

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN

O - 143/70

**Biologiske undersøkelser i  
Holsfjorden (Tyrifjorden)  
1971**

Saksbehandler: Cand.real. Arnfinn Langeland  
Medarbeider: Cand.mag. Eli-Anne Lindstrøm  
Rapporten avsluttet mai 1972

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	5
1. METODER	7
1.1 Fysisk-kjemiske metoder	7
1.2 Biologiske metoder - bakterier	8
1.3       "       "        planteplankton	9
1.4       "       "        dyreplankton	10
2. FYSISKE OG KJEMISKE FORHOLD	10
3. PARTIKKELINNHOOLD	14
4. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD	18
4.1 Resultater	18
4.2 Diskusjon	18
5. FOREKOMST AV PLANTEPLANKTON, DYREPLANKTON OG BAKTERIER	20
5.1 Planteplankton	20
5.2 Dyreplankton	30
5.3 Heterotrofe bakterier	44
5.4 Diskusjon av produktive tilstander	45
6. VURDERING AV VANNINNTAKETS PLASSERING OG DRIKKEVANNSKVALITET	50
7. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	52
8. LITTERATUR	55

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Fysiske og kjemiske analyseresultater i Holsfjorden april-desember 1971	11
2. Observasjoner av temperatur, siktedyp og vannfarge mot sikteskive i Holsfjorden mars-desember 1971	12
3. Fremtredende partikkeltyper i Holsfjorden juni-desember 1971	15
4. Håvplankton-biomasse i Holsfjorden 1971	16
5. Bakteriologiske forhold i Holsfjorden utenfor Toverud i Sylling april-desember 1971	19
6. Planteplankton i Holsfjorden 1969, 1971, overflatehåvtrekk	21-25
7. Planteplankton i Holsfjorden 1967, 1969, 1971 - kvantitative prøver	26-27
8. Planteplankton i Holsfjorden på 1 m dyp 1967, 1969, 1971 - kvantitativt viktige arter, utdrag av tabell 7	28
9. Dyreplankton i Holsfjorden mars-desember 1971	31
10. Vertikalfordeling av dyreplankton i Holsfjorden 1971	
10 A. Vertikalfordeling 15. juni 1971	32
10 B. Vertikalfordeling 8. juli 1971	33
10 C. Vertikalfordeling 10. august 1971	34
10 D. Vertikalfordeling 28. september 1971	35

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Håvplankton-biomasse i Holsfjorden juli, august og september 1971	17
2. Vertikalfordeling av <i>Daphnia galeata</i> (krepsdyr) i Holsfjorden 15. juni, 8. juli, 10. aug. og 28. sept. 1971	36
3. Vertikalfordeling av <i>Bosmina obtusirostris</i> (krepsdyr) i Holsfjorden 15. juni, 8. juli, 10. aug. og 28. sept. 1971	37
4. Vertikalfordeling av <i>Eudiaptomus gracilis</i> (krepsdyr) i Holsfjorden 15. juni, 8. juli, 10. aug. og 28. sept. 1971	38
5. Vertikalfordeling av <i>Cyclops scutifer</i> (krepsdyr) i Holsfjorden 15. juni, 8. juli, 10. aug. og 28. sept. 1971	39
6. Sammenheng mellom næringsopptak og partikkelstørrelse for enkelte dyreplanktonarter i Holsfjorden. Omarbeidet etter Gliwicz 1970	40

## F O R O R D

I brev av 2/9-1970 fra Asker kommune ble det rettet en forespørsel til Norsk institutt for vannforskning (NIVA) om undersøkelse av Holsfjorden. Våre brev av 3/11-1970 og 14/2-1972 skisserer hovedlinjer og kostnadsoverslag for undersøkelsen. I brev av 9/11-1970 fra Asker kommune ble NIVA bedt om å sette i gang undersøkelsen etter det skisserte program.

Tyrifjorden inkludert Holsfjorden er tidligere undersøkt av NIVA, (rapport 1970). Dette var i det vesentligste en fysisk og kjemisk undersøkelse. Etter konferanse mellom oppdragsgiver, Statens institutt for folkehelse, og NIVA ble det bestemt at en fortsatt undersøkelse skulle legge hovedvekten på beskrivelse av de biologiske forhold.

Hensikten med denne undersøkelse har vært å fremskaffe et supplerende materiale som grunnlag for å vurdere Holsfjordens tjenlighet som drikkevannskilde for Osloområdet i dag og i fremtiden. Innenfor denne målsetting har undersøkelsen tatt sikte på å klarlegge følgende problemstillinger:

1. Bakteriologiske eller hygieniske forhold ved det planlagte vanninntak ved Toverud i Sylling.
2. Kvalitativ og kvantitativ beskrivelse av partikkelinnholdet med henblikk på at dette kan forårsake problemer ved drikkevannsforsyning.
3. Næringsanrikning (eutrofiering), dvs. anrikning i et hvilket som helst ledd i næringskjeden så som mengder av næringsstoffer og produksjon av planter, dyr og bakterier osv.
4. Gunstigste dybde for vanninntaket.

Samtidig med denne undersøkelsen, som foregikk i tidsrommet fra 11. mars til 14. desember 1971, har NIVA samlet inn fysiske og kjemiske data ved sin "dekadestasjon" midt i fjorden utenfor Skaret, Homledal, i regi av IHD (Internasjonale Hydrologiske Dekade). Denne stasjon er valgt som hovedstasjon også for den foreliggende undersøkelse da området antas å være representativt for Holsfjorden. Alle vannprøver til kjemiske analyser og planktonprøver er innsamlet her. De bakteriologiske prøver er samlet inn ved planlagt vanninntak ved Toverud.

Den økonomiske ramme har vært avgjørende for de krav som ble stilt til undersøkelsen angående undersøkelsesparametre, antall prøve-stasjoner og antall prøver.

Bestemmelser av tungmetaller er ikke tatt med i denne undersøkelsen.

Vedrørende morfometrisk, fysisk og kjemisk beskrivelse av Holsfjorden henvises til beskrivelser hos Strøm (1932) og NIVA (1970).

Cand.mag. Eli-Anne Lindstrøm ved vårt institutt har bearbeidet plantep planktonmaterialet.

Oslo, mai 1972

Arnfinn Langeland.

## 1. METODER

### 1.1 Fysisk-kjemiske metoder

De kjemiske analyser er utført ved instituttets kjemilaboratorium etter standard metoder.

#### Temperatur

Temperaturen er målt med Richter og Wiese vendetermometer med oppgitt nøyaktighet på  $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$ , og enkelte ganger med vanlig kalibrert termometer inndelt i 1/10 celsiusgrader.

#### Siktedyp

Siktedypet er målt med Secchi-skive som senkes ned i vannet til den ikke kan sees.

#### Farge

Vannprøvens farge etter filtrering ble målt fotometrisk med en standardløsning av platina-klorid som referanse.

Benevning: mg Pt/l.

#### Turbiditet

Dette er et mål for vannprøvens innhold av suspenderte partikler. Bestemmelsen utføres som en lysspredningsmåling med fotoelektrisk kolorimeter som er kalibrert mot en standard formasinløsning. Ved analysene fra og med august 1971 er et nytt apparat benyttet slik at måletallene ikke direkte er sammenlignbare.

Benevning: JTU-enheter.

#### Nitrat

Den benyttede analysemetode vil inkludere så vel vannprøvens innhold av nitrat som nitrit. Analysen ble foretatt kolorimetrisk med Technicon AutoAnalyzer. Nitrat reduseres i en kadmium-kobber kolonne ved pH 8,6 til nitritt, nitritt diazoteres med sulfanilsyre og kobles med  $\alpha$ -naftylamin.

Benevning:  $\mu\text{g N/l}$ .

### Total nitrogen

Organisk nitrogen og ammonium er foto-oksydert med en høytrykks kvikksølvbuelampe i nærvær av hydrogenperoksyd (pH ca. 7,0). Summen av  $\text{NO}_3$  og  $\text{NO}_2$  som dannes på denne måte sammen med det opprinnelige  $\text{NO}_3$  og  $\text{NO}_2$ , er bestemt med Technicon AutoAnalyzer som beskrevet for nitrat.

Benevning:  $\mu\text{g N/l}$ .

### Jern

Jern er bestemt kolorimetrisk med Technicon AutoAnalyzer med tripyridyl-s-triazine (TPTZ) som reagens.

Benevning:  $\mu\text{g Fe/l}$ .

### Mangan

Mangan er bestemt med Perkin Elmer Atomabsorpsjons spektrofotometer.

Benevning:  $\mu\text{g Mn/l}$ .

### Tørrstoff

Tørrvekten er bestemt etter filtrering av vannprøven gjennom glassfiberfilter (Whatman GF/C) og tørking ved  $105^\circ\text{C}$  i én time.

### Gløderest

Filter med partikler for tørrvektbestemmelsen er glødet ved  $580^\circ\text{C}$  i 20 minutter og gløderesten veiet på Cahn mikro analysevekt.

## 1.2 Biologiske metoder - Bakterier

Bakteriologiske prøver er samlet inn på sterile flasker med en spesialkonstruert henter. Prøvene er analysert etter standard metoder ved NIVA's bakteriologiske laboratorium.

Analysen for coliforme bakterier er utført etter en membranfiltermetode med M-Endo Broth MF-medium, ved  $35^\circ\text{C}$  i  $18 \pm 1$  time.

Benevning: Antall pr. 100 ml.

Analysen for termostabile coliforme bakterier er utført etter en membran filtermetode med M-FC-medium, ved  $44,5^\circ\text{C}$  i  $24 \pm 1$  time.

Analysen representerer sannsynlige tarmbakterier fra mennesker og varmblodige dyr.

Benevning: Antall pr. 100 ml.



Kimtallsanalysen representerer antall heterotrofe bakterier som vokser på definert næringsmedium ved bestemte temperaturer.

Analysene fra Holsfjorden er utført ved å inkubere i ett døgn ved 37°C og 3 døgn ved 20°C.

Benevning: Antall pr. 1 ml.

### 1.3 Biologiske metoder - Planteplankton

Kvalitative planteplanktonprøver er samlet inn ved overflatavtrekk med planteplanktonhåv med maskevidde 25 µm. Som støtte for de kvantitative analyser, er det ved bearbeidelsen foretatt en relativ, subjektiv mengdevurdering etter følgende skjema:

5 dominant, 4 hyppig, 3 vanlig, 2 sparsom, 1 sjelden og  
+ forekommer.

Kvantitative planteplanktonprøver, 100 ml prøveflasker, er samlet inn samtidig med prøver for kjemiske analyser med en Ruttner vannhenter.

De kvantitative planktonprøver er analysert ved sedimenteringsmetoden. 2 ml av prøven er tatt ut og har stått ett døgn for sedimentering. Opptellingen etterpå foregikk med omvendt mikroskop. Bare organismer, der minimum 20 eksemplarer fra en og samme prøve er registrert, er oppgitt i tabellen som antall celler/l. Forekomst av andre sparsomt forekommende organismer er markert med + i tabellen. Mengden av det planteplankton som er tallmessig representert, er oppgitt i % nederst i tabellen. En del av prøvene er kontrolltallet, og foreløpige statistiske beregninger viser at organismene i tellekammeret er tilfeldig og jevnt fordelt. Artene som er tallmessig representert i tabellen, antas derfor å være representative for tettheten av alger i Holsfjorden. Prøvene er fiksert på 2-4% formalin.  
Benevning: Antall celler pr. liter.

#### 1.4 Biologiske metoder - Dyreplankton

Til innsamling av kvantitative dyreplanktonprøver er det benyttet en Clarke-Bumpus planktonsamler som måler det filtrerte vannvolum under prøvetakingen. En omdreining på planktonsamlerens telleverk representerer 4,1 l filtrert vann. Vannet er silt gjennom planktonduk med maskevidde 95  $\mu\text{m}$ . Prøvetakingen har foregått ved å senke og heve planktonhenteren mellom forskjellige dybder, eksempel 10-15 m dyp, mens båten har kjørt med konstant hastighet. Det filtrerte vannvolum har gjennomgående ligget på 600 l. I tillegg er det samlet inn dyreplankton ved vertikale håvtrekk med planktonhåver med maskevidde 95  $\mu\text{m}$  og diameter 30 cm. For innsamling mellom forskjellige dyp er det benyttet en Nansen lukkehåv. Ved liten forekomst av håvplanteplankton ligger filtreringseffektiviteten for planktonhåvene mellom 70 og 80 %. Ved bearbeidelse av dyreplanktonprøvene er det benyttet en Wiborg planktondeler som deler prøven i 10 deler. Håvplanktonets (både plante- og dyreplankton) biomasse uttrykt som tørrvekt, er bestemt etter tørking ved 60°C i 1 time. Til beregning av dyreplanktonets biomasse som tørrvekt er det benyttet tallverdier fra litteraturen, samt egne observasjoner. Prøvene er fiksert på 2-4 % formalin.

## 2. FYSISKE OG KJEMISKE FORHOLD

De fysiske og kjemiske forhold er tidligere undersøkt av NIVA (1970). Det er også utført en del kontrollanalyser i 1971 som det fremgår av tabell 1. Observasjoner av temperatur, siktedyp og farge i 1971 fremgår av tabell 2.

De tidligere kjemiske undersøkelser viste at vannet i Holsfjorden hadde en nøytral eller svak sur karakter. Vannmassene var gjennom året godt mettet med oksygen med lite forbruk av oksygen i dyplagene som følge av nedbryting av organisk stoff. Videre var vannets innhold av organisk materiale relativt lavt med et permanganattall på ca. 3 mg O/l. Vannets farge varierte mellom 5 og 26 mg Pt/l. Middelerverdiene for total fosfor, total nitrogen, nitrat og spesifikk elektrolytisk ledningsevne lå henholdsvis på 10  $\mu\text{g P/l}$ , 290  $\mu\text{g N/l}$ , 160  $\mu\text{g N/l}$  og 32  $\mu\text{S/cm}$  (20°C) (NIVA 1970). Av de tidligere undersøkelser går det frem at de fysiske og kjemiske forhold hadde endret seg lite siden 1930, og at hovedvannmassene var lite forurensningspåvirket (NIVA 1970).

Tabell 1. Fysiske og kjemiske analyseresultater i Holsfjorden  
april-desember 1971.

21. april:

Dyp i m	Farge, filtr. mg Pt/l	Turbidi- tet J.T.U.	Nitrat µg N/l	Totalt nitrogen µg N/l	Jern µg Fe/l	Mangan µg Mn/l
1	7	0,09	200	300	70	<10
20	7	0,10	200	305	30	<10
50	4	0,10	200	305	30	<10
100	4	0,10	200	320	30	<10

15. juni:

Dyp i m	Farge filtr. mg Pt/l	Turbidi- tet J.T.U.	Nitrat µg N/l	Totalt nitrogen µg N/l	Tørr- stoff mg/l	Gløde- rest mg/l	Gløde- tap mg/l
1	19	0,11	140	285	3,7	0,1	3,6
8	16	0,10	150	265	6,4	0,2	6,2
16	16	0,11	170	270	1,1	0,1	1,0
30	16	0,06	180	280	0,7	0,1	0,6
50	14	0,06	180	275	3,4	3,0	0,4

11. august:

Dyp i m	Farge filtr. mg Pt/l	Turbidi- tet J.T.U.	Nitrat µg N/l	Totalt nitrogen µg N/l	Tørr- stoff mg/l	Gløde- rest mg/l	Gløde- tap mg/l
1	11	0,7	120	360	1,6	0,2	1,4
4	9	0,6	120	240	2,2	0,4	1,8
8	10	0,7	120	320	2,0	0,2	1,8
16	10	0,8	140	400	1,6	0	1,6
50	9	0,6	190	280	1,4	0	1,4

28. september:

Dyp i m	Farge filtr. mg Pt/l	Turbidi- tet J.T.U.	Nitrat µg N/l	Totalt nitrogen µg N/l
1	10	0,83	120	255
8	11	0,97	130	280
16	11	0,47	130	295
50	12	1,90	210	310

Tabell 2. Observasjoner av temperatur, siktedyp og vannfarge mot sikteskive i Holsfjorden mars-desember 1971.

Temperatur °C.				
11. mars	21. april	11. mai	15. juni	8. juli
1 m - 1,2		1 m - 4,0		
8 " - 1,2	1 m - 2,6	4 " - 3,5	1 m - 11,7	1 m - 18,1
30 " - 1,35	4 " - 2,6	8 " - 3,45	8 " - 9,5	3 " - 16,8
50 " - 1,9	10 " - 2,6	16 " - 3,45	16 " - 6,1	5 " - 16,4
100 " - 2,95	20 " - 2,6	30 " - 3,45	30 " - 4,8	10 " - 13,8
200 " - 3,35	50 " - 2,6	50 " - 3,45	50 " - 4,3	15 " - 7,0
275 " - 3,45	100 " - 2,8	100 " - 3,45		50 " - 4,2
	250 " - 3,4	200 " - 3,65		
	<u>Toverud</u>	275 " - 3,65		
	1 m - 2,7			
10. august	28. august	28. september	14. desember	
1 m - 15,9	1 m - 15,3	1 m - 10,8	1 m - 3,89	
4 " - 15,6	4 " - 15,2	4 " - 10,8	4 " - 3,85	
8 " - 15,3	8 " - 15,0	8 " - 10,8	8 " - 3,86	
	16 " - 11,8	16 " - 10,8	16 " - 3,85	
Andre dyp:	30 " - 5,8	25 " - 9,7	30 " - 3,85	
Termometer	50 " - 4,6	50 " - 5,0	50 " - 3,86	
ødelagt	100 " - 4,2		100 " - 3,94	
	200 " - 3,9		200 " - 3,94	
	275 " - 3,9		275 " - 3,91	

Dato	Siktedyp	Farge	Været
11. mars	-	-	Delvis islagt fjord
21. april	10 m	Diffus grønn	Sol, svak bris
11. mai	11 "	Grønn	Sol, skiftende bris
15. juni	5 "	Diffus grønn	Sol, svak bris
8. juli	5 "	-	Sol, svak bris
10. august	4,8 "	Gulgrønn	Delvis skyet, svak bris
28. august	5,5 "	Grønn	Delvis sol, svak bris
28. september	5,5 "	Grønn gul	Tåke, overskyet, vindstille
14. desember	7 "	Gulgrønn	Delvis sol, svak bris

Resultatene fra 1971 viste at middelveidene for total nitrogen lå på 297  $\mu\text{g N/l}$  og for nitrat på 161  $\mu\text{g N/l}$  (tabell 1). I august og september 1971 var nitratinnholdet i overflatelagene redusert til omkring 120  $\mu\text{g N/l}$  som følge av planktonproduksjon, denne reduksjon er noe mindre i juni. Innholdet av jern og mangan var lavt med omkring 30  $\mu\text{g Fe/l}$  og mindre enn 10  $\mu\text{g Mn/l}$ . Temperaturforholdene i 1971 fulgte samme mønster som tidligere beskrevet (NIVA 1970). Avkjølingen av vannmassene i september 1971 synes å ha gått raskere sammenlignet med 1967. Ved vårobservasjonene, 21. april og 11. mai 1971, lå siktedypet på 10-11 m. Den 15. juni 1971 var dette redusert til 5 m hvorpå det holdt seg omkring 5 m hele sommeren igjennom. (tabell 2). En hovedårsak til dette er produksjon av plankton som også ga vannmassene en gulgrønn farge. Spesielle forhold ble observert i planktonprøven 15. juni; da var partikkelinnholdet preget av mye små uorganiske partikler (tabell 3). Tilført uorganisk materiale under vårflommen sammen med plankton kan forklare den lave siktedypverdi i juni.

I 1930 ble det observert siktedyp på 4,5 m den 26. juni, 7,5 m 23. august og 6,5 m 26. september (Strøm 1932). Siktedypverdiene i 1967 - 1969 synes å ha ligget på samme nivå som i 1971 (NIVA 1970).

Strømforholdene i Tyrifjorden er tidligere diskutert av NIVA (1970). Det er ut fra dette grunn til å anta at vanngjennomstrømmingen i vestre del av Tyrifjorden er større enn i Holsfjorden. Dette skulle tilsi at oppholdstiden for vannmassene er kortere i vestre del av Tyrifjorden enn det teoretisk beregnede for Tyrifjorden, mens Holsfjordens vannmasser får en lengre oppholdstid. Tidligere undersøkelser (NIVA 1970) indikerer at Storelvas vannmasser forplanter seg henimot Vikersund uten i vesentlig grad å blande seg inn i Holsfjordens vannmasser. Men det foreligger for få observasjoner til en kvantitativ beregning av Storelvas innvirkning på vannmassene i Holsfjorden (NIVA 1970).

Det er ikke utført noen nye undersøkelser som viser i hvilken grad Holsfjordens vannmasser skiftes ut. Vannuttaket ved Toverud er anslått til å ville ligge et sted mellom 500 l/sek. og 1000 l/sek. år 1990.  $\approx 1 \text{ m}^3/\text{sek.}$  mot en midlere avrenning for Tyrifjorden på  $170 \text{ m}^3/\text{sek.}$

Betydningen av vannuttaket for vannmassenes oppholdstid i Holsfjorden kan vurderes ut fra følgende beregning. Den teoretiske oppholdstid for vannmassene i en innsjø er definert ved forholdet mellom innsjøens volum og tilrenning. Teoretisk oppholdstid for Tyrifjorden er beregnet til 2,6 år (NIVA 1970), men sannsynligvis er oppholdstiden for Holsfjorden betydelig lenger. Dersom man antar en oppholdstid for Holsfjorden på 2000 dager (5,5 år), at Holsfjordens volum utgjør ca. 3/4 av Tyrifjordens volum, og et drikkevannsuttak på  $1 \text{ m}^3/\text{sek.} = 86,400 \text{ m}^3$  pr. dag, gir dette en beregnet ny oppholdstid på 1967 dager for Holsfjorden. Dette viser at det antatte vannuttak vil få liten innvirkning på vannmassenes oppholdstid i Holsfjorden. Oppholdstiden vil reduseres med anslagsvis 33 dager under disse valgte forutsetninger, men denne reduksjon er mindre enn usikkerheten ved beregningen.

Betraktningene ovenfor er en forenkling av de reelle vannutskiftnings- og strømningsforhold i Holsfjorden, som er lite kjent. På det nåværende stadium er det umulig å si hvordan det planlagte vannuttak vil innvirke på de biologiske prosesser i Holsfjorden.

### 3. PARTIKKELINNHOLD

I dette avsnitt blir endel resultater som har sammenheng med partikkelinnholdet i vannmassene presentert. Partikkelinnholdet (organisk og uorganisk), kan ofte skape problemer for drikkevannsforsyningen og krever at forskjellige filtreringstiltak blir satt i verk.

Fra tabell 1 fremgår det at turbiditets- og fargetallene var lave og viste små forandringer i undersøkelsesperioden. Muligens er økningen i farge fra 21. april til 15. juni reell og da forårsaket av tilført uorganisk materiale ved vårflommen og plankton. Økningen av turbiditetsverdiene fra 15. juni til 11. august skyldes metodiske forhold. For sammenligningens skyld må derfor verdiene 21. april og 15. juni økes med en faktor på 7-10.

Tabell 3. Fremtredende partikkeltyper i Holsfjorden juni-desember 1971 på 8 m dyp. Antall partikler pr. liter, forekommer +, sparsomt representert ++.

Dato	15/6	10/8	28/9	14/12
Nannoplankton, div. former 1-20 $\mu\text{m}$	635 850	1662 630	362 670	20 000
Mesoplankton, div. former 20-100 $\mu\text{m}$	339 120	763 020	256 695	19 000
Plantep plankton >100 $\mu\text{m}$	18 840	675 885	1248 150	105 000
Krepsdyr > 95 $\mu\text{m}$	6	11	10	< 5
Hjuldyr > 95 $\mu\text{m}$	3	40	20	< 3
Humus-partikler		←----- Uvesentlig ----->		
Detritus (døde plante- og dyrerester)	+	++	+	++
Små uorganiske partikler	mye	++	++	++
Annet partikulært materiale	+	+	+	++

I tabell 3 er det laget en summarisk fremstilling av antall partikler pr. l. i juni, august, september og desember 1971 på 8 m dyp. Fra denne tabellen fremgår det at antall humuspartikler er lite. Juniprøven skiller seg ut ved et relativt høyt innhold av små, uorganiske partikler, i de øvrige prøver er antallet uorganiske partikler uvesentlig. Av resultatene fremgår det at partikkelinnholdet er dominert av planteplankton, nannoplankton (små former) er særlig dominerende om sommeren, mens større arter av plantep plankton er mer fremtredende i august og september.

Innholdet av frafiltrerbart partikulært organisk stoff, som det fremgår av glødetapet, tabell 1, ligger i august på mellom 1,4 og 1,8 mg tørrvekt pr. l. Verdiene for glødetap på 1 m og 8 m den 15. juni synes unimelig høye og vanskelig å forklare. Tørrstoffinnholdet på 50 m 15. juni besto overveiende av uorganisk materiale. Fra resultatene for tørrstoff og gløderest, tabell 1, fremgår det at den frafiltrerbare substans vesentlig består av organisk stoff. I tillegg er en vesentlig del av gløderesten bundet i algeceller, vesentlig som  $\text{SiO}_2$ . Resultatene viser at partikkelinnholdet i Holsfjordens vannmasser utgjøres i vesentlig grad av levende organismer produsert i innsjøen.

Sammenlignet med mer produktive innsjøer er mengden organisk stoff i Holsfjorden lavt. Undersøkelser av NIVA 12. og 13. august 1969 viste at innholdet av frafiltrerbart partikulært organisk stoff som mg tørrvekt lå i samme størrelsesorden for Holsfjorden, Steinsfjorden og Maridalsvannet, omkring 2 mg tørrvekt pr. l for prøver fra overflatelagene (Skulberg 1971). Men på grunn av dybden og fortynnings-effekten ved de store vannmasser lå naturlig nok verdiene i Holsfjorden lavere i de dypere lag.

Tabell 4. Håvplankton-biomasse i Holsfjorden 1971, gjennomsnittlig tørrvekt pr. liter, filterduk med maskevidde 95  $\mu\text{m}$ .

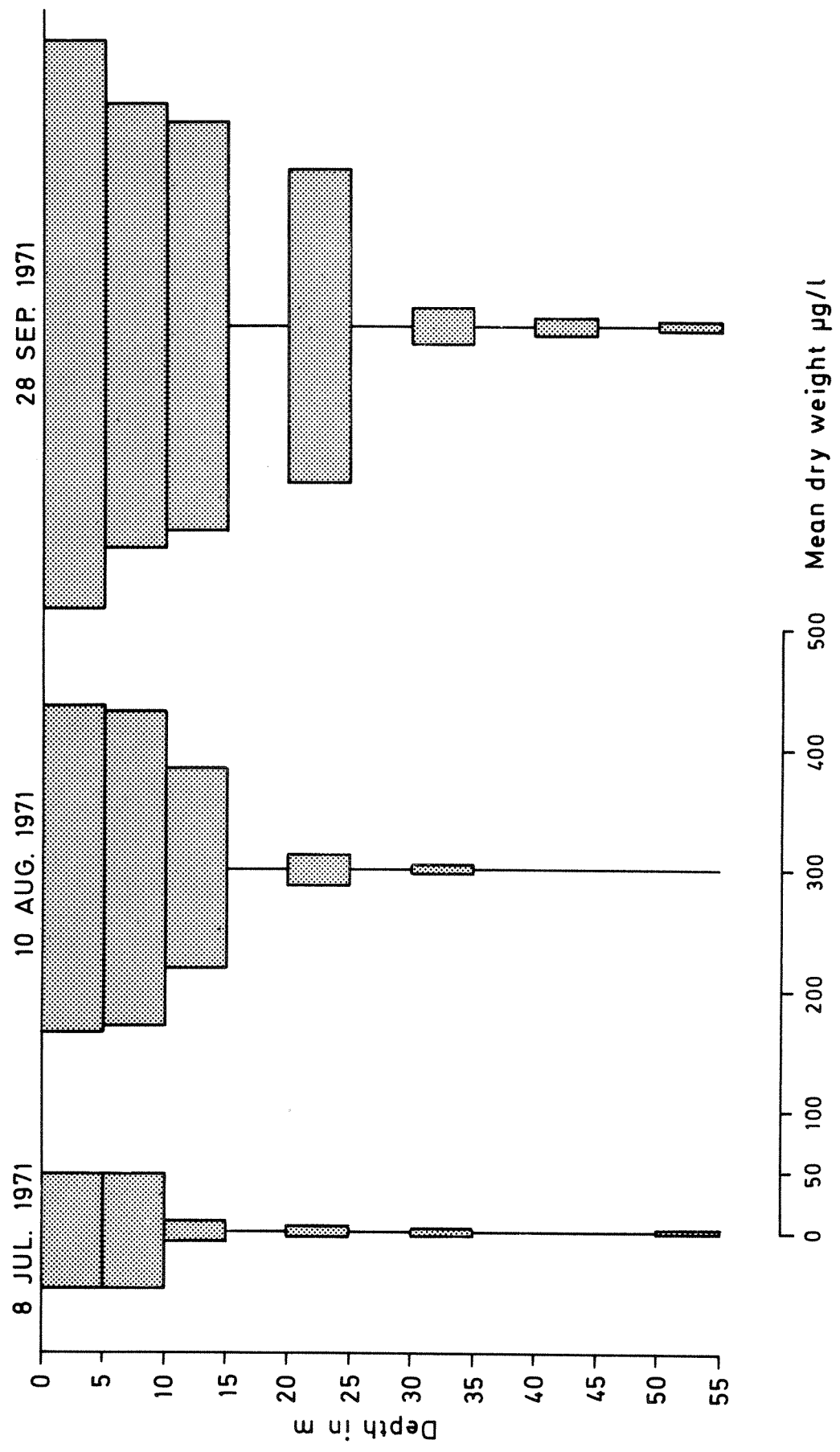
Dato Dyp	8/7	10/8	28/9
0-5 m	93 $\mu\text{g/l}$	270 $\mu\text{g/l}$	473 $\mu\text{g/l}$
5-10 "	93 "	260 "	373 "
10-15 "	16 "	166 "	343 "
20-25 "	8 "	26 "	258 "
30-35 "	6 "	7 "	35 "
40-45 "	-	-	13 "
50-55 "	3 "	-	8 "

Tabell 4 viser innholdet av håvplankton (plankton filtrert fra vannmassene med grovmasket duk med maskevidde 95  $\mu\text{m}$ ) i juli, august og september i forskjellige dyp. Disse resultater er fremstilt grafisk i fig. 1. Resultatene viste at mengden av håvplankton lå på ca. 100 mg tørrvekt pr.  $\text{m}^3$  i juli, ca. 300 mg tørrvekt pr.  $\text{m}^3$  i august og ca. 400 mg tørrvekt pr.  $\text{m}^3$  i september for overflateprøver. Dette viser at innholdet av partikler større enn 95  $\mu\text{m}$  var størst i september i overflatelagene ned til mellom 25 og 30 m dyp.

Planktonprøver fra området utenfor Sylling viste at antallet større partikler var av samme størrelsesorden som beskrevet foran.



Figur 1. Håvplankton-biomasse i Holsfjorden juli, august og september 1971, gjennomsnittlig  $\mu\text{g}$  tørrvekt pr. liter. Filterduk med maskevidde  $95 \mu\text{m}$  er benyttet.



#### 4. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD

##### 4.1 Resultater

Resultatene fra de bakteriologiske undersøkelser fremgår av tabell 5. Prøvene er tatt mellom de 2 planlagte alternativer for vanninntak utenfor Toverud i Sylling ca. 200 m fra land.

De høyeste verdier for coliforme bakterier og termostabile coliforme bakterier er funnet i de dypere liggende vannmasser om sommeren, mest karakteristisk er dette i prøvene 10. august 1971. Av disse analyser er termostabile coliforme bakterier sikreste indikasjon på forurensning. Disse bakterier representerer sannsynlige tarmbakterier fra mennesker og varmblodige dyr. De funne verdier er ikke særlig høye, dette har sammenheng med fortyningseffekten ved de store vannmengder i Holsfjorden.

De største kimtall ved 20°C i 3 døgn, >1000-3000 til overgroing, er registrert 15. juni 1971 fra 10 m og dypere, 10. august fra 20 m og nedover, 28. september på 50 m og 15. desember i hele vannmassen. Disse kimtallsanalyser antas å representere relative mål på vannets totale innhold av heterotrofe bakterier, og har sammenheng med nedbrytningen av organisk stoff. Analysene for kimtall ved 37°C i ett døgn er et relativt mål for alle bakterier som stammer fra tarminnhold, inkludert coliforme bakterier. Resultatene for denne analysen viste lave tall i forhold til kimtall ved 20°C. Dette tyder på at de store mengder heterotrofe bakterier ikke er tilført med avløpsvann men er produsert i innsjøen.

##### 4.2 Diskusjon

Tidligere undersøkelser i 1967 av NIVA (1970) viste at Tyrifjordens vannmasser i enkelte perioder og på enkelte steder var betydelig bakteriologisk forurensset. Det ble antatt at de høye bakterietall på stasjonen utenfor Sylling hadde sammenheng med lokale utslipp av kloakkvann i Syllingområdet. Resultatene for coliforme bakterier i 1967 utenfor Sylling viste høyere verdier i overflatelagene (NIVA 1970). Dette er det motsatte av hva som er registrert i 1971.

Tabell 5. Bakteriologiske forhold i Holsfjorden utenfor Toverud i Sylling april-desember 1971,

Coliforme bakterier (antall pr. 100 ml).

Dyp	21. april	15. juni	10. august	28. sept.	15. des.
1 m	8	2	2	13	6
10 "	-	12	3	11	8
20 "	2	2	23	12	4
30 "	-	-	-	-	10
50 "	3	7	50	17	9
60 "	4	-	-	-	-

Termostabile coliforme bakterier (antall pr. 100 ml).

Dyp	21. april	15. juni	10. august	28. sept.	15. des.
1 m	1	0	0	0,5	2
10 "	-	0,25	0,5	0,25	4
20 "	0	1	4	2	4
30 "	-	-	-	-	2
50 "	1	3	12	1,5	3
60 "	0,5	-	-	-	-

Kimtall ved 20°C 3 døgn (antall pr. 1 ml).

Dyp	15. juni	10. august	28. sept.	15. des.
1 m	210	150	230	>2400
10 "	>3100	130	280	>2600
20 "	>2400	>1400	350	>2700
30 "	-	-	-	>2700
50 "	>2400	overgrodd	>>1200	>3400
60 "	-	-	-	-

Kimtall ved 37°C 1 døgn (antall pr. 1 ml).

Dyp	15. juni	10. august	28. sept.	15. des.
1 m	2	0	1	4
10 "	3	12	2	6
20 "	2	14	1	5
30 "	-	-	-	9
50 "	0	12	3	5
60 "	-	-	-	-

I de senere år har Lier kommune hatt spredte registreringer av coliforme bakterier i Holsfjorden ved Sylling (kommuneingeniør Føyn, personlig meddelelse). Disse observasjoner viste større forurensninger, spesielt på større dyp, etter at kloakken ble ført ut på 25 m dyp. Dette skjedde i juni 1968, før denne tid ble kloakken ført ut i overflatelagene. Utslippsstedet for kloakken fra Syllingområdet er nå i vika i vest ved Svangstrand ca. 100 m fra land og på 25 m dyp (Kommuneingeniør Føyn, personlig meddelelse). Avstanden mellom kloakkutslippet i Sylling til stedet hvor de bakteriologiske prøver ble tatt i 1971 er ca. 2,5 km.

En sannsynlig forklaring på de observerte bakteriologiske forhold utenfor Toverud, er at de registrerte tall for coliforme og termostabile coliforme bakterier har sammenheng med kloakkutslippet fra Syllingområdet på dypt vann. Dette bekreftes av NIVAs og Lier kommunes tidligere observasjoner. Det ser ut til at bakterier fra kloakkutslipp på dypt vann i Holsfjorden overveiende spres i dypvannsmassene og i mindre grad kommer opp i overflatelagene. Den store avstand som bakteriene føres over og fortynningseffekten ved store vannmengder, indikerer at enkelte bakteriestammer fra husholdningskloakk kan overleve lenge og spres over store avstander ved lav temperatur (4-5°C).

De hygieniske problemer ved bruken av Holsfjorden som drikkevannskilde må vurderes av helsemyndighetene.

## 5. FOREKOMST AV PLANTEPLANKTON, DYREPLANKTON OG BAKTERIER

### 5.1 Plantep plankton

Resultatene fra plantep planktonundersøkelsene 1967, 1969 og 1971 er fremstilt i tabellene 6, 7 og 8. Tabell 8 gir en oversikt over dominerende arter og er et utdrag av tabell 7.

Tabell 6. Planteplankton i Holsfjorden 1969, 1971 - overflatefåvttrekk med maskevidde 25 µm.

Relativ mengdevurdering: 5: Dominant. 4: Hyppig. 3: Sparsom. 1: Sjelden. +: Forekommer.

Organisme	13/8 1969	21/4 1971	11/5 1971	15/6 1971	8/7 1971	10/8 1971	28/9 1971	14/12 1971
<b>CYANOPHYCEAE</b>								
Anabaena flos aquae (Lyngb.) Bréb.	2			2	2	1	1	
Anabaena cf. planctonica Brunth.	1			+		+	1	
Aphanothece chlathrata G.S. West	1-2				+	+	1	2
Chroococcus Nägeli sp.							+	+
Gomphosphaeria aponina Kütz.	2			1	+	1		2
Oscillatoria rubescens D.C.	+							1
<b>CHLOROPHYCEAE</b>								
Botryococcus braunii Kütz.	2			+		+		1
Chlamydomonas Ehren. sp.							+	
Coelastrum microporum Nägeli						+		
Cosmarium Corda spp.	+				+	1		
Crucigenia rectangularis (A. Braun) Gay	1				1	2	1	+
Dichtyosphaerium pulchellum Wood	+							1
Elakathrix gelatinosa Wille	+							+
Eudorina elegans Ehren.					1		+	1
Gloeococcus schroeteri (Chod.) Lemm.	1		+		1		1	1
Gloeocystis gigas (Kütz.) Lagerh.	1					2		
Gloeocystis Nägeli sp.	+							

Forts.

Tabell 6. Forts.

Organisme	Dato	13/8 1969	21/4 1971	11/5 1971	15/6 1971	8/7 1971	10/8 1971	28/9 1971	14/12 1971
<i>Microtrinium Fresenius</i> sp.		+							+
<i>Nephrocytium agardhianum</i> Nägeli		+			+		+		
<i>Nephrocytium lunatum</i> W. West							+		
<i>Oocystis cf. crassa</i> Wittrock									+
<i>Oocystis solitaria</i> Wittrock									
<i>Pandorina morum</i> Bory					+				
<i>Paulschulzia pseudovolvox</i> (Schulz, Teiling) Skuja		1					+		+
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh.					+				+
<i>Pediastrum duplex</i> , Meyen						+			
<i>Quadrigula closterioides</i> (Bohlin) Printz							+		
<i>Quadrigula pfitzeri</i> (Schroeder) Printz		+							
<i>Scenedesmus</i> Meyen sp.		+							
<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) W. & G.S. West								+	+
<i>Staurastrum cf. curvatum</i> W. West								+	
<i>Staurastrum lunatum</i> Ralfs									+
<i>Staurastrum</i> Meyen spp.				+					
<i>Staurastrum pseudopelagicum</i> W. & G.S. West		+		1				+	
<i>Staurodesmus quiriferus</i> (W. & G.S. West) Teiling		+			1				1
Ubestemte coccale, kolonidannende gr.alger			+						
Ubestemte grønnalger			+						
			+		2				

Forts.

Tabell 6. Forts.

Organisme	Dato	13/8 1969	21/4 1971	11/5 1971	15/6 1971	8/7 1971	10/8 1971	28/9 1971	14/12 1971
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>									
Achnanthes Bory spp.			+		2	1	+		+
Asterionella gracillima (Hantzsch) Heib.		4	3	2	2	3	5	4-5	3
Cyclotella comta (Ehren.) Kütz.							+		2
Cyclotella Kütz. sp.					1				+
Diatoma elongatum Ag.									
Didymopphenia geminata (Lyngb.) M. Schmidt			+						+
Fragilaria crotonensis Kitton					1	+	+	+	+
Fragilaria Lyngb. sp.									
Melosira ambigua (Grun) O.Müll.			1		+			+	+
Melosira distans (Ehren.) Kütz.								+	
Melosira Ag. sp.					+				
Meridion circulare Ag.		+							
Navicula Bory sp.								+	
Pinnularia Ehren. sp.						+			
Rhizosolenia eriensis H.L. Smith							+	+	
Rhizosolenia longisetata Zach.		+					+		
Synedra acus Kütz.		+			+				
Synedra acus var. angustissima Grun.								1	2
Synedra affinis Kütz.		1						1	
Synedra rumpens var. familiaris (Kütz.) Grün.		+							+
Synedra ulna (Nitzsch) Ehren.			+		1				

Forts.

Tabell 6. Forts.

Organisme	Dato	13/8 1969	21/4 1971	11/5 1971	15/6 1971	8/7 1971	10/8 1971	28/9 1971	14/12 1971
<b>BACILLARIOPHYCEAE forts.</b>									
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.					+				+
Tabellaria flocculosa var. asterionelloides (Grün.) Knudsen		3	2	2	2	1	3	4	4
Ubestemte pennate diatomeer			+			1			
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>									
Dinobryon accuminatum Ruttner		+				+			
Dinobryon bavaricum Imhof		1			1	+			
Dinobryon borgei Lemm		1				+			
Dinobryon cylindricum Imhof					+				
Dinobryon divergens Imhof.		3			5	4-5	3	+	
Dinobryon sociale var. americanum (Brunn.) Bachmann					+				
Mallomonas acaroides Perty						1		+	
Mallomonas cf. tonsurata Teiling					+	+	1	+	
Salpingoeca frequentissima (Zach.) Lemm.						3	3	3	
Stelexmonas dichotoma Lackey		+							
Stichogloca Chod. sp.		1							
Uroglena americana Calkins					1	1	2		
Ubestemte chysophyce flagellater					+	1		1	

Forts.





Tabell 7. Planteplankton i Holsfjorden, St. 1, 1967, 1969, 1971.

Kvantitative prøver, 2 ml av prøvene er bearbejdet etter sedimenteringsmetoden. Antall celler pr. liter. Sparsom forekomst: +

Organisme	Dato		31/8-1967		13/8-1969		11/5-1971		15/6-1971		8/7-1971		10/8-1971			28/9-1971			14/12-1971	
	Dyp		1 m	8 m	1 m	8 m	1 m	8 m	1 m	8 m	1 m	5 m	1 m	8 m	1 m	8 m	30 m	1 m	8 m	
<b>SCHIZOMYCETES</b>																				
Planktomyces bekefeii Gimesi			35 000	+		+	+					+		+		+	51 800	+		+
Ubestemt kjededannende bakterie										+										
<b>CYANOPHYCEAE</b>																				
Anabaena cf. flos aquae (Lyngb.) Breb.						+														
Aphanothece chlathrata G.S. West			+	+		10 000	20 000											+		
Gomphosphaeria aponina Kütz.						+	+							+						
Oscillatoria rubescens D.C.										+										+
Ubestemte kolonidannende blågrønnalger										+										+
Ubestemte trådformede blågrønnalger										+										+
<b>CHLOROPHYCEAE</b>																				
Ankistrodesmus falcatus var. mirabile W. & G.S. West			30 000	+		52 500	35 000			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ankistrodesmus Corda sp.			+											+						
Botryococcus braunii Kütz.			+					+												
Chlamydomonas Ehren. sp.										+										
Closterium Nitzsch sp.																				+
Cosmarium Corda spp.																				+
Crucigenia rectangularis (A. Braun) Gay				+		+														
Crucigenia tetrapedia (Kirchn.) W. & G.S. West																				
Elakatothrix gelatinosa Wille			+			17 500	25 000							+	+					+
Gloeococcus schroeteri (Chod.) Lemm.														+						
Gloeocystis gigas (Kütz.) Lagerh.			+																	
Paulschulzia pseudovolvox (Schulz, Teiling) Skuja																				+
Quadrigula pfitzeri (Schroeder) Printz																				
cf. Scenedesmus bicellularis Chod.			+																	
cf. Scenedesmus serratus (Corda) Bohlin			+	+																
cf. Scenedesmus Meyen sp.			+																	+
Selenastrum capricornutum Printz				+		+	+			+				+	+					
Staurastrum paradoxum Meyen																				+
Staurodesmus quiriferus (W. & G.S. West) Teiling																				
cf. Tetraëdron lunula (Reinsch) Wille			+			12 000	20 000													
Ubestemte coccale grønnalger																				
Ubestemte trådformede grønnalger														+						
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>																				
Achnanthes Bory sp.			+	+		+	+			+	+									+
Asterionella gracillima (Hantzsch.) Heib.			+	+		76 500	73 000													+
Ceratoneis arcus (Ehren.) Kütz.														499 200	586 300		972 600	942 000	405 000	53 000 50 000
Cyclotella comta (Ehren.) Kütz.			+	+		+	+													+
Cyclotella Kütz. sp. 5 µ			+	44 400		150 700	172 700	31 400	25 100	+	56 500			357 900	845 400		89 400	108 300	+	19 000 +
Cyclotella Kütz. sp. 8-10 µ			+	20 600		15 000	26 000			+	+									
Cymbella cf. cymbiformis (Ag ?) Kütz.																				
Cymbella Ag. sp.														+						
Diatoma elongatum Ag.										+	+									
Fragilaria crotonensis Kitton			36 000	104 000						+										
Melosira ambigua (Grun.) O. Müll.			+			+														
Melosira distans (Ehren.) Kütz.			+	+		+	22 000			+				+	+		+	+	+	+
Navicula Bory sp.										+										
Nitzschia Hassall sp.																				+
Rhizosolenia eriensis H.L. Smith																				+
Rhizosolenia longiseta Zach.														+	+		+	51 800	+	
Synedra acus Kütz.			+	+		+	71 000													+
Synedra acus var. angustissima Grun.			+	+										+	+					
Synedra affinis Kütz.			23 000	54 000		150 000	143 000							273 100	445 000		87 100	77 700	98 900	+
Synedra Ehren. sp.																				+
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.																				+
Tabellaria flocculosa var. asterionel- loides (Grun.) Knudsen			161 000	175 000		20 000	28 000	+	+					+						+
Ubestemte pennate diatomeer			+	+						+	+			173 600	75 300		143 600	155 400	84 700	31 000 52 500

Forts.

Tabell 7. Forts.

Organisme	Dato	31/8-1967		13/8-1969		11/5-1971		15/6-1971		8/7-1971		10/8-1971		28/9-1971			14/12-1971		
	Dyp	1 m	8 m	1 m	8 m	1 m	8 m	1 m	8 m	1 m	5 m	1 m	8 m	1 m	8 m	30 m	1 m	8 m	
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>																			
Bicoëca Clark sp.																			
Bitrichia chodati (Chod.) Rev.				17 500	9 200														
Chrysococcus radians Conrad									+	+	+		+	65 900					
Chrysococcus cordiformis Naum.		+					+		+	+			+	+					
Dinobryon acuminatum Ruttner									+		56 500	+	+	+					
Dinobryon bavaricum Imhof		+	+	14 000	+				+										
Dinobryon borgei Lemm.		+	+	+	25 000				+		207 200	160 100	54 100	49 400					
Dinobryon cylindricum Imhof																			+
Dinobryon divergens Imhof		88 000	28 000	47 000	36 000				+		216 600	244 900	47 100	65 900					
Dinobryon sociale var. americanum (Brunn.) Bachmann		+	+	24 500	10 000				113 000	169 500	56 500	+	+	+					
Dinobryon succicum Lemm.				+	26 000						+	+	+	+					
Dinobryon Ehren. sp.									+		+								
Kephyrion Pascher sp. III			+				+		+	+	+								
Kephyrion Pascher sp.		+	+	+	+				+	+			+	+					+
Mallomonas acaroides Perty											+	+							
Mallomonas akrokomos Ruttner									40 800	65 800	+	+	+	+					
Mallomonas cf. hetrospina Lund									+										
Mallomonas cf. tonsurata Teiling									+				+	+					
Mallomonas Perty sp.			+							+				+					
cf. Rhizochrysis limetica G.M. Smith			+																
Stelexmonas dichotoma Lackey							+												
Uroglena americana Calkins (koloni)								+					+						+
Ubestemte chrysophyceflagellater, se VARIA																			+
<b>XANTHOPHYCEAE</b>																			
Ophiocytium capitatum Wolle											+								
<b>CHRYPTOPHYCEAE</b>																			
Katablepharis ovalis Skuja																			+
Rhodomonas cf. minuta var. nanoplank- tonica Skuja		+		+		69 000	84 780	53 300	80 000	120 900	87 500	162 400	150 700						+
Ubestemte chryptophyceflagellater, se VARIA																			+
<b>DINOPHYCEAE</b>																			
Ceratium hirundinella (O. Müll.) Schrank		+		+										+					
Ubestemte dinoflagellater		11 200	+	+	+					+	+			+	+				
<b>DIVERSE ALGER</b>																			
Monader og mikroalger		+	+	+	+	21 900	30 000	52 800	61 100	+	+	+	118 000	47 100	44 700	+			17 000
Diverse ubestemte flagellater		+	+	+	+			153 860	268 400	+	+	87 100		150 700	103 620	198 100 <sup>x)</sup>			
Ubestemt coccal organisme, 20-30 µ		20 000	+	+	24 000	15 700	15 700	+	+			+	+	56 500	56 500				
Encellet alge, 8-4 µ		+		62 800	+				+			+	+	+	+				
<b>VARIA</b>																			
Diverse ubestemte organismer		+	+	+	+				84 700	+	+			+	+				14 000
Egg, pollen etc.				+	+			+		+				+	+				+
‡ av totalt antall organismer som er tallmessig uttrykt. (Organismer registrert minst 20 ganger i en prøve, er tallmessig uttrykt)		75	65(68)	95	80	80	85	70	75	80	68	85	90	90	90	85	83	76	

x) Flagellater + Rhodomonas minuta

Tabell 8. Plantep plankton på 1 m dyp i Holsfjorden 1967, 1969, 1971 -  
Kvantitativt viktige arter, utdrag av tabell 7.

Organisme	31/8-67	13/8-69	10/8-71
CYANOPHYCEAE			
Aphanothece chlathrata G.S. West	+	10 000	
CHLOROPHYCEAE			
Ankistrodesmus falcatus var. mirabilis W. & G.S. West	30 000	52 500	+
Elakatothrix gelatinosa Wille	+	17 500	+
BACILLARIOPHYCEAE			
Asterionella gracillima (Hantzsch) Heib.	+	76 500	499 200
Cyclotella Kütz. sp. 5 $\mu$	+	150 700	357 900
Fragilaria crotonensis Kitton	36 000		
Synedra affinis Kütz. 40 x 3 $\mu$	23 000	150 000	273 100
Tabellaria flocculosa var. asterionel- loides (Grun.) Knudsen	161 000	20 000	173 600
CHRYSOPHYCEAE			
Bithrichia chodati (Chod.) Rev.		17 500	
Dinobryon borgei Lemm.	+	+	54 100
Dinobryon divergens Imhof	88 000	47 000	47 100
Dinobryon sociale var. americanum (Brunn.) Bachmann	+	24 000	+
CHRYPTOPHYCEAE			
Rhodomonas cf. minuta var. nano- planktonica Skuja	+	+	162 400
DIVERSE			
Ubestemte flagellater	+	+	87 100

Ialt er det registrert 111 ulike arter og grupper av planteplankton som er fordelt på følgende hovedgrupper slik:

Cyanophyceae	8
Chlorophyceae	40
Bacillariophyceae	29
Chrysophyceae	21
Xanthophyceae	1
Cryptophyceae	2
Dinophyceae	2
Diverse alger	<u>4</u>
Totalt	111

Lokaliteten viser stor artsrikdom især for grønnalger, kiselalger og chrysophyceflagellater. Ved en ren kvalitativ vurdering kan planteplanktonet oppfattes som karakteristisk for en naturlig, ikke særlig påvirket lokalitet.

Den kvantitative bearbeiding av planteplanktonet viste imidlertid at det til visse tider av året var ganske store mengder av algeceller i vannmassene. Algesamfunnet var kvantitativt størst i august og september. Den 10. august og 28. september 1971 var det totale antall planteplanktonorganismer mellom 1,5 og 2 millioner celler pr. l på 1 og 8 m dyp. Algesamfunnet den 28. september besto vesentlig av store 50 - 150  $\mu$ m lange kiselalger, *Asterionella gracillima* som preget planktonet, utgjorde da ca. 1.000.000 celler pr. l i de øvre vannmasser. I tillegg til kiselalgene hadde nannoplanktonet (planteplankton som ikke filtreres fra med håv) stor tallmessig forekomst i august og september. Men mengdemessig utgjorde de bare en liten del av den totale algebiomasse.

Bestanden av alger viste store svingninger gjennom året, med små mengder i vinterhalvåret.

Den tallmessige forekomst av planteplankton var gjennomgående lavere i august 1967 enn i august 1971 (tabell 7 og 8). Dette tyder på mindre primærproduksjon i 1967 sammenlignet med 1971, beiteeffekten ved dyreplankton er en usikkerhetsfaktor ved en slik vurdering. Det totale antall algeceller 31/8-1967 på 1 m dyp var 637.900 celler pr. liter, 13/8-1969 995.360 celler pr. l og 10/8-1971 1.921.680 celler pr. l. Arter som preget planteplanktonet i 1967 var *Tabellaria flocc-*

*culosa* var. *asterionelloides*, *Asterionella gracillima* og *Fragilaria crotonensis*. I 1969 var ingen spesielle arter fremtredende, mens *Asterionella gracillima* utgjorde en stor del av planktonet i august og september 1971 (tabell 6 og 7). *Fragilaria crotonensis* som preget planktonet i 1967, hadde ubetydelig forekomst i 1971. Særmerket for 1969 var en viss forekomst av *Bithrichia chodati* med 17.000 celler/l på 1 m dyp i august.

## 5.2 Dyreplankton

Resultatene fra undersøkelsen av dyreplankton fremgår av tabellene 9 og 10. Tabell 9 angir det totale antall individer pr. m<sup>2</sup> overflate fra 0 til 50 m dyp fra mars til desember, mens tabell 10 (A - D) viser de forskjellige arters vertikale fordeling i juni, juli, august og september 1971. Figurene 2, 3, 4 og 5 viser vertikalfordelingen i juni, juli, august og september for 4 av de mest fremtredende dyreplanktonarter, *Daphnia galeata*, *Bosmina obtusirostris*, *Cyclopsscutfifer* og *Eudiaptomus gracilis*.

Alle krepsdyr er tatt med i resultatene nevnt ovenfor, i tillegg er de 2 viktigste hjuldyrarter, *Asplanchna priodonta* og *Conochilus unicornis*, tallet opp i de forskjellige prøver. Det bearbejdede dyreplanktonmateriale antas å representere over 90 % av den totale mengde dyreplankton i de fri vannmasser.

*Asplanchna priodonta* og spesielt *Conochilus unicornis* finnes i stort antall, men omregnet til biomasse (vekt) representerer de bare en beskjeden del av dyreplanktonet. I produksjonsmessig betydning antas de å ha større betydning som konsumenter av de minste partikler (0 - 3 µm) tilgjengelig som næring for dyr. Disse dyr samt *Bosmina obtusirostris* antas å være de som best kan konsumere den store mengde små næringspartikler.

Fig. 6 illustrerer hvordan dyreplanktonet i Holsfjorden på en effektiv måte kan utnytte den tilgjengelige næring av partikler < 20 µm. Figuren er omarbeidet etter Gliwicz (1970). Planktonundersøkelsene tyder på at de større næringspartikler som kiselalger, ikke konsumeres av dyreplankton i noen særlig grad.

Tabell 9. Dyreplankton i Hølsfjorden mars - desember 1971, antall individer under 1 m<sup>2</sup> overflate 0-50 m dyp. For prøver hvor håvtrekk er benyttet er antallet angitt pr. m<sup>2</sup> fra 0-100 m dyp. For begge metoder er det benyttet filterduk med maskevidde 95 µm.

Dato	11. mars	21. april	11. mai	15. juni	8. juli	1. aug.	28. sept.	14. des.
Metode	håv-trekk	håv-trekk	håv-trekk	Clark-Bumpus	Clark-Bumpus	Clark-Bumpus	Clark-Bumpus	håv-trekk
<i>Bosmina obtusirostris</i> Sars	5068	1064	1120	10648	77116	62337	21744	7770
<i>Bythotrephes longimanus</i> Leydig	0	0	0	0	30	55	42	0
<i>Daphnia cristata</i> Sars	0	0	0	0	29	180	4070	490
<i>Daphnia galeata</i> Sars	546	322	56	407	5439	17498	50462	7910
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach	0	0	28	1392	7108	635	1650	14
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	0	0	0	0	605	590	207	0
<i>Polyphemus pediculus</i> (L.)	0	0	0	0	1269	325	15	0
<i>Sida crystallina</i> (O. F. Müller)	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Cyclops scutifer</i> Sars	3976	10052	3500	7496	5544	114847	71506	20930
<i>Cyclops cf. strenuus</i> (Fischer)	56	14	0	72	0	0	0	0
<i>Eudiaptomus gracilis</i> Sars	8848	30394	27300	76163	89736	83684	88131	9520
<i>Heterocope appendiculata</i> Sars	0	0	0	25	1761	950	677	0
<i>Limnocalanus macrurus</i> Sars	51436	10780	112	49	141	110	80	112
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	r	0	28	48	2786	18040	19929	0
<i>Mesocyclops oithonoides</i> (Sars)	0	0	r	24	325	949	4274	336
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	140	0	0	8368	9055	357	62466	280
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet	0	0	0	30720	532850	532300	670410	4200
Total Crustacea	69930	52626	32144	96324	191889	300210	262787	47082

Tabell 10. Vertikalfordeling av dyreplankton i Holsfjorden 1971, antall individer pr. m<sup>2</sup>  
registrert ved Clark-Bumpus planktonsamler.

Tabell 10A. Vertikalfordeling 15. juni 1971.

DYP	0-5 m	10-15	20-25 m	30-35 m
<i>Bosmina obtusirostris</i>	6640	216	67	54
<i>Daphnia galeata</i>	240	24	0	0
<i>Holopedium gibberum</i>	720	144	13	0
<i>Cyclops scutifer</i>	1720	972	891	279
<i>Cyclops cf. strenuus</i>	48	0	0	0
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	47840	744	351	243
<i>Heterocope appendiculata</i>	0	0	13	0
<i>Limnocalanus macrurus</i>	0	12	13	0
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	32	0	0	0
<i>Mesocyclops oithonoides</i>	16	0	0	0
<i>Asplanchna priodonta</i>	5520	24	27	0
<i>Conochilus unicornis</i>	20000	360	0	0



Tabell 10B. Vertikalfordeling 8. juli 1971.

Dyp	0-5 m	5-10 m	10-15 m	20-25 m	30-35 m	50-55 m
<i>Bosmina obtusirostris</i>	480	1865	19000	13340	7365	590
<i>Bythotrephes longimanus</i>	30	0	0	0	0	0
<i>Daphnia cristata</i>	0	0	0	15	0	0
<i>Daphnia galeata</i>	2480	1500	810	55	30	30
<i>Holopedium gibberum</i>	3840	2545	365	70	15	0
<i>Leptodora kindtii</i>	185	135	190	0	0	0
<i>Polyphemus pediculus</i>	425	270	5	55	15	210
<i>Cyclops scutifer</i>	55	0	1950	320	590	225
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	40000	43450	2875	365	310	235
<i>Heterocope appendiculata</i>	255	1455	15	0	0	15
<i>Limnocalanus macrurus</i>	0	0	30	0	15	30
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	1520	1135	30	25	15	0
<i>Mesocyclops oithonoides</i>	145	180	0	0	0	0
<i>Asplanchna priodonta</i>	5200	1775	910	90	210	30
<i>Conochilus unicornis</i>	480000	45500	1500	840	1110	300

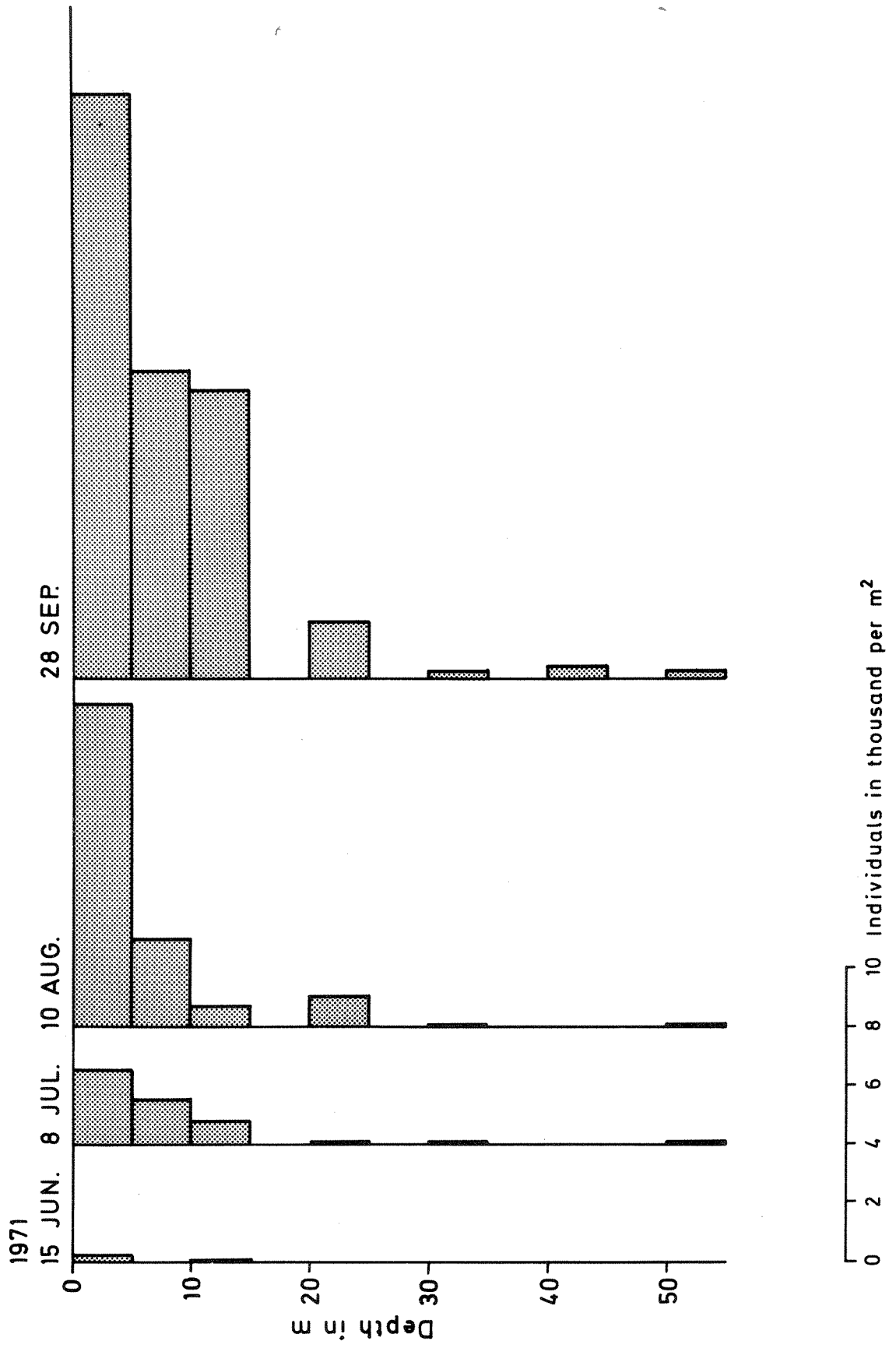
Tabell 10C. Vertikalfordeling 10. august 1971.

Dyp	0-5 m	5-10 m	10-15 m	20-25 m	30-35 m	50-55 m
<i>Bosmina obtusirostris</i>	2520	1200	1150	20905	5765	435
<i>Bythotrephes longimanus</i>	30	25	0	0	0	0
<i>Daphnia cristata</i>	0	0	40	80	0	0
<i>Daphnia galeata</i>	11130	3000	675	1055	85	30
<i>Holopedium gibberum</i>	420	95	80	0	0	0
<i>Leptodora kindtii</i>	85	60	190	80	0	0
<i>Polypheumus pediculus</i>	145	0	0	20	0	70
<i>Sida crystallina</i>	0	10	0	0	0	0
<i>Syclops scutifer</i>	17640	23675	22788	18000	1090	350
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	35280	24000	15240	390	150	195
<i>Heterocope appendiculata</i>	335	455	80	20	0	0
<i>Limnocalanus macrurus</i>	10	0	0	20	0	30
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	11790	2380	2400	60	50	55
<i>Mesocyclops oithonoides</i>	600	100	110	0	0	0
<i>Asplanchna priodonta</i>	300	35	15	0	0	0
<i>Conochilus unicornis</i>	200000	180000	100000	600	600	100

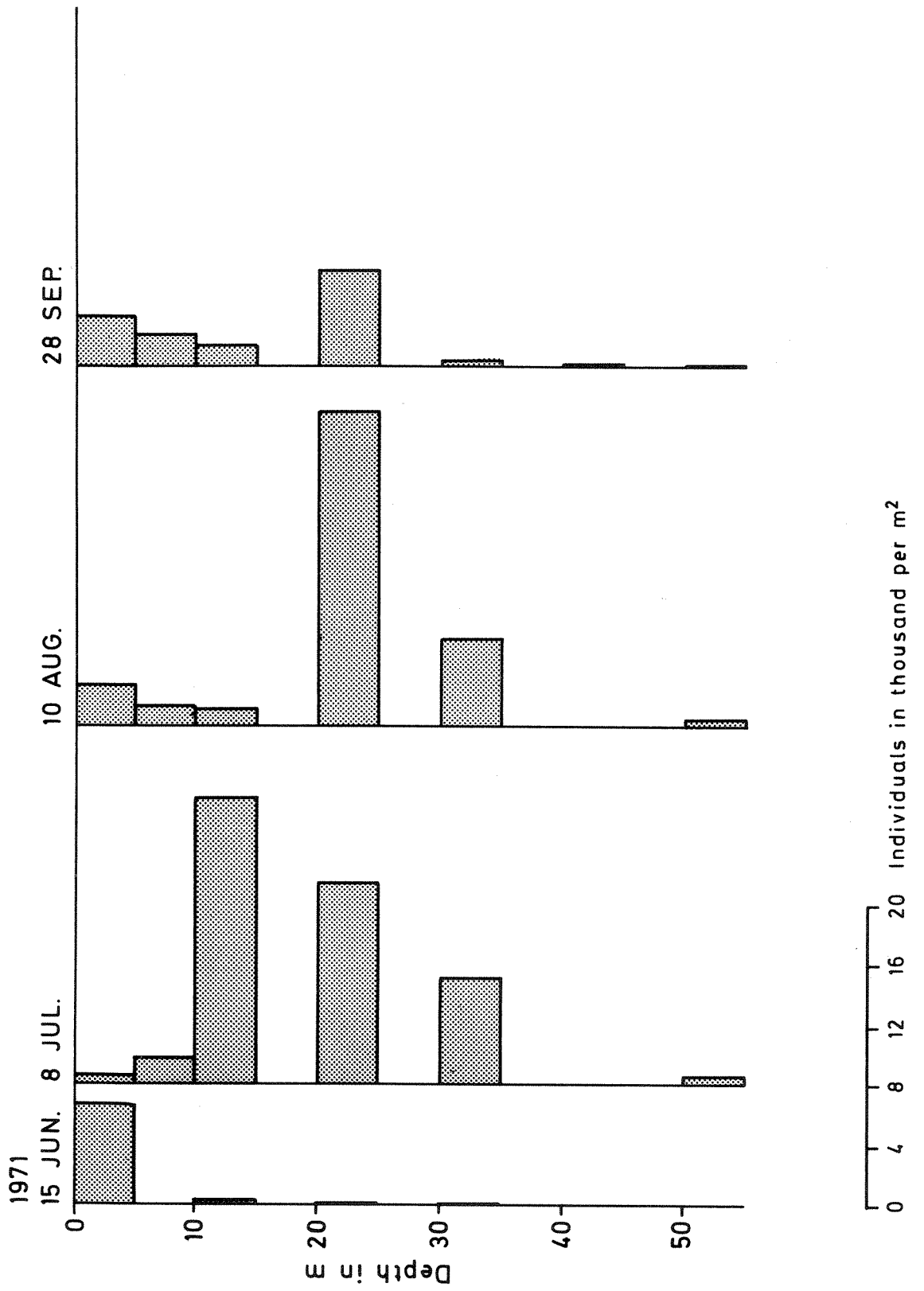
Tabell 10D. Vertikalfordeling 28. september 1971.

Dyp	0-5 m	5-10 m	10-15 m	20-25 m	30-35 m	40-45 m	50-55 m
<i>Bosmina obtusirostris</i>	3290	2210	1360	6645	320	140	65
<i>Bythotrephes longimanus</i>	15	5	15	0	0	0	0
<i>Daphnia cristata</i>	1260	1040	850	240	0	0	15
<i>Daphnia galeata</i>	20230	10530	9860	1930	175	335	200
<i>Holopedium gibberum</i>	1120	325	110	20	0	0	0
<i>Leptodora kindtii</i>	25	20	85	10	10	0	0
<i>Polyphemus pediculus</i>	0	0	0	0	10	0	0
<i>Cyclops scutifer</i>	4010	6655	6885	4160	18055	3330	1140
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	38780	21450	15895	620	415	910	625
<i>Heterocope appendiculata</i>	485	150	15	10	0	0	0
<i>Limnocalanus macrurus</i>	0	0	10	0	0	0	0
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	6790	4080	2490	1405	1150	110	50
<i>Mesocyclops oithonoides</i>	1750	975	510	200	115	80	35
<i>Asplanchna priodonta</i>	25130	16640	11645	200	125	720	600
<i>Conochilus unicornis</i>	210000	54500	100000	70000	57500	480	180

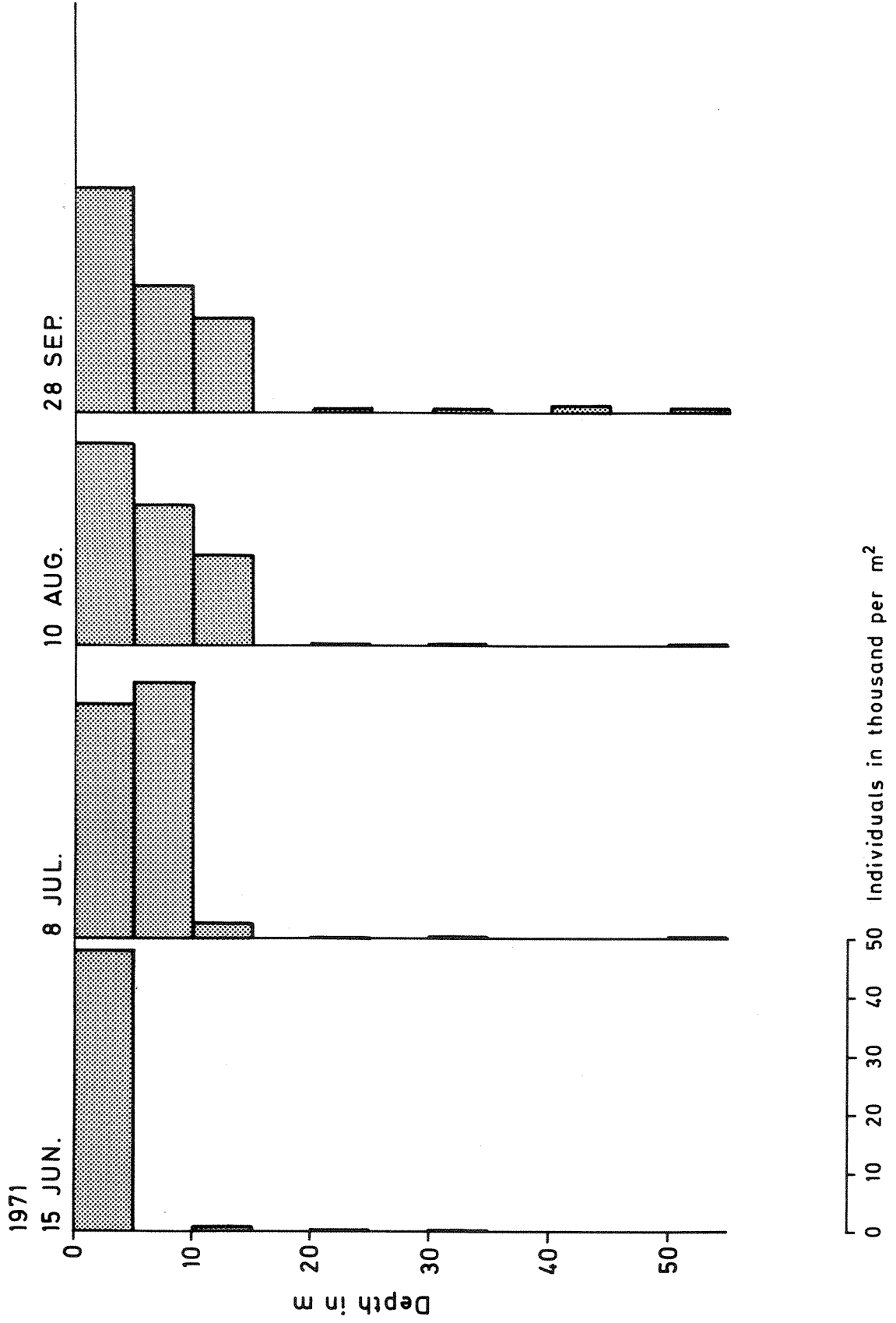
Figur 2. Vertikalfordeling av *Daphnia galeata* (krepsdyr) i Holsfjorden  
15. juni, 8. juli, 10. august, 28. september 1971.



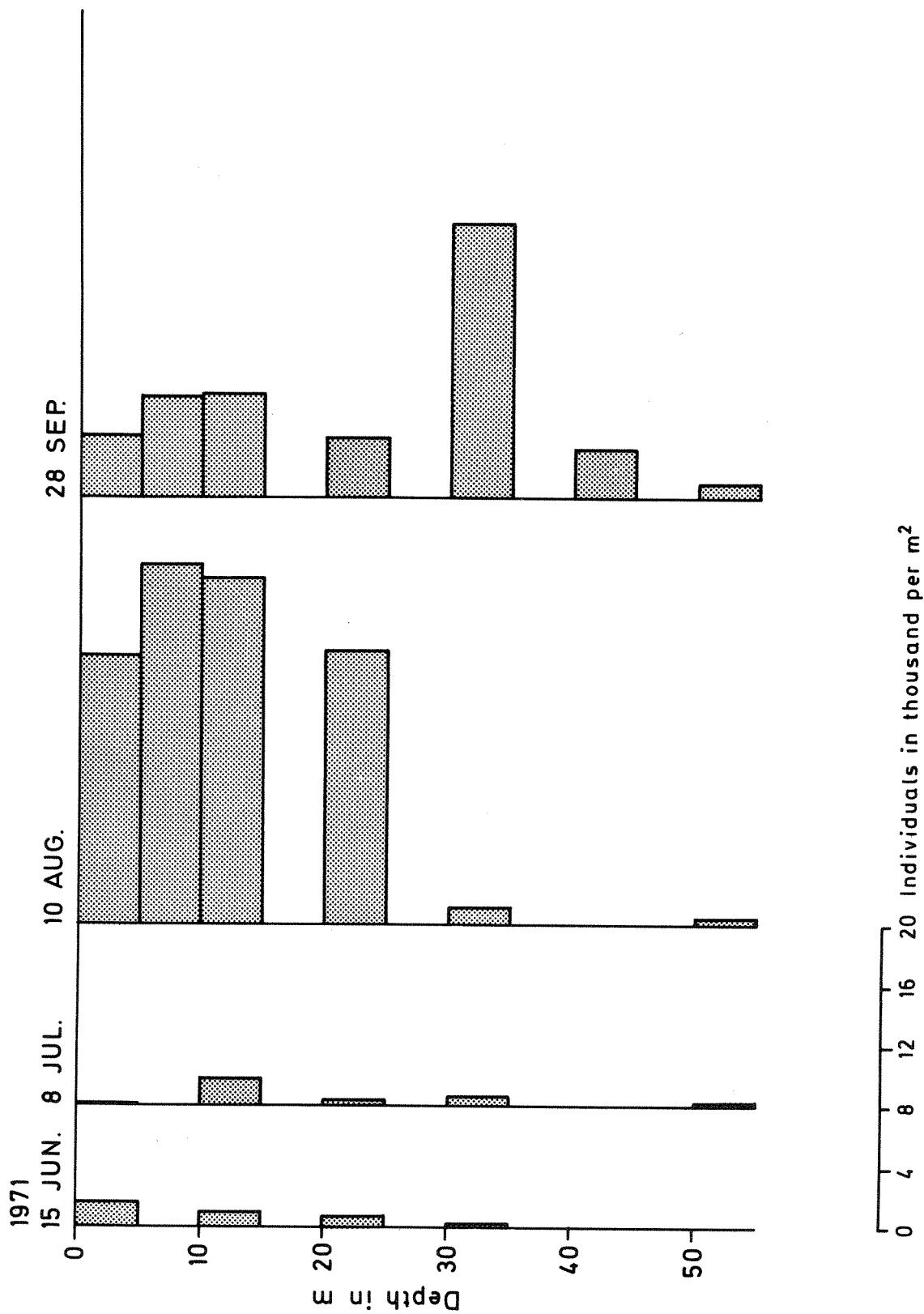
Figur 3. Vertikalfordeling av *Bosmina obtusirostris* (krepsdyr) i Holsfjorden 15. juni, 8. juli, 10. aug. og 28. sept. 1971.



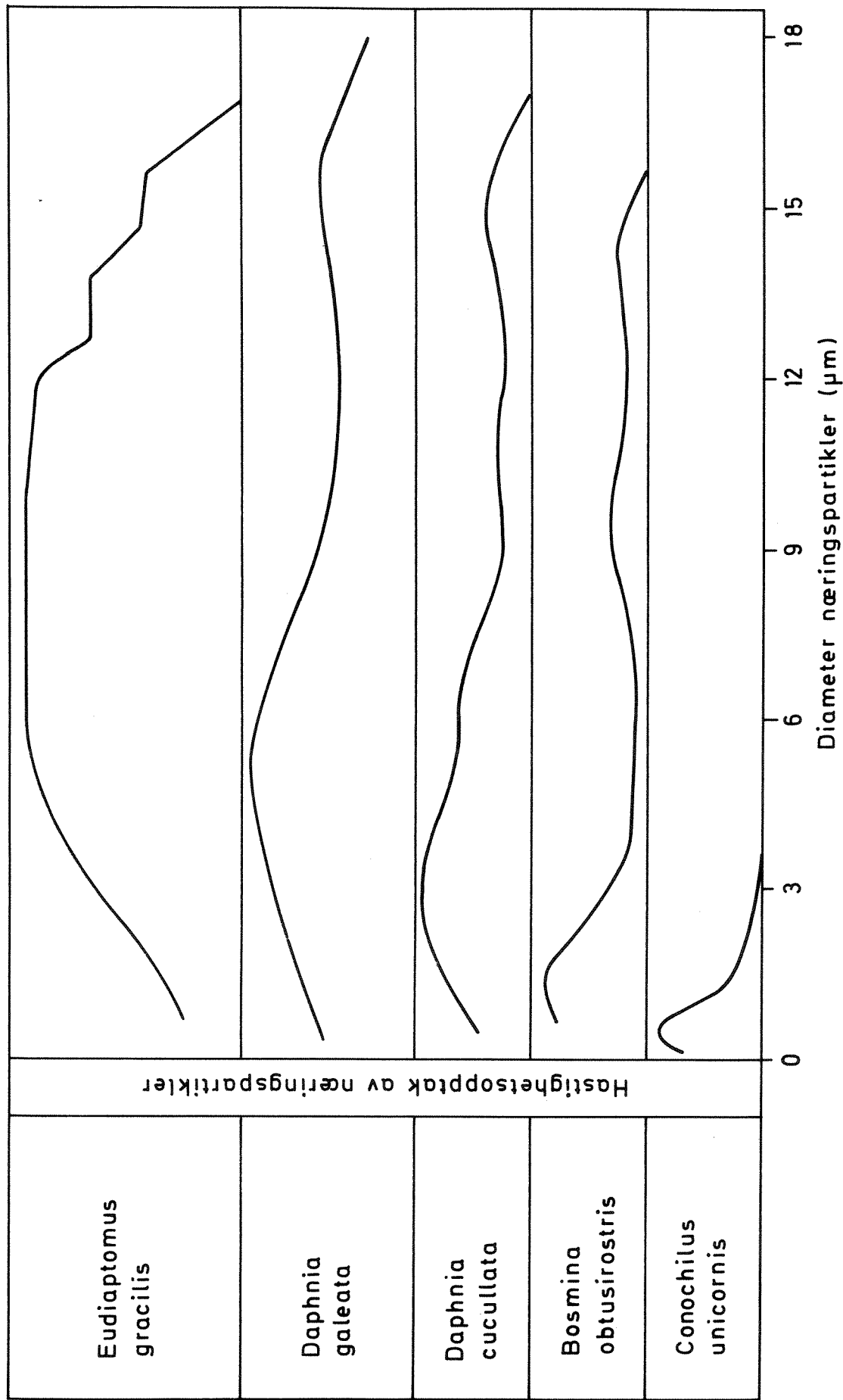
Figur 4. Vertikalfordeling av *Eudiaptomus gracilis* (krepsdyr) i Holsfjorden 15. juni, 8. juli, 10. aug. og 28. sept. 1971.



Figur 5. Vertikalfordeling av *Cyclops scutifer* (krepsdyr) i Holsfjorden  
 15. juni, 8. juli, 10. aug. og 28. sept. 1971.



Figur 6. Sammenheng mellom næringsopptak og partikkelstørrelse for enkelte dyreplanktonarter i Holsfjorden. Omarbeidet etter Gliwicz 1970.





Artene som er representert i figur 6 filtrerer eller sedimenterer partiklene fra vannmassene med spesielt utformede munnleder. Disse dyr danner så igjen næringsgrunnlaget for rovdyrplanktonet illustrert ved *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops scutifer*, *Limnocalanus macrurus*, *Heterocope appendiculata* og *Leptodora kindtii*. Flere undersøkelser viser f.eks. at *Leptodora kindtii* kan utnytte mellom 20 og 40 % av produksjonen av *Daphnia* sp.. Eksperimentelle undersøkelser har også vist en direkte sammenheng mellom næringstilgang og reproduksjon hos *Daphnia* sp.. Dette skulle klart illustrere at det er en direkte sammenheng mellom produksjon av dyreplankton og tilgjengelig næring i form av planteplankton, døde organiske partikler og bakterier. Dyreplanktonet avspeiler på denne måten innsjøens produktive tilstander i de fri vannmasser medregnet tilført organisk materiale fra omgivelsene.

På grunnlag av prøvetakinger i forskjellige horisontale lag (tabell 10) er antall dyreplankton-organismer beregnet pr. m<sup>2</sup> overflate fra 0 - 50 m dyp (tabell 9). For horisontale lag hvor prøver mangler er det ved beregningen brukt middelerverdier for tilstøtende prøver. Mengdemessig hadde dyreplanktonet størst forekomst i august og september med omkring 300.000 krepsdyrindivider pr. m<sup>2</sup> overflate fra 0 - 50 m dyp. De laveste tall ble registrert i mai med ca. 30.000 individer. Resultatene viste en relativt sterk økning utover sommeren med ca. 100.000 krepsdyrindivider pr. m<sup>2</sup> i juni, ca. 200.000 individer i juli og ca. 300.000 individer pr. m<sup>2</sup> i august og september. Tettheten av krepsdyr og hjuldyr var størst i vannlagene fra 0 til 10 m dyp. Største individtetthet ble registrert 10 august 1971 med 16 krepsdyr pr. l og 40 hjuldyr pr. l fra 0-5 m dyp. Fra tabellene 10 A - 10 D og figurene 2 - 5 går det frem at dyreplanktonet overveiende befant seg i overflatelagene ned til 25 - 30 m dyp. Prøvetakinger med lukkehåv i forskjellige dyp viste at i mars, april, mai og desember var dyreplanktonet fordelt i hele vannmassen, først og fremst ned til 100 m dyp. Vertikalfordeling og årstidsopptreden av dyreplanktonet var direkte korrelert til mengden av håv-planteplankton (fig. 1-5).

Dyreplanktonet danner ofte en vesentlig del av næringsgrunnlaget for fisk. I Tyrifjorden finnes følgende fiskearter: Aure, sik, røye, krøkle, abbor, gjedde, brasme, ørekyte, karuss, trepigget stingsild,

nipigget stingsild og harr (NIVA 1967). Av disse har erfaringsmessig sik, røye, krøkle og abbor stor betydning med sin beiteeffekt på dyreplanktonet. En undersøkelse av 3 sikmager den 28/9-1971 viste at siken hadde spist plankton. Mageprøvene var fulle av *Daphnia galeata* mens *Bosmina obtusirostris* var tilstede i små mengder. 3 undersøkte, gyteferdige røyer fra samme dato hadde intet mageinnhold, den ene av røymagene var full av fiskeparasitter. Da fiskebestanden i Tyrifjorden i dag er relativt stor, er det god grunn til å anta at beiteeffekten på dyreplanktonet er betydelig. Dette skulle tilsi at produksjon pr. tidsenhet av dyreplankton er høyere enn hva det registrerte antall individer eller biomasse skulle tilsi. Relativt sett har littoralsonen (grundtvannsonen) mindre betydning i Holsfjorden sammenlignet med de fri vannmasser på grunn av bassengets form. En konsekvens av dette vil være at dyreplanktonet i forhold til bunndyr får relativt stor betydning for fisk i Holsfjorden.

Forholdstallet mellom biomassen av planteplankton og dyreplankton er brukt ved vurdering av innsjøers økologiske tilstand. Analyser av tørrstoffinnholdet i kiselalger fra Holsfjorden viste et innhold på 30 % organisk stoff (glødetap), den overveiende del av kiselalgene besto av kiseliskall ( $\text{SiO}_2$ ). En tilsvarende analyse av krepsdyr viste et innhold på 87 % organisk stoff.

En beregning (se avsnitt 1.4) av forholdet mellom biomassen (tørrvekt og organisk stoff) av håvplanteplankton (P) og håvdyreplankton (Z) ga følgende resultat:

	8. juli	10. aug.	28. sept.	14. des.	jan. - juni
Biomasse som tørrvekt	$0 < \frac{P}{Z} < 1$	5	10	$\approx 1$	$0 < \frac{P}{Z} < 0,1$
Biomasse som organisk stoff	$0 < \frac{P}{Z} < 1$	2	6	$\approx 1$	$0 < \frac{P}{Z} < 0,1$

- x) Men i Holsfjorden finner en i tillegg nær samme antall individer i dypene mellom 50 og 100 m. Sammenligner en så antall individer pr. overflateenhet, finner en dobbelt så mange krepsdyr i Holsfjorden som i Steinsfjorden.

Nannoplanktonet (plankton som ikke filtreres fra med håv) vil for størstedelen av året forandre ovennevnte forholdstall endel. Dette gjelder i liten grad for prøvene i august og september. Da er håvplanktonet dominerende slik at de beregnede verdier for P:Z ligger nær opp til det virkelige forhold mellom biomassen av planteplankton og dyreplankton.

Håvplanktonprøver fra vertikale håvtrekk i september 1971 i Holsfjorden og Steinsfjorden, viste visuelt bedømt betydelig større mengder håvplankton (maskevidde 95  $\mu$ m) pr. arealenhet i Holsfjorden sammenlignet med i Steinsfjorden. Fra 11. mai 1971 foreligger sammenligningsmateriale for dyreplankton i Steinsfjorden og Holsfjorden. Sammenligningen ga følgende resultat:

Holsfjorden	0 - 20 m:	676	individ/håvtrekk
- " -	20 - 50 m:	700	" "
- " -	50 - 100 m:	945	" "
Steinsfjorden	0 - 16 m:	1150	" "

Dyreplanktonets sammensetning var lik i begge innsjøer (tabell 9). *Diaptomus gracilis* dominerte dyreplanktonet i begge innsjøer. På denne tid var dyreplanktonet jevnt fordelt i vannmassene i Holsfjorden ned til 100 m dyp. Disse resultater viste at antallet individer i Steinsfjorden fra 0 - 16 m dyp, omkring 1100 krepsdyr pr. håvtrekk, er omtrent det samme som er funnet i Holsfjorden fra 0 - 50 m dyp. <sup>x)</sup> Dette sammen med observasjonen i september 1971 kan tyde på at mengden pr. arealenhet av plankton i de fri vannmasser er høyere i Holsfjorden enn i Steinsfjorden. NIVA's tidligere undersøkelser (1970) viste middelverdier for permanganattall på 3,2 mg O/l i Tyrifjorden (404 observasjoner fra 5 stasjoner) og 2,7 mg O/l i Steinsfjorden (observasjoner fra 4/3-1961 til 8/10-1969). Ved en slik sammenligning er det viktig å merke seg at Steinsfjorden mangler en slik dypvannssone som Holsfjorden. Dette fører bl.a. med seg at de døde organiske partikler som synker nedover og danner næringsgrunnlag for dyreplankton i Holsfjorden, i vesentlig grad kommer bunndyr til gode i Steinsfjorden.

x) I august har h vplanktonet stor forekomst ned til mellom 15 og 20 m dyp, da finnes de største bakterietall på 20 m dyp og nedover.

### 5.3 Heterotrofe bakterier

Resultatene for relativt mål på heterotrofe bakterier (kimtall ved 20°C) er presentert under avsnittet om bakteriologiske forhold. En sammenligning med tidligere undersøkelser (NIVA 1970 tabell 39) viste at antall coliforme bakterier var størst om sommeren mens kimtallene var størst om vinteren. Selv ved den mest forurensede stasjon utenfor Storelva, var det ikke høyere kimtall når antallet coliforme var stort. De høye kimtallene observert i 1971 utenfor Sylling kan vanskelig forklares bare ved tilført organisk stoff med kloakkutslippene.

Resultatene for heterotrofe bakterier viste en sammenheng med årstidsvariasjon og vertikalfordeling av hævplanktonets biomasse (fig. 1 og tabell 5). I juni og juli forekommer hævplanktonet overveiende i de øverste 10 m, da finnes de største bakteriemengder fra 10 m og nedover. I september strekker hævplanktonet seg ned til mellom 25 og 30 m dyp, da er det funnet bakterietall større enn 1000 bare på 50 m dyp. I desember ved fullsirkulasjon var hævplanktonet fordelt i hele vannmassen, dette var også tilfelle med bakteriemengdene. x)

Biomassen av planteplankton og dyreplankton er under sommeren fordelt i overflatelagene (epilimnion) over sprangsjiktet som presses nedover i løpet av sommeren, (sammenlign tabell 2 over temperaturen). Dette samsvar mellom vertikalfordelingen av plankton (både planter og dyr) og bakterier, indikerer at den mest intense bakterielle nedbrytning av organisk stoff, foregår i nedre del av produksjonssonen, i sprangsjiktet og i de dypereliggende vannmasser. Dødt planktonmateriale vil etter hvert synke nedover og til en viss grad hope seg opp i nedre del av epilimnion og i de underliggende vannmasser.

De utførte kimtallsanalyser er ikke noe eksakt mål på antall bakterier pr. ml og kan derfor ikke sammenlignes med kvantitative bakterieundersøkelser. For å vurdere størrelsen av de observerte kimtall er det nødvendig å sammenligne med andre innsjøer hvor samme metode er brukt. En sammenligning med tidligere undersøkelser av NIVA (1967) gir følgende resultat:

Innsjøer	Dato	Dyp	Antall prøver	Antall kim/l
Hurdalssjøen	16/11-1965	1-59 m	12	6 - 15
Randsfjorden	22/9-1966	1 "	1	216
"	22/9-1966	4-71 "	10	24 - 52
"	10/2-1967	1-50 "	5	60 - 137
"	25/8-1967	1-30 "	5	15 - 82
Nordsjø	xx aug. 1964 -juli 1966	ved pumpest.	24	1 - 25
<sup>x</sup> Holsfjorden	15.juni 1971	1-50 m	4	210 - >3100
"	10.aug. 1971	1-50 m	4	130 - over- grodd
"	28.sept.1971	1-50 m	4	230 ->>1200
"	15.des. 1971	1-50 m	5	alle prøver >2400

x se tabell 5.  
xx prøver hver måned.

Denne sammenligning viser at de registrerte bakterietall i Holsfjorden er betydelig høye sammenlignet med ovenfor nevnte innsjøer. Forurensningstilførslene av organisk stoff er overveiende konsentrert i vestre del av Tyrifjorden via de store elver som renner ut i innsjøen. Holsfjorden er et dyptgående basseng vesentlig omgitt av bratte skråninger og liten grundtvannssone. De naturlige tilførsler av organisk stoff fra omgivelsene i Holsfjorden antas ikke å være noe større enn for de nevnte innsjøer det er sammenlignet med. Ut fra dette og sammenhengen med planktonproduksjonen diskutert ovenfor, er det sannsynlig at den sterke nedbrytning av organisk stoff i vesentlig grad er forårsaket av stoff produsert i innsjøen. Denne sammenligning indikerer da at Holsfjorden er mer produktiv enn Hurdalssjøen, Randsfjorden og Nordsjø.

#### 5.4 Diskusjon av produktive tilstander

I de foregående avsnitt er det presentert endel resultater av forekomst av plankton og bakterier som har sammenheng med produksjon pr. tidsenhet av planter, dyr og bakterier i de fri vannmasser. Resultater fra Strøms (1932) undersøkelse i 1930 kan sammenlignes med de foreliggende resultater i 1971. De samme metoder for planteplankton og dyre-

plankton er brukt i 1930 og i 1971. Ved planteplanktonundersøkelsene har Strøm i de fleste tilfeller sedimentert volum på 100 ml og 20 ml mot 2 ml i 1971 på grunn av mindre celletetthet i prøvene fra 1930.

Med unntak av en del små flagellater viste Strøms resultater populasjonstall på under 15000 celler/l for de enkelte arter, i de fleste tilfeller langt under dette. Disse populasjonstall synes små, men bekreftes av Brårud, Föyn og Grans undersøkelse (1928) i 1927 i Steinsfjorden, som finner antall algeceller av samme størrelsesorden som Strøm.

Resultatene i 1971 var av en annen størrelsesorden som referert under avsnitt 5.1. Den kvantitative økning var særlig stor for kiselalgene og chrysophyceflagellatenes vedkommende. Den 23. august 1930 ble *Asterionella gracillima* registrert med 10 kolonier pr. liter (1 koloni  $\approx$  10 enkeltceller), 28. september 1971 var tallet over 900.000 enkeltceller pr. liter. Stor forekomst og dominans av *Asterionella gracillima* har erfaringsmessig sammenheng med næringsrike tilstander i de fri vannmasser. Noen ganske få kolonier pr. liter av *Tabellaria flocculosa* var. *asterionelloides* ble funnet i 1930-planktonet, registrert maksimum i 1971 var 173.000 enkeltceller pr. liter. Chrysophyceflagellaten *Dinobryon divergens* forekom med maksimum 216.000 celler pr. liter den 8/7-1971, algen ble ikke registrert av Strøm i 1930. Representanter for samlegruppen "Diverse flagellater" synes å ha nær samme populasjonstetthet i dag som i 1930.

Resultatene fra 1967, 1969, 1971 viste jevnt over populasjonstall som lå langt over verdiene fra 1930. Forskjellene er så store at de ikke kan forklares ved naturlige variasjoner fra år til år. Metodene som Strøm brukte ved bearbeiding av planteplanktonprøvene er utførlig beskrevet. Metodiske feilkilder er urimelig som forklaring på de observerte forskjeller. Det må ha foregått en betydelig kvantitativ økning i planteplanktonet fra 1930 til i dag. De større planktonmengder i august og september 1971 sammenlignet med 1930, bekreftes av målinger av siktedyp som synes å ha blitt redusert med 1,5 - 2,5 m (avsnitt 2). Antallet celler pr. l i de senere år, er allikevel ikke spesielt høye sammenlignet med de en finner i meget produktive (næringsrike) innsjøer.



Beiteeffekten ved dyreplankton er avgjørende ved vurdering av antallet planteplanktonceller som finnes i vannmassene til hver tid. Spesielt gjelder dette for de mindre celler (nannoplanktonet).

NIVA (1970) har tidligere undersøkt planteplanktonets kvalitative sammensetning i Holsfjorden basert på overflatehåvtrekk. Konklusjonen er at den kvalitative sammensetning ikke har endret seg vesentlig på de siste 30 - 40 år. Resultatene fra 1967, 1969 og 1971 synes å bekrefte dette ved en helhetsvurdering av den kvalitative sammensetning av planteplanktonet. Sammenligningen av resultatene i 1930 med de i 1967, 1969 og 1971, viste visse kvalitative forskjeller i planteplanktonets sammensetning som det er grunn til å merke seg.

Blågrønnalgen, *Oscillatoria rubescens*, som har masseforekomst i mange forurensede innsjøer i sentral-Europa, ble første gang observert å danne vannblomst i Steinsfjorden vinteren 1961 (Skulberg 1964). Arten som i de senere år har opptrådt regelmessig i Steinsfjorden, ble første gang observert i Holsfjorden 1967. *Oscillatoria* sp. 6-7 µm tidligere registrert i 1967 (NIVA 1970), viste seg ved ny artsbestemmelse å være *Oscillatoria rubescens*. Arten er funnet i prøvene både i 1967, 1969 og 1971. Det er derfor grunn til å regne med at blågrønnalgen *Oscillatoria rubescens* kan utvikle større populasjoner i Holsfjorden i de kommende år. Arten som ikke ble funnet av Strøm i 1930, er sannsynligvis nykommer i Holsfjorden. Det er også mye som taler for at kiselalgen *Fragilaria crotonensis* er ny i Holsfjorden etter 1930. Arten som var dominerende innslag i planktonet i Mjøsa 1967, antas å være nykommer i Mjøsa siden 1930 (Skulberg 1971).

Artssammensetningen av grønnalgene og kiselalgene synes ikke å ha forandret seg vesentlig fra 1930 til idag.

Grønnalgene *Ankistrodesmus falcatus* var. *mirabile* og *Elakatothrix gelatinosa* ble ikke registrert i 1930, begge hadde en viss kvantitativ betydning i 1971-planktonet. Chrysophyceflagellatene var artsrikere representert i 1971 enn i 1930. Dette gjelder særlig slekten *Dinobryon* hvor det ble identifisert 7 arter i 1971, Strøm hadde registrert bare 1 art. Dinoflagellatene var artsmessig dårligere representert i 1971 enn i 1930.

Planteplanktonet viste en forskyvning fra å være dominert av nanno-plankton (ikke frafiltrerbar plankton med håv) i 1930 til å inneholde mer håvplankton i 1971, hovedsakelig kiselalger.

Sammenligner en resultatene for dyreplanktonet i 1930 med 1971, finner en at mengdemessig var antallet individer i august og september 1971 2 til 3 ganger høyere enn i 1930. Strøm (1932) har ikke differensiert mellom forskjellige utviklingsstadier, men da artenes livssyklus er relativt konstant, antas stadiefordelingen å være noenlunde den samme i 1930 som i 1971. En omregning til biomasse ga derfor en tilsvarende økning som nevnt ovenfor.

Bemerkelsesverdig ved resultatene i 1930 er at det i løpet av sommeren ikke skjedde noen økning i mengden av dyreplankton. Resultatene av antall krepsdyr pr. håvtrekk fra 0 - 50 m i 1930 var 554 individer 26. juni, 502 individer 23. august og 561 individer 26. september. Dette at Strøms resultater ikke viste noen relativ økning utover sommeren, står i sterk kontrast til den relative økning i 1971, som tidligere beskrevet. Dette indikerer at næringstilgangen for dyreplanktonet i 1930 må ha vært liten, og dermed liten planteplanktonproduksjon i forhold til 1971. Dette utgjør et vesentlig moment ved vurderingen av Holsfjordens tilstand idag i forhold til i 1930.

Forekomsten av hjuldyr har hatt en sterkere økning enn krepsdyrene fra 1930 til 1971. *Conochilus unicornis* hadde omtrent samme mengdemessige forekomst i juniprøven i 1930, men var nesten borte i prøvene i august og september i 1930. I 1971 hadde arten betydelig forekomst i prøvene både i juli, august og september med mellom 500.000 og 700.000 individer pr. m<sup>2</sup> fra 0 - 50 m dyp i alle disse prøver.

Den kvalitative forandring av dyreplanktonet er også iøyenfallende. Ialt er det i 1971 registrert 5 arter som ikke var tilstede i 1930, nemlig *Daphnia cristata*, *Polyphemus pediculus*, *Cyclops scutifer*, *Mesocyclops leuckarti* og *Mesocyclops oithonoides*. Alle disse arter var vanlige i 1971. Deres livssyklus skulle tilsi at de ville bli observert også i 1930 dersom de fantes i innsjøen. Det er derfor god grunn til å anta at disse arter er nykommere i Holsfjordens hovedvannmasser

etter 1930. Dyreplanktonsammensetningen i 1971 har større likhet med det en finner i næringsrike innsjøer i Norge enn 1930-samfunnet. Som eksempel på slike arter mer vanlige i næringsrike innsjøer kan nevnes *Daphnia cristata*, *Mesocyclops leuckarti* og *Mesocyclops oithonoides*.

Kaldtvannsformen, *Limnocalanus macrurus* som var av de vanligste arter sommeren 1930, hadde beskjedne forekomst i sommerplanktonet 1971. Forandringen av dyreplanktonet synes bl.a. å ha gått ut over denne art. Arten antas å være av de eldste ferskvannsformer i Norge. Den har levet på samme sted siden havet sto over innsjøene der den nå forekommer.

Tilfeldige planktontrekk utenfor Sylling viste planktonmengder av samme størrelsesorden som på hovedstasjonen. Overflatehåvtrekk fra samme område viste at den kvalitative sammensetning av planteplanktonet var nokså lik den en fant ved hovedstasjonen. Det skulle derfor være grunn til å anta at resultatene som er presentert fra hovedstasjonen, også er representative for tilstandene utenfor det planlagte vanninntak i Sylling.

Fra Vättern i Sverige er det nylig gjort en undersøkelse av dyreplanktonet, der det ble funnet bestander som kan sammenlignes med mengdene i Holsfjorden (Dottne-Lindgren og Persson 1971). Disse resultater viste større dyreplanktonmengder i sørlige del av Vättern enn i midtre og nordlige del. Antallet individer for Holsfjorden ligger ca. 30% lavere enn de i midtre Vättern. Dottne-Lindgren og Persson (1971) konkluderer med at "Undersökningen visar hur man på et tydligt sätt får belegg för den pågående eutrofieringen av fremst söndra Vättern medan den ennu bara kan spåras i nordra Vättern".

En enkel beregning av forholdstallet mellom biomassen av planteplankton og dyreplankton i juni, august og september 1930 ga at dette forholdstall var lavt, mindre enn 1. I sommermånedene i 1971 lå dette forholdstall på 2 i august og 6 i september. Dette skulle tilsi at produksjonen av dyreplankton ikke har økt i samme grad som produksjonen av planteplankton skulle tilsi, og at denne utvikling har begunstiget den bakterielle nedbrytning. Dette indikerer at en vesentlig del av planteplanktonproduksjonen ikke direkte konsumeres av dyreplanktonet.

Fra de resultater som er presentert foran og sammenligningen med tidligere undersøkelser i 1930, er det tydelig at mengden av planteplankton og dyreplankton er betydelig større i 1967, 1969, men spesielt i 1971. Dette tyder på at Holsfjorden er blitt mer næringsrik. Med dette menes det at en pågående eutrofiering er registrert.

Tilstanden i 1971 må antas å være en tidlig utviklingsfase (developmental stage) mot mer næringsrike tilstander når det gjelder næringsstoffer og produksjon av planter, dyr og bakterier. Resultatene indikerer en ustabil økologisk tilstand i innsjøen, hvor planteplanktonproduksjonen er betydelig større enn produksjonen av dyreplankton. Forholdene i Holsfjorden idag kan ikke sidestilles med næringsrike (eutrofe) innsjøer etter tradisjonell oppfatning. Begrepene næringsfattig (oligotrof) og næringsrik (eutrof) er for lite nyansert da det finnes gradvise overganger. Dette er det nødvendig å ha i minne ved vurdering av konklusjonen ovenfor.

En slik utviklingstendens kan ikke påvises ved de fysiske og kjemiske resultater. Dette viser at de biologiske metoder er mer følsomme til å spore tendenser til eutrofiering.

Økologiske erfaringer har vist at utviklingen i Holsfjorden må antas å være forårsaket av menneskelig aktivitet i nedslagsfeltet. Det er ingen grunn til å anta at utviklingen vil stoppe, eller forløpe langsommere uten ved aktive tiltak for beskyttelse og avlastning av innsjøen som resipient.

## 6. VURDERING AV VANNINNTAKETS PLASSERING OG DRIKKEVANNSKVALITET

Resultater som har betydning for vurdering av gunstig plassering av vanninntaket er presentert og kommentert under avsnitt 3 "Partikkelinnhold", avsnitt 4 "Bakteriologiske forhold" og delvis avsnitt 5 "Forekomst av planteplankton, dyreplankton og bakterier".

De bakteriologiske resultater har vist at de dypereliggende vannmasser er mer forurensset med coliforme bakterier, som sannsynligvis har sammenheng med kloakkutslipp i Syllingområdet. Hvis disse forhold skal

vedvare, vil det ut fra hygieniske forhold være gunstigere med vanninntaket i overflatelagene, og så langt vekk fra Syllingsområdet som mulig. Alternativ A lengst nord er å foretrekke fremfor alternativ B lenger syd.

Resultatene viste at partikkelinnholdet i Holsfjorden overveiende besto av levende organismer og rester etter levende organismer. Partikkeltettheten var størst i overflatelagene ved slutten av sommerstagnasjonen, og hadde også da størst utbredelse i vannmassene ned til 25 og 30 m dyp. Vurdert ut fra partikkelinnholdet vil det være gunstigst å legge vanninntaket dypere enn 30 m. Det er grunn til å anta at partikkelinnholdet i Holsfjorden vil øke i fremtiden, og dette vil da stille større krav til filtrering av råvannet.

Det er sannsynlig å regne med en ubetydelig oksygenreduksjon i dyplagene i Holsfjorden i overskuelig fremtid, selv om de biologiske prosesser skulle øke radikalt. Vannet vil derfor forbli bra mettet med oksygen, uten fare for at det vil bli råttent (oksygenfritt).

Uttak av vann fra dyplagene vil gi kaldere vann med jevnere temperatur. Overflatelagene er mer utsatt for tilfeldige forurensninger f.eks. oljesøl, alger som flyter opp o.l.

Ut fra disse betraktninger vil det være gunstigst å plassere drikkevannsinntaket mellom 50 -100 m dyp ved alternativet lengst nord(A).

I avsnitt 3 er det gitt en kvalitativ og kvantitativ beskrivelse av vannets innhold av partikler i Holsfjorden. Det er ikke utført noen spesielle undersøkelser eller eksperimenter som viser hvordan de forskjellige partikler holdes tilbake med ulike filtreringsanordninger, heller ikke over hvilke problemer som kan oppstå ved transport av vannet gjennom overføringstunnel eller i øvrig ledningsnett. Det høye innhold av heterotrofe bakterier tyder på at vannet inneholder lett nedbrytbart organisk stoff. Dette kan føre til begroingsproblemer i ledninger for transport av vannet. Den autotrofe begroing, vesentlig ved alger, er avhengig av lys, og følgelig vil ikke dette skape begroingsproblemer. Det

organiske stoff vil under transporten bli gjenstand for nedbrytning ved heterotrofe organismer som bakterier, sopp, encellede dyr og andre hvirvelløse dyr, f.eks. svamper.

En utførlig vurdering av begroing i ledningsnett og spesifisering av de mest hensiktsmessige rensetekniske metoder, er en spesialoppgave som har ligget utenfor rammen av denne undersøkelsen. Slike undersøkelser vil bli aktuelle når drikkevannsprosjektet er en realitet, og prøvedrift sette i gang. Rensetekniske krav til råvannet må vurderes av helsemyndighetene.

Hovedvannmassene i Tyrifjorden er idag kjemisk sett velegnet som råvann for drikkevannsforsyninger (NIVA 1970).

Innholdet av partikler i Holsfjorden er relativt lavt og skulle ikke by på spesielle vanskeligheter for en drikkevannsforsyning.

## 7. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Det er foretatt en undersøkelse av de biologiske tilstander i Holsfjordens vannmasser utenfor Skaret, Homledal ved IHD-stasjonen. I tillegg er det foretatt endel fysiske og kjemiske observasjoner av innsjøens fysiske og kjemiske vannkvalitet. En undersøkelse av bakteriologiske forhold er utført ved det planlagte drikkevannsinntak utenfor Toverud i Sylling.

Materialet er samlet inn på følgende dager i 1971: 11. mars, 21. april, 11. mai, 15. juni, 8. juli, 10. august, 28. september og 14. desember.

Vannprøvene ble analysert på følgende fysiske og kjemiske parametre: Temperatur, farge, turbiditet, siktedyp, nitrat, total nitrogen, jern, mangan, tørrstoff og gløderest.

Biologiske parametre omfattet: coliforme bakterier, termostabile coliforme bakterier, kimtall ved 20°C og 37°C, planteplankton og dyreplankton. Til innsamling av plankton er det benyttet Ruttner vannhenter, planktonhåver med maskevidde 20 µm og 95 µm og en kvantitativ plankton-samler (Clarke-Bumpus type).

Det viktigste grunnlag for konklusjonene en har kommet frem til er følgende:

- I. Kvantitative prøver av planteplankton.
- II. Kvantitative prøver av dyreplankton.
- III. Antall av heterotrofe bakterier for vurdering av lett nedbrytbart organisk stoff.
- IV. Kvalitativ sammensetning av plante- og dyreplanktonsamfunnet og vurdering av artenes økologiske krav.
- V. Sammenligning med Strøms (1932) tidligere planktonundersøkelse i 1930 og undersøkelser i andre innsjøer.
- VI. Relativ økning av dyreplanktonet i løpet av sommer og høst i 1930 og 1971 og forholdet mellom mengden av planteplankton og dyreplankton i 1930 og 1971.
- VII. Bakteriologiske analyser av coliforme og termostabile coliforme bakterier ved vurdering av hygieniske forhold.
- VIII. Fysiske og kjemiske analyser.

### Konklusjon

1. Hovedvannmassene er idag kjemisk sett velegnet som råvann for drikkevannsforsyninger. Vannets pH ligger omkring nøytralpunktet og vannet har lite innhold av humusstoffer (tungt nedbrytbare organiske forbindelser).
2. Frafiltrerbare partikler i vannmassene består overveiende av levende organismer (plankton) og rester etter døde organismer. Partikkelinnholdet er størst i september i overflatelagene ned til mellom 25 - 30 m dyp. Humuspartikler og uorganiske partikler er ubetydelig, bare i juni er en viss mengde uorganiske partikler observert. Det høye innhold av heterotrofe bakterier tyder på at vannet inneholder lett nedbrytbart organisk stoff. Det synes å være mest sannsynlig at dette organiske stoffet hovedsakelig er produsert i innsjøen og i mindre grad er tilført med avløpsvann.

3. De dypereliggende vannmasser utenfor planlagt vanninntak er noe forurenset av coliforme bakterier sannsynligvis forårsaket av kloakkvannutslipp i Syllingsområdet. De hygieniske problemer ved bruken av Holsfjorden som drikkevannskilde og rensetekniske krav må vurderes av helsemyndighetene.
4. Ut fra en helhetsvurdering etter punktene 2 og 3 ovenfor, ansees gunstigste plassering av vanninntak å være mellom 50 - 100 m dyp ved alternativet lengst nord (A). Mulighetene for regulerbart inntak, for å kunne variere inntaksdypet, bør vurderes.
5. En sammenligning mellom planktonundersøkelser i 1930 og 1971 viser at forekomsten av planteplankton og dyreplankton har økt.
6. Undersøkelsen har skaffet belegg for en pågående næringsanrikning (eutrofiering) i Holsfjordens vannmasser som er forurensningspreget. Tilstanden idag viser en ubalanse mellom planteproduksjon og produksjon av dyreplankton i favør av sterkere bakteriell nedbrytning. Holsfjorden antas å være i et tidlig utviklingsstadium mot mer næringsrike tilstander (økning av næringsstoffer, planter, dyr og bakterier).
7. Utviklingen av biologiske tilstander i Holsfjorden viser parallelle trekk eller samme utviklingsmønster som mange andre store innsjøer i andre land. Det er derfor stor sannsynlighet for at utviklingen i Holsfjorden vil fortsette, endog med økt hastighet i fremtiden, og føre til uønskede tilstander.
8. Med utgangspunkt i den betydning som Holsfjorden vil få i fremtiden bl.a. som Oslo-områdets fremtidige drikkevannskilde, vil det være av stor betydning å følge med i utviklingen av biologiske tilstander i Holsfjorden i årene fremover. Ikke minst for å verifisere resultatene fra denne undersøkelse og klarlegge hvordan utviklingen vil fortsette i de nærmeste år. Økologiske undersøkelser av planter, dyr og bakterier vil gi informasjon om hva som skjer i Tyrifjorden. Det bør påbegynnes utarbeidelse av program for beskyttelse og avlastning av Tyrifjorden som resipient og klarlegging av hittil kjente effekter av mottiltak mot forurensninger.



## 8. LITTERATUR

1. Braarud, T., Føyn, B. og Gran, H.H. 1928. Biologische Untersuchungen in einigen Seen des östlichen Norwegens. Skr. norske Vidensk. Akad., I.Mat.-Nat. 1928.2.
2. Dottne-Lindgren, Å. og Persson, G. 1971. Djurplankton i Vättern september 1969. Limnologiska institutionen, Uppsala. 14 pp.
3. Gliwicz, Z. M. 1970. Calculation of food ration of zooplankton community as an example of using laboratory data for field conditions. Pol. Arch. Hydrobiol. 17(30). 169-175.
4. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) 1967. 0-110/65. Vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene. Utredning for Østlandskomiteen 1967. Rapport I. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 5. Ferskvannsfisket og skadevirkninger av forurensning. Blindern, desember 1967.
5. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) 1967. 0-110/65. Vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene. Utredning for Østlandskomiteen 1967. Rapport I. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 3. Mjøsa, Hurdalssjøen, Øyern, Randsfjorden, Tyrifjorden, Nordsjø. Blindern, desember 1967.
6. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) 1970. 0-15/64. Tyrifjorden. En limnologisk undersøkelse 1967-1968. Blindern, april 1970.
7. Skulberg, O.M. 1964. Algal problems related to the eutrophication of european water supplies. Algae and Man, Plenum Press, New York. 262-299.
8. Skulberg, O.M. 1971. Eutrofiering og biologiske forandringer i noen østnorske vannforekomster. Forurensning og biologisk miljøvern. Universitetsforlaget, Oslo. 219-235.
9. Strøm, K.M. 1932. Tyrifjord. A Limnological Study. Skr. norske Vidensk. Akad., I. Mat.-Nat. 1932. 3.