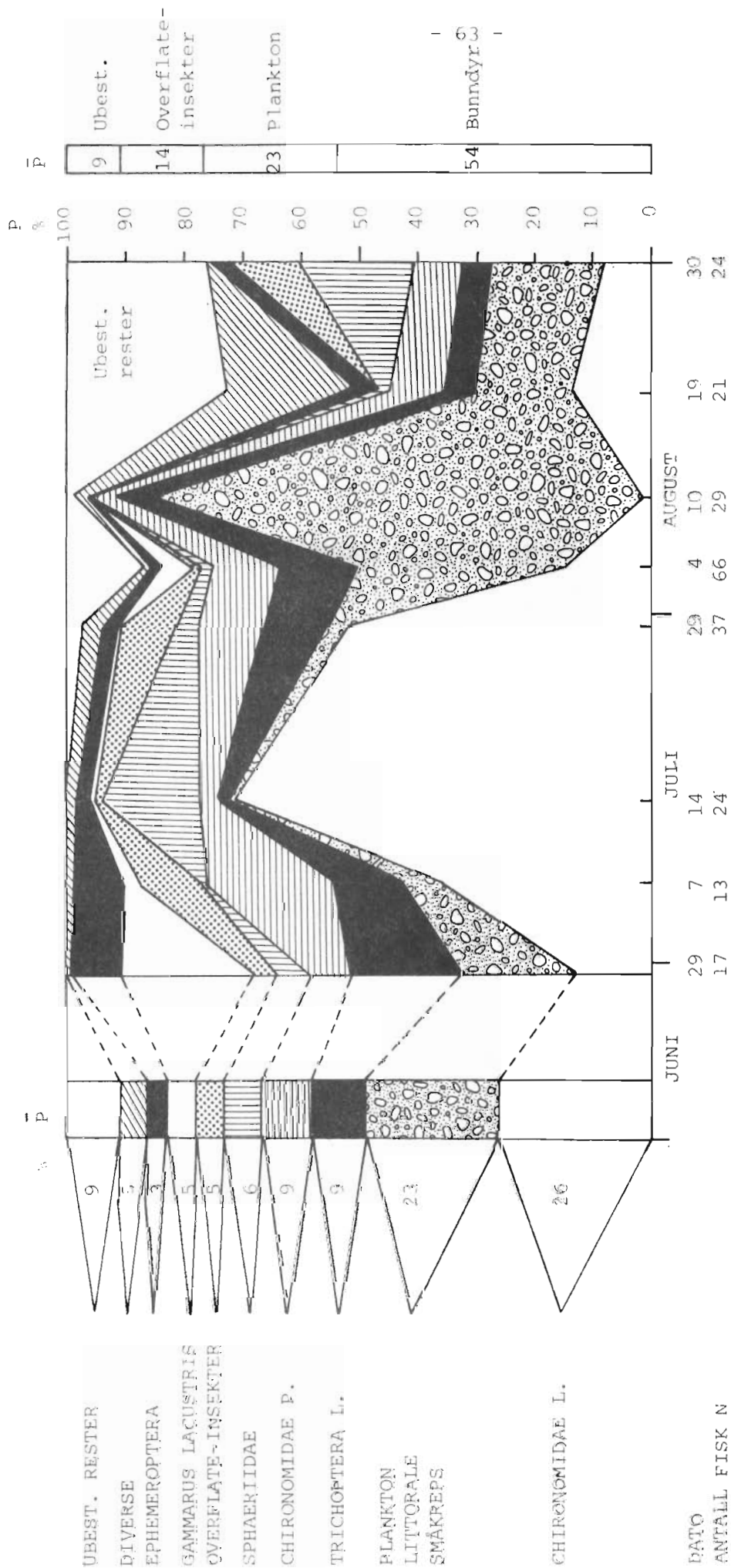
Stingsildfangst til populasjonsfordeling og aldersbestemmelser er samlet inn fra følgende tidspunkter: 16.10.1973, 13.5., 29.6., 7.7., 14.7., 29.7., 4.8., 10.8., 19.8. og 30.8.1974. I fig. 5 er materialet samlet for hver måned og gruppert i lengdegrupper. Dette materialet er fra fellefangst i gruntvannssonen på 0,3-1 m dyp. Også betydelige mengder av stingsild er fanget flere ganger i juli og august på flytegarn med maskestørrelse 9 mm. Stimer av stingsild er observert flere ganger i overflaten langt ute på vatnet. Dette viser at stingsilda i betydelig grad også fører et pelagisk levesett. Materialet bare fra gruntvannssonen kan derfor gi store feilkilder i å fange et representativt utvalg av populasjonen, dette kommer tydelig fram i materialet i mai (fig. 5), hvor de 1.år gamle individer er underrepresentert. Otholitter er benyttet til å bestemme fiskens alder, denne metode er tidligere utførlig beskrevet av Jones & Hynes (1950). Lengdefordelingen etter Petersens metode, fig. 5, (Tesch 1971) og aldersanalysen ved otholitter, viste at stingsilda blir 3 år gamle. De eldste individer dør i sin 4. sommer (3-3½ år gamle). Gyting og klekking skjer i mai og juni. Den 16.6.1974 ble det observert store stimer av nyklekket stingsild som lett kunne fanges. Disse hadde da i gjennomsnitt nådd en lengde på 0,7-0,8 cm.

Jones & Hynes (1950) fant ingen fisk i sin fjerde sommer (4s) etter september, som indikerer at arten sannsynligvis ikke lever lenger enn 3½ år.

Analyser av mageinnholdet etter Hynes (1950) punktmetode, ble utført på stingsild fanget i gruntvannssonen. Her utgjorde i middel (\bar{P}) for hele sommeren bunndyr 54% av mageinnholdet, mens plankton og littorale småkreps utgjorde 23% og overflateinsekter 14% (fig. 6). Det er sannsynlig at mageanalyser av stingsild fanget i pelagisk sone ville gitt et annet



Figur 5. Lengdefordeling av trepigget stingsild i Langvatn 1973 og 1974.
 $\sum N=422$.

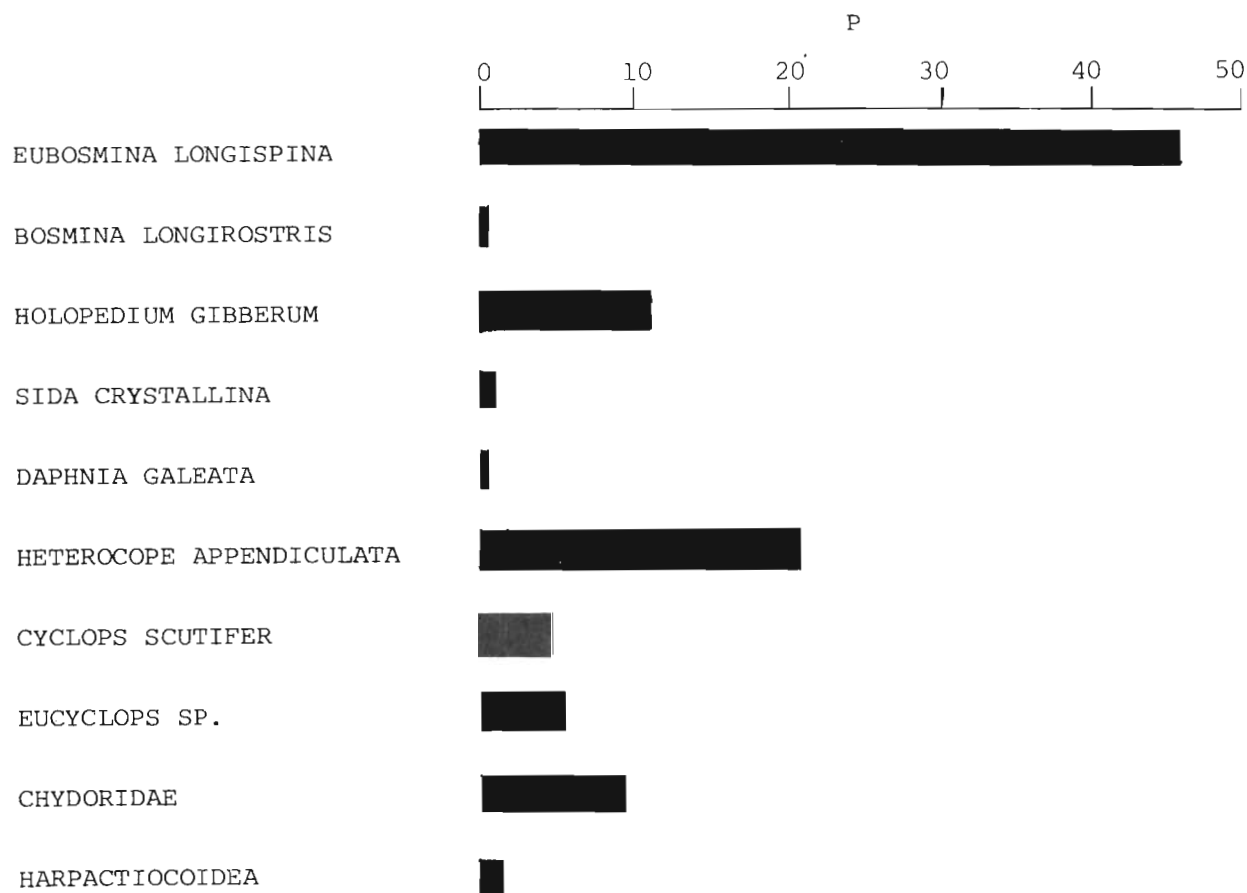


Figur 6. Volumprosent P av næringsdyr hos trepigget stingsild i Langvatn 1974. $\sum N = 231$

Søyler til høyre og venstre i figuren, \bar{P} , er middelværdier for hele materialet.

resultat, med forskyvning over i større innslag av planktonkreps.

Artsbestemmelser av de planktoniske krepsdyr i mageinnholdet viste stor dominans av *Eubosmina longispina*, i middel for hele sommeren 46%, mens *Heterocope appendiculata* utgjorde 21% og *Holopedium gibberum* (13%) (fig. 7). Den mindre *Bosmina*-form *Bosmina longirostris* ble bare i sjeldne tilfeller funnet < 1%. Dette tyder på at stingsild og røye øver et mye sterkere predasjonstrykk på *E. longispina* enn *B. longirostris*.



Figur 7. Volumprosent P av næringsdyr (plankton og littorale småkreps) hos trepigget stingsild i Langvatn 1974 i middel for tidspunktene 29.6.-7.7.-14.7.-29.7.-4.8.-10.8.-19.8.-30.8. $\Sigma N=231$.

Litteratur

- Borgstrøm, R. 1973. The effect of increased water level fluctuation upon the brown trout population of Mårvann, a Norwegian reservoir. *Norw. J. Zool.* 21: 101-112.
- Bagenal, T. B. & Braum, E. 1971. Eggs and early life history, pp. 166-198 i *IBP håndbok No 3. Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ed. W. E. Richer. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Frost, W. E. & Brown, M. E. 1972. *The trout*. 286 pp. Collins, London.
- Hynes, H. B. N. 1950. The food of freshwater sticlebachs (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol.* 19:36-58.
- Jensen, K. W. 1972. Drift av fisk og fiskevann. *Fisk og fiskestell nr. 5*. Direktoratet for jakt, viltstell og ferskvannsfiske. 61 pp.
- Jones, J. W. & Hynes, H. B. N. 1950. The age and growth of *Gasterosteus aculeatus*, *Pygosteus pungitius* and *Spinachia vulgaris*, as shown by their otholiths. *J. Anim. Ecol.* 19: 59-73.
- Lagler, K. F. 1971. Capture, sampling and examination of fishes, pp. 7-44 i *IBP håndbok No 3. Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ed. W. E. Richer. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Reimers, N. 1957. Some aspects of the relation between stream foods and trout survival. *Calif. Fish and Game* 43: 43-69.
- Robson, D. S. & Regier, H. A. 1971. Estimation of population number and mortality rates, pp. 131-165 i *IBP håndbok No 3. Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ed. W. E. Richer. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Tesch, F. W. 1971. Age and growth, pp. 98-130 i *IBP håndbok No 3. Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ed. W. E. Richer. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

