



O-94152

En vurdering av
Langlivatn og Bjørnsjøen
som råvannskilder til
nytt vannverk i
Vettakollen

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-94152	Undernr.:
Løpenr.: 3283	Begr. distrib.:

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: En vurdering av Langlivatn og Bjørnsjøen som råvannskilder til nytt vannverk i Vettakollen	Dato: 3.07.1995	Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Vassdrag	
Forfatter(e): Pål Brettum	Geografisk område: Oslo	
	Antall sider: 38	Opplag:

Oppdragsgiver: Oslo vann- og avløpsverk (OVA)	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt:

Denne rapport er en sammenstilling av de limnologiske analyseresultater som foreligger om vannmassene i Langlivatn og Bjørnsjøen. Bakgrunnen er at Oslo vann- og avløpsverk (OVA) planlegger et nytt vannverk i Vettakollen, og vann til verket er tenkt tatt fra disse to innsjøene.

OVA ønsker å få en vurdering av vannkvaliteten i disse to innsjøene basert på det som fra tidligere foreligger av observasjonsmateriale. Ut fra de fleste parametre som benyttes som kriterier for råvann til drikkevann, viser Bjørnsjøen en noe bedre kvalitet enn Langlivatn.

Mens Bjørnsjøen viser en normal utvikling med to fullsirkulasjonsperioder, vår og høst, og vinter- og sommerstagnasjon, er det i Langlivatn vertikalsirkulering i hele vannmassen gjennom det meste av året.

Det anbefales at det gjennomføres en mer omfattende undersøkelse av både fysik-kjemiske, bakterielle og biologiske forhold, med tette intervaller gjennom året, der også temperatur og oksygenforholdene undersøkes grundigere, før prosjektet settes i gang.

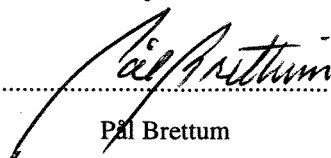
4 emneord, norske

1. Drikkevann
2. Vannkvalitet
3. Langlivatn
4. Bjørnsjøen

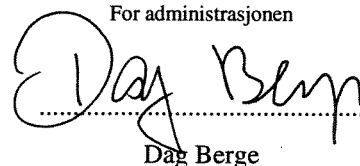
4 emneord, engelske

1. Drinking water
2. Water quality
3. Lake Langlivatn
4. Lake Bjørnsjøen

Prosjektleder


Pål Brettum

For administrasjonen


Dag Berge

ISBN 82-577-2806-3 -

O-94152

**En vurdering av Langlivatn og Bjørnsjøen som
råvannskilder til nytt vannverk i Vettakollen**

Oslo, 3. juli 1995

Pål Brettum

Innhold

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	4
1. INNLEDNING	6
1.1 Bakgrunn.....	6
1.2 Tidligere undersøkelser i de aktuelle innsjøene	6
1.3 Morfometriske og hydrologiske data.....	7
2. HYDROKJEMISKE FORHOLD.....	8
2.1 Temperatur og oksygenforhold.....	8
2.2 Siktedyp	10
2.3 pH	10
2.4 Konduktivitet og mineralsalter	11
2.5 Turbiditet	12
2.6 Totalt organisk karbon (TOC)	13
2.7 Totalfosfor	15
2.8 Totalnitrogen	16
2.9 Farge	17
2.10 Jern og mangan.....	17
3. BIOLOGISKE FORHOLD	18
3.1 Planteplankton	18
3.2 Klorofyll	19
4. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD	20
5. LITTERATUR	21
VEDLEGG	22

Forord

Denne rapporten gir en sammenstilling av fysisk-kjemiske og biologiske analyseresultater fra vannprøver tatt i Langlivatn og Bjørnsjøen i Nordmarka, Oslo kommune.

Analyseresultatene omfatter perioden 1991-94, og de kjemiske analysene er utført ved Oslo vann- og avløpsverks (OVA) laboratorium

Planteplanktonanalysene er utført av Ø. Løvstad, Limnoconsult, på oppdrag fra OVA.

Rapporten er utformet under tidspress og må sees på som et foreløpig arbeid for å få en oversikt over de vannkjemiske og biologiske forholdene i de to innsjøene i forbindelse med forprosjekteringen av nytt vannverk på Vettakollen.

Oslo, 3. juli 1995

Pål Brettum

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Den foreliggende rapport er en sammenstilling av analyseresultater av fysisk-kjemiske, bakteriologiske og biologiske parametre for Langlivatn og Bjørnsjøen i Nordmarksområdet, Oslo kommune.

Bakgrunnen for rapporten er at Oslo vann og avløpsverk (OVA) planlegger et nytt vannverk i Vettakollen. Dette vannverket skal forsynes fra Langlivatn og Bjørnsjøen.

I forbindelse med forprosjekteringen, som starter i juli 1995, var det ønskelig med en limnologisk vurdering av råvannskvaliteten i de to innsjøene.

Enkelte spredte resultater av analyser fra tidligere år finnes, men disse er av eldre dato og dessuten er det utført bare en enkelt analyseserie, noe som er et for spinkelt grunnlag å gjøre en vurdering på. OVA's analyselaboratorium har imidlertid selv utført relativt mange analyseserier av en rekke parametre på vann samlet fra de øvre vannlag (blandprøver 0-5 m dyp) og dypvannsprøver fra de to innsjøene i perioden 1991-94. Dette datamaterialet danner i hovedsak grunnlaget for den sammenligningen som her er gjort med hensyn til råvannskvaliteten i de to innsjøene.

For de fleste fysisk-kjemiske parametre viser Langlivatn høyere verdier enn Bjørnsjøen, både når en sammenligner prøvene fra de øvre vannlag (blandprøver) og prøver tatt fra de dypere vannlag (27 m i Langlivatn og 30 m dyp i Bjørnsjøen er brukt for sammenligning), men forskjellene er ikke svært store. Imidlertid gjelder det at verdiene for Bjørnsjøen for de fleste parametres vedkommende ligger innenfor intervallet for "god" råvannskvalitet etter SIFF's drikkevannsnormer (1987) og SFT's klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Holtan og Rosland 1992). Tilsvarende verdier for Langlivatn ligger i intervallet "mindre god" eller i grenseområdet mellom de to intervallene.

Forskjeller i råvannskvaliteten viser seg bl.a. i viktige kvalitetskriterier som turbiditet, totalt organisk karbon (TOC), farge, totalfosfor, jern og mangan.

I Bjørnsjøen er temperatur- og oksygenutviklingen den normale for de fleste relativt upåvirkete norske innsjøer, med fullsirkulering vår og høst, og med en vinterstagnasjon og en sommerstagnasjon med termisk sjiktning av vannmassene. Dette fører til oksygenreduksjon i dyplagene i stagnasjonsperiodene, under sprangsjiktet. På grunn av for spredte temperaturmålinger på mange av prøvetakingstidspunktene er det vanskelig å fastsette sprangsjiktområdet mer nøyaktig enn at det antagelig ligger på mellom 4-6 m dyp vanligvis. Oksygenreduksjonen i dypet kan være ned til 60 % metning i sommerperioden.

I Langlivatn er det god vertikal blanding av vannmassene hele året, også i de perioder da andre innsjøer har termisk sjiktning av vannmassene. Grunnen må være at uttapping av råvann i dyplagene fører til vertikalsirkulasjon.

En forskjell som i drikkevannssammenheng kan ha betydning er vannets surhetsgrad. Her er vannmassene i Bjørnsjøen jevnt over litt surere enn i Langlivatn når det gjelder de øvre vannlag. I dypvannet er forskjellen større.

Ut fra de analyseresultater som har vært tilgjengelig synes vannkvaliteten i Bjørnsjøen jevnt over å være noe bedre enn i Langlivatn ut fra de kriterier og normer for god drikkevannskvalitet som er gitt.

Før et prosjekt av dette omfang settes i gang burde det imidlertid gjennomføres en mer inngående limnologisk undersøkelse av de to vannkildene, med tettere prøvetakingsfrekvens gjennom året. For å kunne beregne uttaksdyp for råvann, bør en få en bedre oversikt over de vertikale temperatur- og oksygenvariasjonene i begge innsjøene, basert på tette observasjoner gjennom året. Da planktonalger kan gi smak og lukt av vannet, og det i det minste i Langlivatn er påvist enkelte arter som i større konsentrasjoner kan gi slike effekter, burde det gjennomføres en mer omfattende undersøkelse av planteplanktonvariasjonene.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I juli 1995 vil det starte et forprosjekt i forbindelse med at Oslo vann- og avløpsverk (OVA) planlegger et nytt vannverk i Vettakollen. Dette vannverket skal etter planene få vann fra Langlivatn og Bjørnsjøen. Dette er en sak av så stor viktighet at en på forhånd bør skaffe seg så god informasjon om vannkildene som mulig.

Det er av stor betydning ved valg av optimale rensetekniske tiltak at råvannets beskaffenhet og variasjonene gjennom året er kjent. Også plasseringen av råvannsinntaket vil være avhengig av hvorledes de fysiske-kjemiske forholdene i vannmassene varierer gjennom året, og da særlig hvorledes forholdene i dypvannet utvikler seg mot slutten av stagnasjonsperiodene sommer og vinter.

Innsjøene i Nordmarka er varierende belastet med humusmateriale, og i flere er det tendens til oksygensvikt mot slutten av stagnasjonsperiodene, noe som kan føre til anrikning av jern og mangan.

I enkelte vannforekomster kan det oppstå lukt og smaksproblemer i forbindelse med oppblomstring av enkelte planteplanktonalger, noe en også må ta hensyn til ved valg av vannkilde til et så viktig vannverk.

1.2 Tidligere undersøkelser i de aktuelle innsjøene

I Langlivatn ble det gjennomført en limnologisk undersøkelse i begynnelsen av 1960-årene (Bøyum 1963). Den omfattet vannkjemiske forhold.

Bjørnsjøen inngikk i en regionallimnologisk undersøkelse foretatt av NIVA i 1971 (Holtan og Kjellberg 1972), da det ble samlet inn prøver to ganger.

Langlivatn og Bjørnsjøen inngikk også i forurningsundersøkelsene i 1980 (Henriksen og Andersen 1982).

Oslo kommune ved Etat for miljørettet helsevern har laget en vannbruksplan for Sørkedalsvassdraget, hvor beskrivelsen av Langlivannets nedbørfelt inngår (Gro Jørgensen 1992). Videre er det utgitt en NIVA-rapport om konsekvensene ved overføring av vann fra Langlivatn til Maridalsvassdraget (Holtan 1992).

NIVA har nylig avsluttet en sammenstilling av råvannsanalyser og andre undersøkelser fra drikkevannskilder i Oslofjordområdet på oppdrag fra Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord (Holtan 1995), for å se om det er noen utviklingstendenser å spore i noen av vannene, Langlivatn har inngått her.

De data som finnes i de nevnte rapporter er viktige som bakgrunnsinformasjon for de vurderinger som er gjort i forbindelse med denne rapporten, og tabellen med resultater fra Holtan (1995) er tatt med i vedlegget bakerst i rapporten.

OVA har imidlertid i perioder gjennomført et relativt omfattende analyseprogram i de to innsjøene i perioden 1991-94, et program som stadig pågår. En har derfor valgt å basere vurderingene av vannkvaliteten i de to innsjøene og variasjonene i denne, på disse dataene som er de mest oppdaterte.

1.3 Morfometriske og hydrologiske data

Langlivatnet, som er demmet opp med en 30 m høy demning, består i dag av tre bassenger: Himtjern, Langlivatn og Dammen. Største dyp er i Dammen og nær demningen, med ca 30 m. Vannet har sine tilførsler i første rekke fra Storflåtan via Vesleflåtan, Butleren, Svarten og Kringla.

Bjørnsjøen har tilførsler fra store deler av den nordlige del av Nordmarka, fra Ølja i nordvest via en rekke større innsjøer som Katnosa (med tilførsel også fra Spålen), Sandungen og Hakkloa.

Vann til begge innsjøene dreneres fra områder som i geologisk sammenheng tilhører Oslofeltet. Berggrunnen er av vulkansk opprinnelse og består i hovedsak av permiske dyperuptiver. Disse går under betegnelsen nordmarkitt, en syenittisk dypbergart med stort innhold av kalifeltsfatt, som avgir lite elektrolytter (salter) til avrenningsvannet.

Løsavsetningene i begge nedbørfeltene består av et tynt lag bregrus. Vegetasjonsdekket er for størstedelen tett skog, med gran og furu som de dominerende tresortene. En ikke ubetydelig del av nedbørfeltene består av myr. Dette har betydning for tilførslene av humus til innsjøene og dermed fargen på innsjøvannet.

For øvrig er en del morfometriske og hydrologiske data om de to innsjøene gitt i tabell 1.

Tabell 1. Hydrologiske og morfologiske data for Langlivatn og Bjørnsjøen (etter Hotan 1992).

Parameter	Benevn.	Langlivatn	Bjørnsjøen
Høyde over havet	m	315	335
Nedbørfelt	km ²	52.5	114.9
Overflate	km ²	0.76	2.53
Volum	mill.m ³	6.504	17.800
Største dyp	m	29.5	38.8
Midlere dyp	m	8.5	7.0
Årlig tilsig	mill.m ³	43.484 *	86.22
Teoretisk oppholdstid	år	0.15	0.2

* Vannbruksplanen oppgir 38.

2. HYDROKJEMISKE FORHOLD

I de følgende figurer og i tabellene i vedlegget er forsøkt sammenstilt de kjemiske analyseresultatene på en mer oversiktlig måte for lettere å kunne sammenligne forholdene på tilsvarende tidspunkter i de to innsjøene Langlivatn og Bjørnsjøen.

I figurene er bare tatt med analyseresultatene fra de prøvetakingstidspunktene da det ble samlet inn prøver fra begge innsjøene, enten som blandprøver fra de øverste vannlag, 0-5 m dyp, eller fra dypvannslagene, eller fra begge typer vannmasser. I figurene for resultatene fra dypvannslagene er tatt med resultatene fra 27 m dyp i Langlivatnet, og fra 30 m dyp i Bjørnsjøen. Dette for å få en mer oversiktlig form. Disse dyp er ikke største dyp i noen av innsjøene, men så nær bunnområdene at de blir representative for dypvannet i hver av innsjøene, uten å være direkte influert av bunnforholdene.

2.1 Temperatur og oksygenforhold

(fig. 1, tabell 2 og 3 i vedlegget)

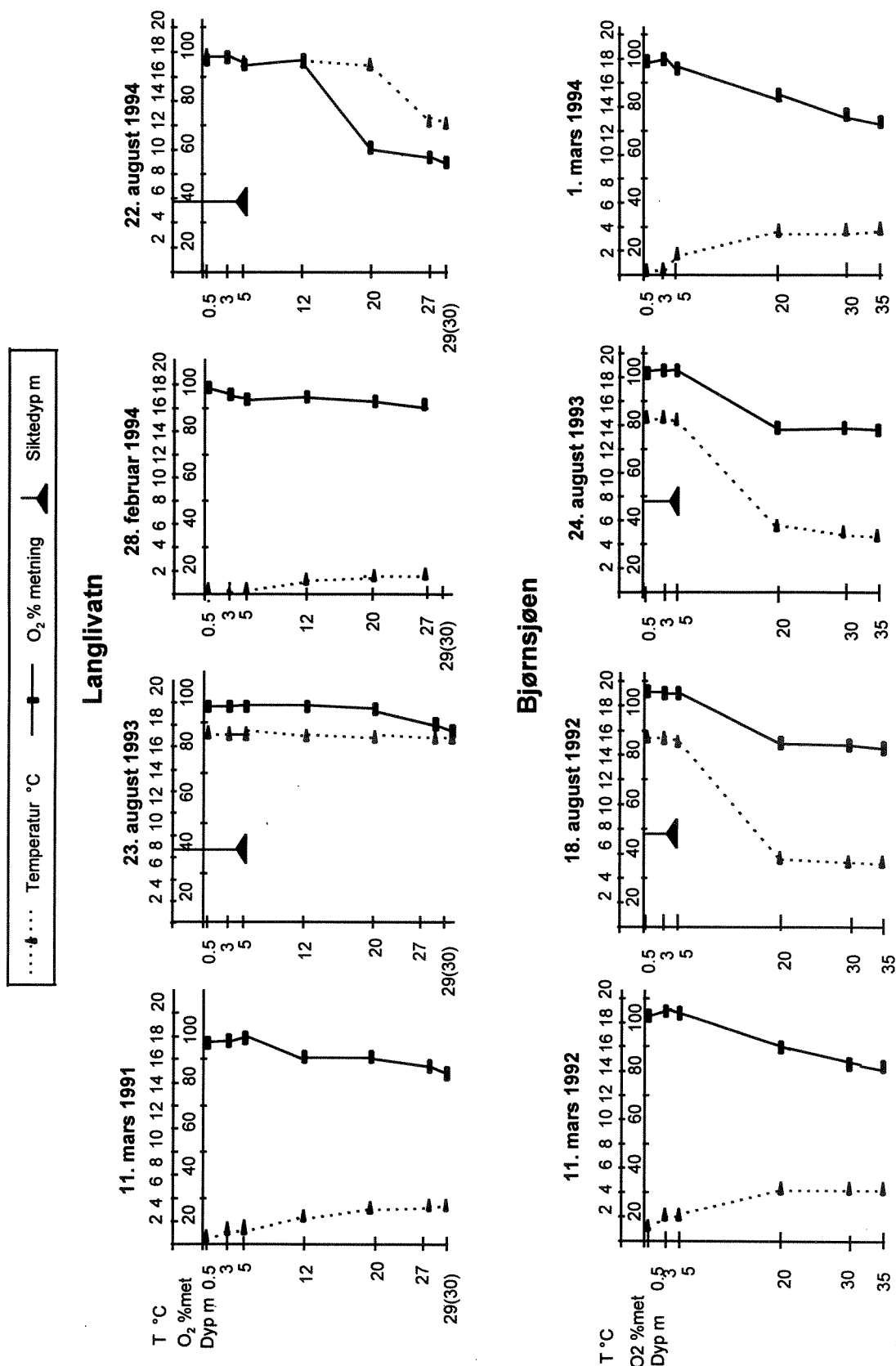
I de fleste, ikke for grunne, innsjøer vil det være en sirkulasjonsperiode om våren etter at isen har gått og om høsten når overflatevannet avkjøles. Da er temperaturen relativt lik gjennom hele vannsøylen fra overflaten til bunnen. På ettervinteren før isen går og store deler av sommeren er det imidlertid en temperaturgradient fra overflatelagene mot bunnen. Om vinteren med temperatur nær 0 °C oppunder isen, og 4 °C i dyplagene, om sommeren med høye temperaturer (16-20 °C) i overflatelagene og lave temperaturer, ofte samme temperatur som om vinteren 4 °C, i dyplagene.

I et område mellom disse vannsjiktene vil det være et raskt fall i temperaturen på få meters økning i dypet. Dette området, termoklinen eller sprangsjiktet, hindrer de øverste vannlag, epilimnion, i å blandes med dyplagene, hypolimnion, under sommerstagnasjonen.

Av figur 1 fremgår det at temperaturforholdene i Bjørnsjøen følger dette mønsteret. I figuren er fremstilt to sommersituasjoner fra ettersommeren, august, og to senvintersituasjoner, mars. Da det ikke er tatt prøver mellom 5 og 20 m dyp, er det vanskelig å si akkurat hvor sprangsjiktet om sommeren lå, men fra tabell 3 i vedlegget ser en at bl.a. 10. juli 1992 var det et sprang på 10 °C mellom 3 og 5 m dyp, mens det 14. juli samme år var samme temperatur fra overflaten minst til 5 m dyp. Da lå termoklinen under 5 m. I juni 1993 var det også et sprangsjikt mellom 3 og 5 m. For de fleste observasjonstidspunktene fra sommeren er det imidlertid lik temperatur i 0-5 m dyp. Sannsynligvis ligger sprangsjiktet i sommersesongen fra 4-7 m, for det meste fra 5-7 m. Også vintertemperaturene følger det normale mønsteret.

I Langlivatnet er utviklingen ofte en noe annen, selv om en også der kan registrere en mer normal temperaturgradient i sommerperioden. Personell ved Oslo vann- og avløpsverk har registrert at temperaturen ofte er svært lik hele vannsøylen fra overflaten til bunnen, både sommer og vinter. I figuren (og tabell 2 i vedlegget) ser en eksempler på dette 23. august 1993, med ca. 15 °C langs hele vannsøylen og 28. februar 1994 da forskjellen bare var fra 0.5 til 1.6 °C i hele vannsøylen. I mars 1993 varierte temperaturen bare mellom 1.2 og 1.9 °C i vannsøylen (tabell 2 vedlegget).

Fig. 1. Dybdeprofiler for temperatur- og oksygenmåling i Langlivatn og Bjørnsjøen



Disse utjevningene av temperaturer gjennom hele vannsøylen selv i perioder da en vanligvis har stagnasjonsperioder og store forskjeller i temperatur mellom de øverste vannlag og dypvannslagene, må skyldes uttappingen av vann.

De ulike temperaturutviklingene i de to innsjøene gir seg også utslag i oksygenforholdene. I figur 1 er plottet inn prosent metning av oksygen under sommer- og vinterforhold, i de to innsjøene.

I Bjørnsjøen fører, som figuren viser, den kraftige temperaturgradienten om sommeren til at det blir liten utveksling mellom vannmasser i de øvre vannlag og dyplagene. Oksygenet som brukes til nedbrytning av organisk materiale i dyplagene blir ikke fornyet og det blir en markert oksygensvikt. Dette skjer også om vinteren da isdekket og temperaturgradienten hindrer større vertikalsirkulering av vannmassene, og oksygen forbrukes i dyplagene under nedbrytning av organisk materiale.

I Langlivatn gjør uttapping av vann at det er en vertikalsirkulering av vannmassene mer eller mindre hele året, og oksygenmetningen er derfor forholdsvis lik gjennom hele vannsøylen.

Det kraftige oksygenavtak i dypvannet i Langlivatn 22. august 1994 kan muligens skyldes mindre uttapping av vann over en tidsperiode før observasjonstidspunktet. P.g.a. høyere innhold av organisk materiale (farge, TOC) vil langvarige stagnasjonsperioder i Langlivatn medføre høyere oksygenforbruk enn i Bjørnsjøen.

2.2 Siktedyp

(Tabellene 4-12 i vedlegget)

Siktedypet er avhengig av algeproduksjonen i innsjøvannet og tilførselene av løste og partikulære stoffer fra nedbørfeltet.

I Langlivatnet varierte siktedypet i hovedsak mellom 4.5 og 6 m dyp. Under perioder med vårflom er det observert noe lavere siktedyp (2.5 m 25. mai 1993) da tilførselene fra omgivelsene er store. Den visuelle fargen, fargen mot Secciskiven, er i Langlivatn gulbrun som viser at vannmassene blir tilført en del humusstoffer.

Siktedypet i Bjørnsjøen er gjennomgående større, i det vesentlige mellom 5 og 8 m, og den visuelle fargen er mer gulgrønn, som viser mindre påvirkning av humusstoffer og partikulært materiale fra omgivelsene. Fargen påvirkes her i første rekke av autoktont materiale som planktonalger.

2.3 pH

(Fig. 2, tabellene 4-12 i vedlegget)

Av figur 2 fremgår det at pH-verdiene i Bjørnsjøen er en del lavere enn verdiene for Langlivatn, både i de øverste vannlag og i enda større grad i dypvannslagene. Figuren omfatter bare de tidspunkter da det ble samlet prøver fra de to innsjøene samtidig, andre observasjoner finnes i vedlegget. I Langlivatns øvre vannlag varierte pH i perioden 1991-94 stort sett mellom 6.5 og 7.0, med få unntak. I Bjørnsjøen er tilsvarende variasjoner mellom 6.2 og 6.8, altså 0.2-0.3 enheter lavere. Laveste verdier for begge innsjøene er om våren under snøsmeltingen.

I dypvannslagene var verdiene for Langlivatn mellom 6.2 og 6.6, mens vannmassene i Bjørnsjøens dypvannslag var en del surere, mellom 5.8 og 6.2.

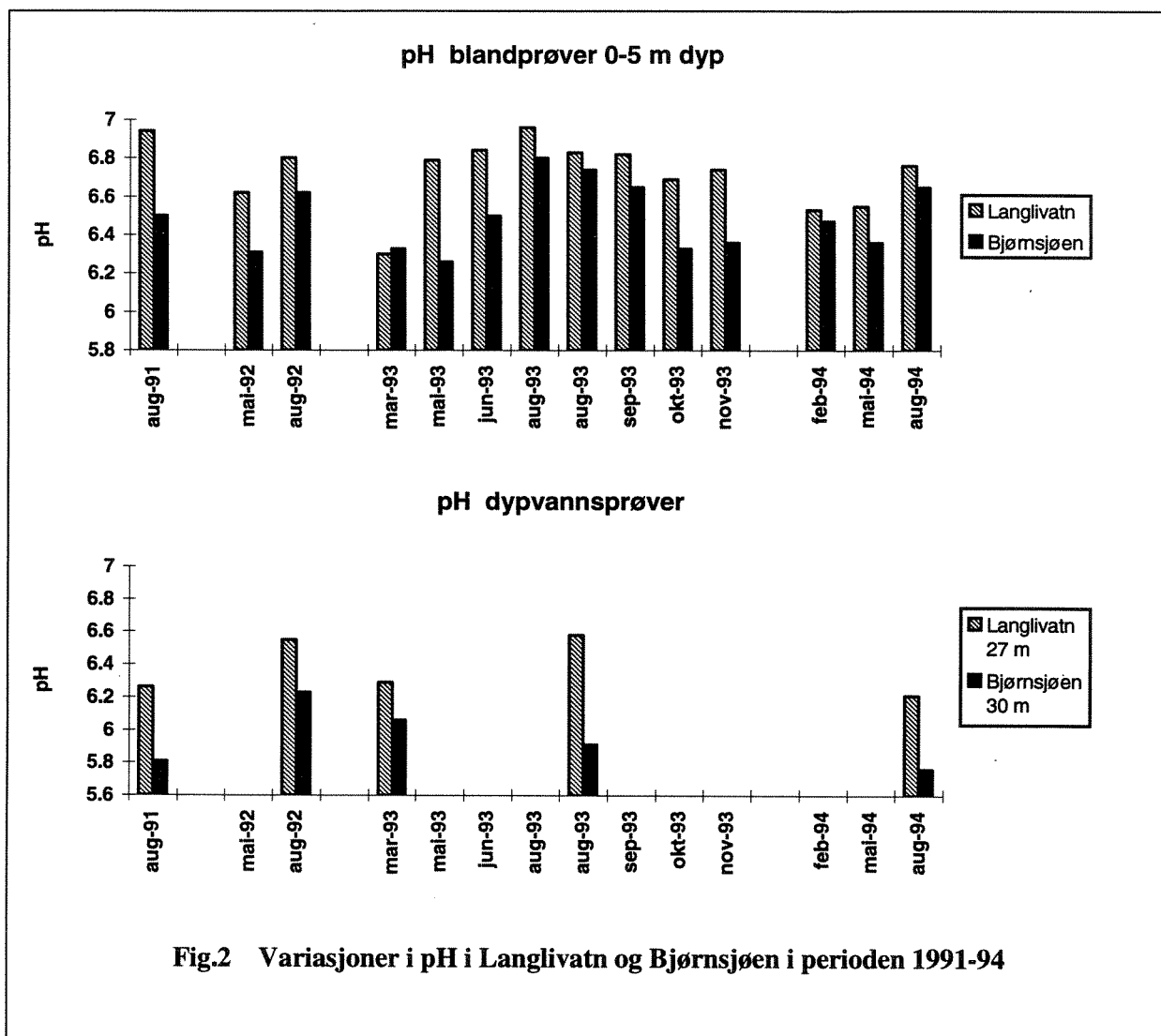


Fig.2 Variasjoner i pH i Langlivatn og Bjørnsjøen i perioden 1991-94

2.4 Konduktivitet og mineralsalter

(Fig. 3, tabellene 4-12 i vedlegget)

Konduktivitet er et mål på vannets innhold av mineralsalter. Forskjellen i verdier i de to innsjøene er ikke stor hverken for de øvre vannlag eller for dypvannslagene, som figur 3 og verdiene i tabellene viser.

Gjennomgående er verdiene litt høyere i Langlivatn enn i Bjørnsjøen, for det meste mellom 2.5 og 3 mS/m i Langlivatn, og mellom 2.4 og 2.6 mS/m i Bjørnsjøen. Verdiene for begge innsjøene er lave og viser lite innhold av mineralsalter, noe en må forvente i innsjøer som ligger i kalkfattig berggrunn over den marine grense. Registrerte verdier for kalsium i henholdsvis Langlivatn og Bjørnsjøen er 2.4-2.9 og 2.1.2-2 mg/l Ca.

Verdiene for de andre mineralsaltene som kalium, magnesium og natrium var lave i begge innsjøene (tabellene 5-6, 9-10 i vedlegget). Kalium henholdsvis 0.20-0.32 mg/l K og 0.34-0.38 mg/l K, magnesium 0.31-0.45 mg/l Mg og 0.40 mg/l Mg og natrium 1.1-1.4 mg/l Na og 1.2-1.3 mg/l Na. Verdiene for sulfat og klorid er relativt lave. Målte verdier var henholdsvis 4.0-4.5 mg/l SO₄ og 1.3-1.5 mg/l Cl i Langlivatn og 5.0 mg/l SO₄ og 1.4-1.5 mg/l Cl i Bjørnsjøen.

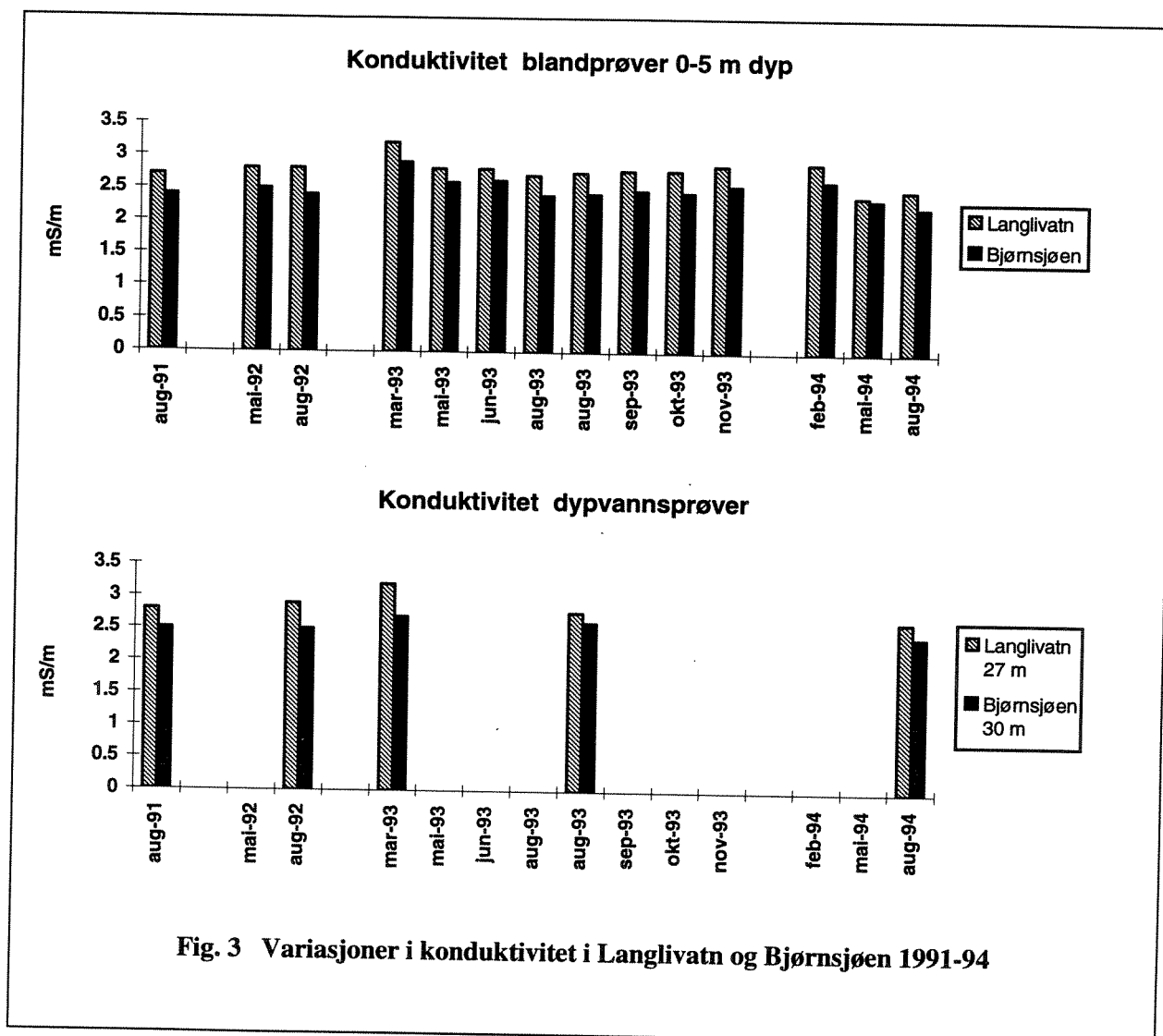
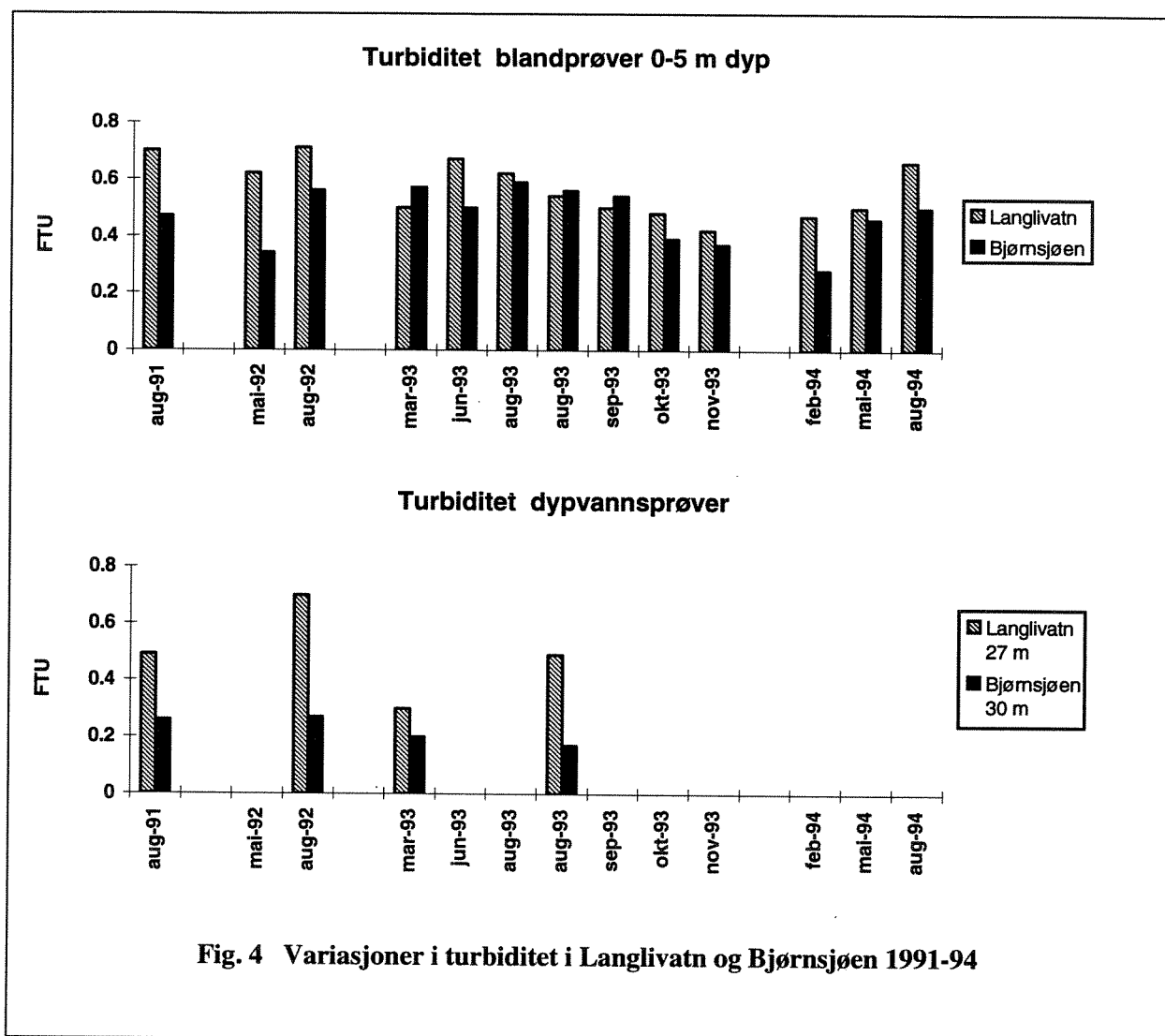


Fig. 3 Variasjoner i konduktivitet i Langlivatn og Bjørnsjøen 1991-94

2.5 Turbiditet

(Fig. 4, tabellene 4-12 i vedlegget)

Turbiditeten er et mål på uklarhet i vannet. Dette skyldes i første rekke finpartikulært materiale. Av figur 4 går det fram at turbiditeten i Langlivatn gjennomgående var noe større enn i Bjørnsjøen, selv om resultatene for 1993 i de øvre vannlag viser unntak. I dypvannslagene er det relativt stor forskjell i turbiditeten. Ut fra drikkevannsnormene (SIF 1987) for råvann er kvaliteten i Langlivatn mindre god i de øvre vannlag og på grensen mellom god og mindre god i dyplagene (grenseverdi 0.5 FTU). I Bjørnsjøen ligger verdiene i de øvre vannlag omkring denne grenseverdien, men verdiene for dyplagene er langt bedre, omkring 0.2-0.3 FTU.



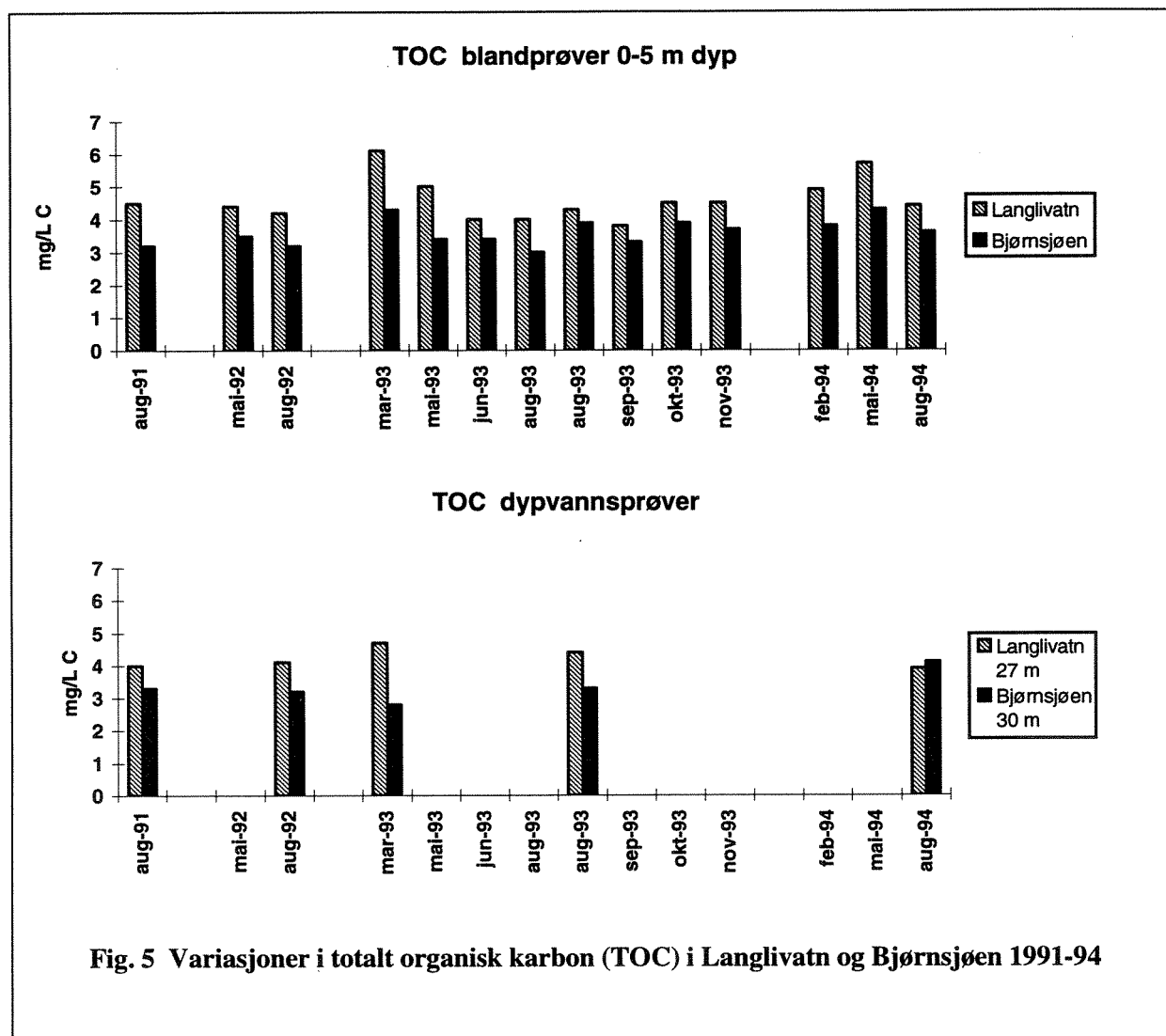
2.6 Totalt organisk karbon (TOC)

(Fig. 5, tabellene 4-12 i vedlegget.)

TOC er et mål på organisk stoff i vannet, både humusstoffer og annet organisk materiale som for eksempel kraftig algevekst der det er aktuelt. Humus kan ved klorering danne helseskadelige stoffer.

Normene for god eller dårlig drikkevannskvalitet ut fra innhold av organiske stoffer, er hovedsakelig basert på humusinnholdet. God råvannskvalitet bør ikke ha TOC-verdier over 2.5 mg/l C, da blir det å betrakte som mindre godt.

Fig. 5 viser at Langlivatn har gjennomgående høyere TOC-verdier enn Bjørnsjøen, både i de øvre vannlag og i dypvannslagene. Mens Bjørnsjøen har verdier som varierer mellom 3.1 og 4.3 mg/l C i de øvre lag, og 2.8-4.1 mg/l C i dyplagene, har Langlivatn verdier i intervallet 3.8-6.1 mg/l C i de øvre lag og 3.9-4.3 mg/l C i dyplagene.



Basert på innholdet av organisk materiale, vil råvannet i Bjørnsjøen falle inn under betegnelsen "mindre god" i "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" (Holtan og Rosland 1992) og "Kvalitetsnormer for drikkevann" (SIF 1987). Vannet i Langlivatn vil imidlertid måtte betegnes som "Nokså dårlig" råvannskvalitet. Dypvannslagene i begge innsjøene er noe bedre enn de øvre vannlag.

2.7 Totalfosfor

(Fig. 6, tabellene 4-12 i vedlegget.)

Fosfor er i de fleste innsjøene minimumsfaktoren for algevekst. Det vil si at fosfortilgangen i de fleste tilfeller styrer den totale algebiomasse som vil utvikles i vannmassene. Algene vil forbruke den tilgjengelige delen av fosforet i form av fosfat så snart den foreligger når dette er minimumstoff. I slike tilfeller er det vanskelig å registrere fritt fosfat i vannmassene. Variasjonene i totalfosfor gir imidlertid et uttrykk også for variasjonene i den mengde fosfat som har vært tilgjengelig for planktonalgene for vekst (inkorporert i algebiomassen).

Figur 6 viser klart at det er markert mer fosfor i Langlivatn, både i epilimnion der det meste av algeveksten foregår, og i dyplagene. Forskjellen er gjennomgående 2-3 $\mu\text{g/l P}$ selv om forskjellene til tider er betydelig større. Algebiomassen er da også større i Langlivatn enn i Bjørnsjøen (se senere).

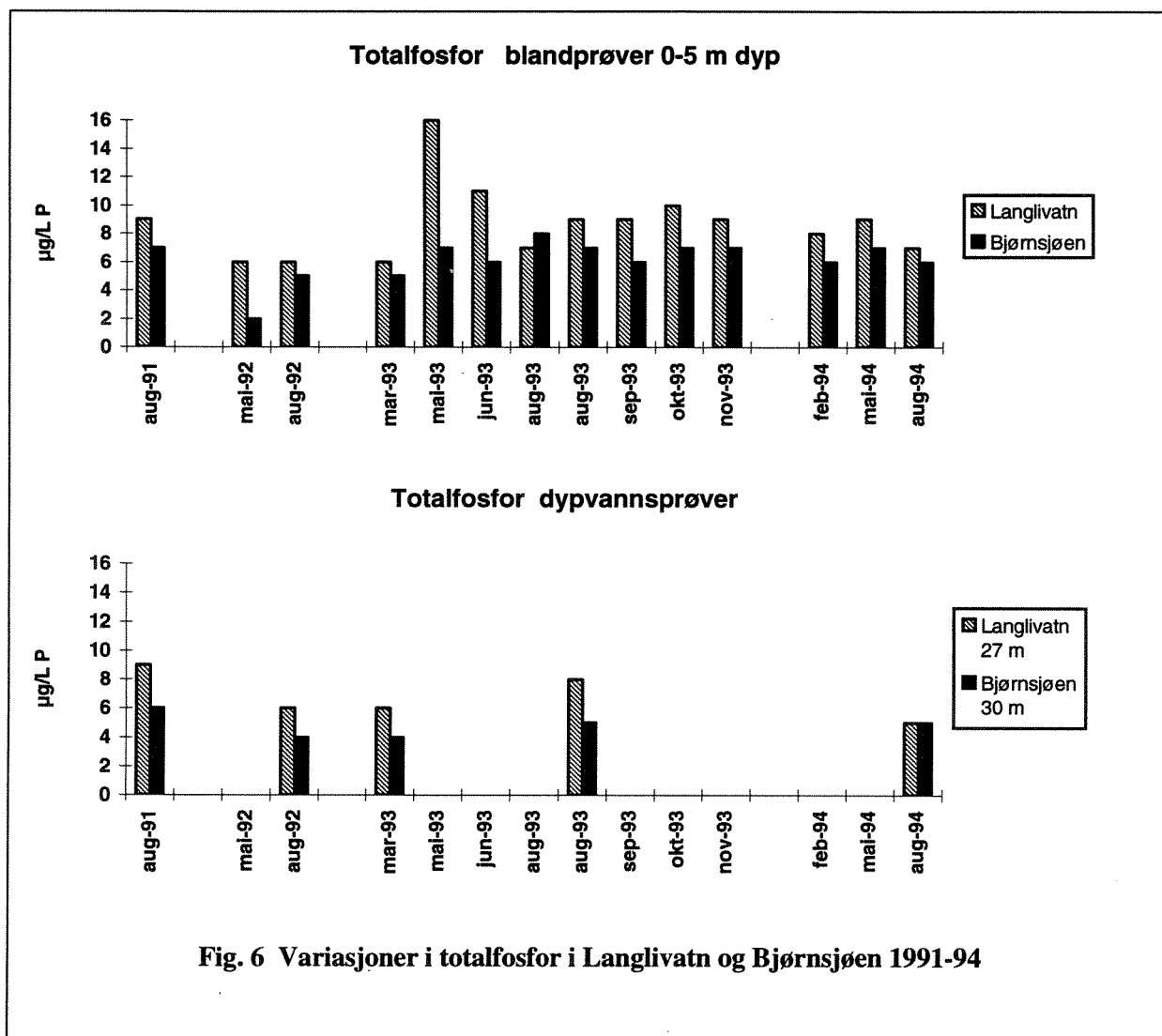


Fig. 6 Variasjoner i totalfosfor i Langlivatn og Bjørnsjøen 1991-94

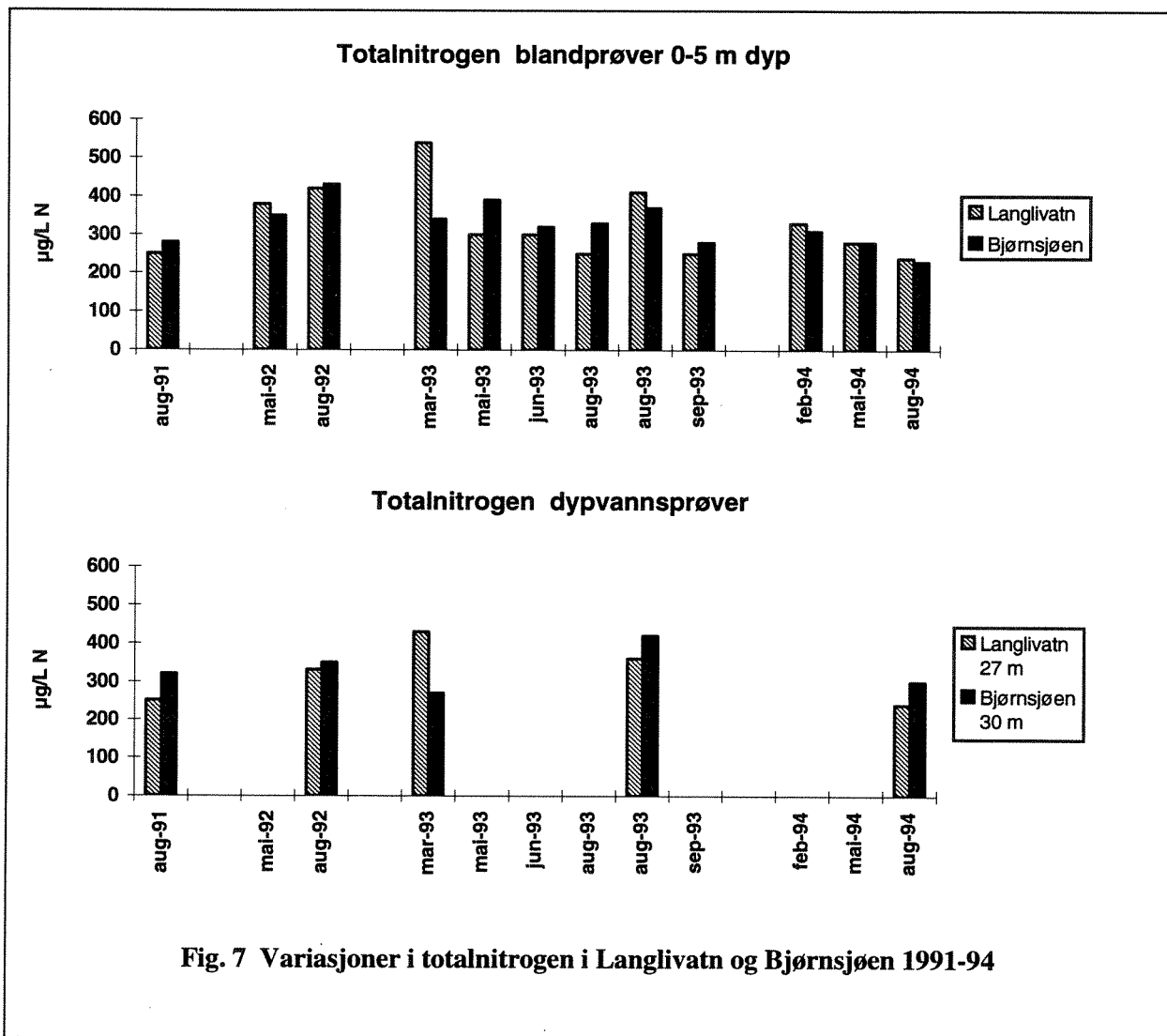
Mens totalfosfor i de øvre vannlag i Langlivatn varierte mellom 6 og 16 $\mu\text{g/l P}$ og i dyplagene mellom 5 og 9 $\mu\text{g/l P}$, var de tilsvarende verdier for Bjørnsjøen mellom 2 og 8 $\mu\text{g/l P}$ og 4 og 6 $\mu\text{g/l P}$.

Basert på totalfosforinnholdet vil Langlivatn i drikkevannssammenheng betegnes som "mindre god" mens Bjørnsjøens vannmasser må betegnes som "gode".

2.8 Totalnitrogen

(Fig. 7, tabellene 4-12 i vedlegget.)

Nitrogen er på samme måte som fosfor et viktig næringsstoff for planteplanktonvekst. Figuren viser at totalnitrogen i prøvene lå på omtrent samme nivå i begge innsjøene, selv om det er en tendens til noe mer nitrogen i Bjørnsjøen enn i Langlivatn. Variasjonene i nitrat henger sammen med vekst av planteplankton. Som tabell 5, 6, 9 og 10 viser var det nedgang i nitrat i sommerperioden, men det er hele tiden nitrat tilbake i vannmassen, så nitrogen er neppe noen minimumsfaktor i disse innsjøene. Reduksjonen i nitrat er større om sommeren i Langlivatn enn i Bjørnsjøen, noe som stemmer godt overens med at det utvikles mer planteplankton i Langlivatn (se senere).



2.9 Farge

(Tabellene 5-7, 9-10, 12 i vedlegget.)

Det foreligger i analysemateriale i perioden 1991-94 bare få analyseresultater av fargetallet. I hovedsak er det humusinnholdet som påvirker fargetallet. De få observasjonene av fargetall som foreligger viser verdier mellom 17 - 35 mg/l Pt i de øvre vannlag (blandprøvene 0-5 m dyp) og 16-20 mg/l Pt i dypvannslagene (27 m) for Langlivatn. Holtan (1995) har årsmiddelverdier for en rekke år fra råvannsprøver (12 m dyp) tatt i Langlivatn (tabell 13 i vedlegget) og variasjonsbredden der er 12-30 mg/l Pt. Fra Bjørnsjøen er det også få analyser av fargetall, men de observasjoner som finnes viser 14-18 mg/l Pt i de øvre vannlag (blandprøvene) og 15-21 mg/l Pt i dyplagene (30 m).

Ved en innsamling av vannprøver 16. juni 1995 fra de to sjøene, var prøvene fra Langlivatn visuelt tydelig brune av farge, mens prøvene fra Bjørnsjøen ikke hadde noen synlig farge. Ut fra drikkevannsnormene (Holtan og Rosland 1992, SIFF 1987) bør fargetallet være <15 mg/l Pt for god vannkvalitet, mindre god opp til 25 mg/l Pt, og med fargetall over dette tilrådes ikke bruk av råvannet.

Ut fra de gitte grenseverdier vil råvann fra Langlivatn være mindre egnet enn vann fra Bjørnsjøen som for de fleste analyseresultaters vedkommende ligger omkring grenseverdiene mellom "godt" og "mindre godt" egnet råvann.

2.10 Jern og mangan

(Tabellene 5-7, 9-10, 12 i vedlegget.)

Analyseresultatene for jern og mangan i vannmassene i de to innsjøene viser variasjoner i Langlivatn (blandprøver) for jern mellom 60-78 µg/l Fe og mellom 90-156 µg/l Fe i dyplagene (27 m). Tilsvarende verdier for mangan var i perioden 1991-94, 20-35 µg/l Mn og 20-85 µg/l Mn. Variasjonsbredden for disse parametrene gjennom en årrekke, som årsmiddel, fra råvann tatt i 12 m dyp i Langlivatn (Holtan 1995) var 90-120 µg/l Fe og 40-48 µg/l Mn (se tabell 13 i vedlegget).

I prøvene fra Bjørnsjøen 1991-94 varierte verdiene for jern i de øvre vannlag (blandprøvene) mellom 42 - 62 µg/l Fe og 10-40 µg/l Mn, mens de tilsvarende verdier i dyplagene (30 m) var 34-40 µg/l Fe og 25-30 µg/l Mn. Disse intervallene for jern- og manganinnholdet i vannet fra Bjørnsjøen faller, etter SIFF's drikkevannsnormer og SFT's klassifiseringer (Holtan og Rosland 1992), innenfor betegnelsen god kvalitet. Verdiene for Langlivatn faller også for det meste innenfor dette intervallet, men flere analyseresultater viser verdier som gir en dårligere klassifisering, slik at vannmassene i Langlivatn stort sett ligger i grenseområdet mellom "god" og "mindre god" basert på jern- og manganinnholdet.

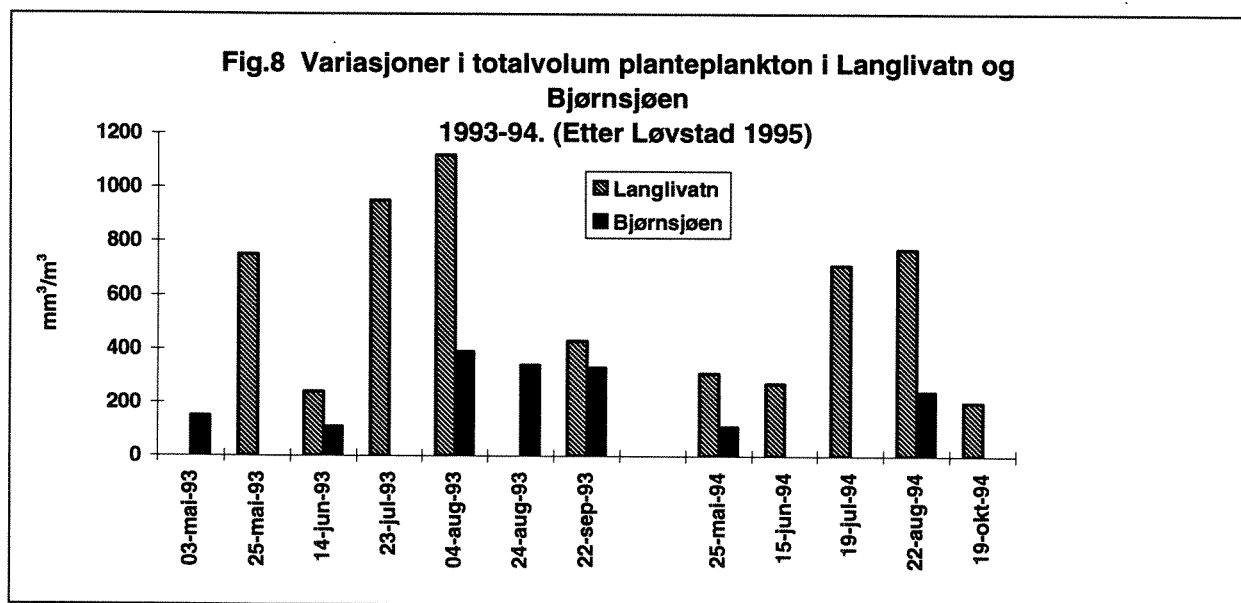
3. BIOLOGISKE FORHOLD

3.1 Planteplankton

(Fig. 8, tabell 4-6, 8-11, 14-15 i vedlegget.)

Variasjoner i algevolum eller -biomasse og artssammensetning i en innsjø er et resultat av den samlede påvirkning fra miljøet til enhver tid. Endringer i miljøet vil raskt gi seg utslag i endringer i algebiomasse og -sammensetning. Registrering av variasjon i algevolum og artssammensetning er derfor en vel egnet metode til å beskrive vannkvaliteten i en innsjø, og eventuelle endringer i denne.

Løvstad og Wold (1995) har analysert vannprøver både fra Langlivatn og Bjørnsjøen samlet i 1993-94. De registrerte variasjonene i totalvolum planteplankton eller algebiomasse ($\text{mm}^3/\text{m}^3 = \text{mg}/\text{m}^3$ våtvekt alger) er fremstilt i figur 8. Som det klart fremgår av figuren utvikles det en betydelig større algebiomasse i Langlivatn gjennom en vekstsesong, enn i Bjørnsjøen, noe som i første rekke gjenspeiler forskjeller bl.a. i næringsforholdene i de to innsjøene (se pkt. 2.7 og 2.8) foran.



Basert på erfaringsmodeller (Brettum 1989) må en ut fra algemengden i Langlivatn betegne vannmassene i Langlivatn som oligomesotrofe, det vil si i en overgangsfase mellom næringsfattige og middels næringsrike vannmasser, mens algevolumene i Bjørnsjøen viser oligotrofe, næringsfattige vannmasser.

Beklageligvis har Løvstad og Wold's rapport ikke artsspesifisere tabeller for bl.a. gruppen gualger (Chrysophyceae). En del arter innen denne gruppen er rapportert å kunne gi lukt og smak på vannet når de opptrer i noe større konsentrasjoner. Dette gjelder bl.a. arter som *Uroglena americana* og *Synura*-arter.

16. juni 1995 ble det samlet inn og analysert en blandprøve fra 0-5 m dyp, fra hver av de to innsjøene for å se om slike arter var i vannmassene. Analyseresultatene for disse to prøvene er gitt i tabell 14 og 15 i vedlegget. Totalvolumet som ble registrert både i Langlivatn og Bjørnsjøen er i god overensstemmelse med Løvstad's analysresultater fra tilsvarende tidspunkt i både 1993 og 94. I prøvene fra juni 1995 ble både *Uroglena americana* og *Synura uvella* registrert i Langlivatn, men ikke i Bjørnsjøen.

3.2 Klorofyll

(Tabellene 4-6, 8-11 i vedlegget.)

Klorofyllinnholdet er et annet mål på planteplanktonbiomasse i vannmassene. Det kan være en grei parameter når det gjelder å få en rask oversikt over den totale algemengde og variasjonene i denne gjennom en vekstsesong. Ulempen ved å bare måle klorofyll i forbindelse med planteplanktonundersøkelser er at klorofyll bare gir et grovt mål på algemengden totalt, og ikke hvilke algegrupper eller -arter som dominerer i vannmassene til enhver tid. Videre vil klorofyllmengden i en og samme art variere sterkt gjennom året, avhengig av lysforholdene og klorofyllmengden i arter fra ulike grupper er også svært forskjellig

Klorofyllmålinger ble gjennomført relativt ofte i Langlivatn i 1993 og 1994, og i Bjørnsjøen i 1992 og 1993 av OVA. De registrerte maksimumsverdiene i Langlivatn var 6.4 µg/l Chla i 1993 og 3.1 µg/l Chla i 1994. I Bjørnsjøen var maksimumsverdiene 2.7 µg/l Chla i 1992 og 2.6 µg/l Chla i 1993. Dette viser, på samme måte som planteplanktonanalysene (pkt. 3.1), at algebiomassen i Langlivatn er større enn i Bjørnsjøen.

4. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD

(Tabellene 4-12 i vedlegget.)

Bakteriologiske analyser er utført på prøver fra de øvre vannlag (blandprøver), og omfatter analyse av totalantall bakterier/ml (kimtall) ved 20 °C, koliforme bakterier/100 ml ved 37°C samt termotolerante koliforme bakterier/100 ml ved 44°C. Koliforme bakterier (37°C) er et mål på fekal forurensning fra varmblodige dyr og mennesker, men også en del jordbakterier inngår her. Termotolerante koliforme bakterier (44°C) er et mål på sikre tarmbakterier. Mengden av termotolerante koliforme bakterier i forhold til koliforme bakterier totalt, gir en indikasjon på hvor fersk en eventuell forurensning er.

I Langlivatn er innholdet av termotolerante bakterier i de fleste tilfeller ikke observert, men ved et par tilfeller i 1993 ble det registrert 1 pr. 100 ml og i 1994 ble det ved flere tidspunkter registrert et høyere antall, maksimum 22. august da det ble registrert 11 pr. 100 ml. I Bjørnsjøen er det gjennomgående ingen termotolerante koliforme bakterier i prøvene, selv om 1 ble registrert ved et tidspunkt både i 1992 og 1993. 23. august 1994 ble et større antall, 9 pr. 100 ml, registrert også i Bjørnsjøen. Årsaken til denne økningen i 1994 først og fremst i Langlivatn, men også i Bjørnsjøen, er det vanskelig å gi noen forklaring på.

Årsmiddelverdiene for en lang årrekke analyserte råvannsprøver i Langlivatn (12 m), gitt av Holtan (1995) viser variasjonsbredde i området 0-2.5 pr. 100 ml (tabell 13 i vedlegget).

5. LITTERATUR

- Brettum, P., 1989: Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. NIVA rapport O-86116 (l.nr. 2344).
- Bøyum, A., 1963: Langlivann, Himtjern og Dammen. En limnologisk undersøkelse. Hovedfagsoppgave i geografi.
- Henriksen, A. og S. Andersen, 1982: Forsuringssituasjonen i Osloområdet vann. Acid Rain Research, rapp. 2/1982. NIVA-rapport F-80408 (F.489).
- Holtan, H., 1992: Overføring av Langlia til Maridalsvassdraget. Konsekvenser for vannkvaliteten. NIVA-rapport O-92071 (l.nr. 2729).
- Holtan, H., 1995. Råvannskvalitet - utviklingstrend i vannkilder i Oslofjordområdet. O-94275 (in press.)
- Holtan, H. og G. Kjellberg, 1972: Nordmarksvassdraget. Regionallimnologisk undersøkelse og vurderinger vedrørende overføring av vann fra Randsfjorden/Hurdalsjøen. NIVA-rapport O-69/70.
- Holtan, H. og D. Rosland, 1992: Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning (Statens forurensningstilsyn) nr. 92:06. Kortversjon.
- Jørgensen, G. 1992: Vannbruksplan for Sørkedalsvassdraget. Miljøetaten Oslo kommune. Etat for miljørettet helsevern.
- Løvstad, Ø. og T. Wold, 1995: Eutrofiering - Planteplankton i innsjøer 1980-1994, Oslo kommune. Rapport fra Limno-Consult for Oslo vann- og avløpsverk.
- SIFF-rapport 1987: G2 Kvalitetsnormer for drikkevann. Statens institutt for folkehelse.

VEDLEGG

Tabell 2 Temperatur- og oksygenmålinger fra Langlivatn 1991 - 1994

Dato	11.03.91			19.08.91			12.05.92			17.08.92			01.03.93			25.05.93			15.06.93			03.08.93			23.08.93		
	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met
0.5	0.7	12.45	86	18.2	4.8	16.3													12.9	15.4	16.1	15.3	8.6	86			
3	1.3	12.40	87	18.2	4.8	16.0	1.2												12.8	15.1	16.1	15.2	8.65	86			
5	1.5	12.35	88	18.2	4.8	16.0	1.2	12.75	90										12.8	15.1	16.1	15.2	8.65	86			
12	2.5	10.90	80	16.4		16.0	1.4	12.00	85													15.1	8.6	86			
20	3.2	10.65	80	13.7		15.9	1.8	11.35	82													15.0	8.6	85			
27	3.4	10.15	76	13.4		15.7	1.8	11.05	79													14.9	8	79			
29(30)	3.4	9.70	73	13.3		15.7	1.9	11.10	79													14.9	7.7	76			

Dato	21.09.93			20.10.93			08.11.93			28.02.94			25.05.94			15.06.94			13.07.94			22.08.94			20.09.94			19.10.94			08.11.94		
	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met			
0.5	11.0	6.7	3.3	0.5	12.75	88	8.9	14.7	19.7	17.8	8.20	86	11.8	6.4	4.6																		
3	11.0	6.7	3.5	0.5	12.3	85	8	14.7	18	17.6	8.30	87	11.8	6.4	4.6																		
5	11.0	6.7	3.5	0.5	12.1	83	7.7	14.4	16.2	17.2	8.10	84	11.8	6.4	4.6																		
12				1.3	11.9	84				17.2	8.25	86																					
20				1.6	11.45	82				17.0	4.80	50																					
27				1.6	11.2	80				12.4	4.90	46																					
29(30)				1.6	11.2	80				12.2	4.70	44																					

Tabell 3 Temperatur- og oksygenmålinger fra Bjørnsjøen 1991-94.

Dato Dyp m	20.08.91		11.03.92		13.05.92		10.06.92		14.07.92		18.08.92			16.09.92		12.10.92		02.03.93			
	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %met	
0.5	18.2	12.95	1.3	92	6.6	21.0	18.5	15.5	9.50	95	12.4	8.6									
3	18.1	12.90	2.2	94	5.9	20.2	18.1	15.4	9.40	94	12.1	8.6									
5	17.9	12.80	2.2	93	5.8	10.5	18.0	15.1	9.40	94	12.1	8.6									
20	6.4	10.20	4.4	79				5.7	9.30	74						4.0	10.10			77	
30	5.5	9.40	4.4	72				5.4	9.30	73						4.0	9.15			70	
35	5.4	9.15	4.4	71				5.4	9.20	72						4.0	7.95			61	

Dato Dyp m	13.05.93		14.06.93		04.08.93		24.08.93		22.09.93		21.10.93		09.11.93		01.03.94		26.05.94		23.08.94		
	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ %met	T °C	O ₂ mg/l	T °C	O ₂ %met	
0.5	7.2	14.7	14.6	14.7	9.25	10.1	5.7	3.5	0.4	12.75	88	17									
3	6.8	14.7	14.6	14.7	9.35	10.0	5.7	3.4	0.5	12.80	89	16.6									
5	6.5	14.5	11.6	14.5	9.35	10.0	5.7	3.4	1.8	11.85	85	16.6									
20		5.6		5.6	8.65	68			3.7	9.75	74										
30		5.1		5.1	8.65	68			3.8	8.80	66										
35		4.8		4.8	8.55	67			3.9	8.30	63										

**Tabell 4 Analyseresultater Langlivatn 1991-92.
Blandprøver 0.5-3-5 m dyp.**

Dato	11.03.91	19.08.91	12.05.92	17.08.92
Parameter				
Siktedyp m		4.5	4.5	6.0
pH	6.41	6.94	6.62	6.80
Konduktivitet mSm	2.90	2.70	2.80	2.80
Turbiditet FTU	0.31	0.70	0.62	0.71
TOC mg/L C	4.0	4.5	4.4	4.2
Tot P $\mu\text{g/L P}$	7	9	6	6
Tot N $\mu\text{g/L N}$	340	250	380	420
Kimtall (20°C) Ant/ml		4	68	
Kolif.bakt (37°C) Ant/100 ml		1	0	
Termost.kolif.bakt (44°C) Antall/100 ml		0	0	
Plantepl. tot.vol. mm^3/m^3		800	200	800
Klorofyll $\mu\text{g/L chl.a}$		3.20	3.73	2.18

Tabell 5 Analyseresultater Langlivatn 1993. Blandprøver 0.5-3-5 m dyp.

Dato \ Parameter	01.03	25.05	15.06	03.08	23.08	21.09	20.10	08.11
Siktedyp m		2.5	6.5	5.1	5.0	6.0	5.5	5.0
pH	6.30	6.79	6.84	6.96	6.83	6.82	6.69	6.74
Konduktivitet mSm	3.20	2.80	2.80	2.70	2.75	2.79	2.79	2.87
Farge (filtrert) mg/L Pt		24			17			
Turbiditet FTU	0.50	2.50	0.67	0.62	0.54	0.50	0.48	0.42
Alkalitet (pH 4.2) mekv/L	0.054	0.070	0.072	0.074	0.082	0.092	0.082	0.082
TOC mg/L C	6.1	5.0	4.0	4.0	4.3	3.8	4.5	4.5
Tot P $\mu\text{g/L P}$	6	16	11	7	9	9	10	9
PO ₄ $\mu\text{g/L P}$	1	2	1	1	2	1	2	1
Tot N $\mu\text{g/L N}$	540	300	300	250	410	250		
NO ₃ ⁻ + NO ₂ $\mu\text{g/L N}$	180	140	100	30	50	40	60	70
NH ₄ $\mu\text{g/L N}$	94	55	66	69	15	13	21	25
Cl mg/L		1.5						
SO ₄ mg/L		4.5						
Na mg/L		1.4						
Ca mg/L		2.9						
K mg/L		0.32						
Mg mg/L		0.45						
Fe $\mu\text{g/L}$	78				74			
Mn $\mu\text{g/L}$	35				20			
SiO ₂ mg/L	3.8	3.1	2.7	2.1	2.2	2	2.6	2.9
Al/R $\mu\text{g/L}$	185	155	100	50	60	30	70	90
Kimtall (20°C) Ant/mL		1100	123	60	34	20	160	40
Kolif.bakt (37°C) Ant/100 mL		22	1	1	1	0	0	0
Termost.kolif.bakt (44°C) Antall/100 mL		0	0	1	1	0	0	0
Plantepl. tot.vol. mm ³ /m ³		750	240	1120	900	430		
Klorofyll $\mu\text{g/L chl.a}$		6.4539	1.6362	4.0451	2.9997	2.4089	1.1544	1.5453

Tabell 6 Analyseresultater Langlivatn 1994. Blandprøver 0.5-3-5 m dyp.

Dato	28.02	25.05	15.06	13.07	22.08	20.09	19.10	08.11
Parameter								
Siktedyp m		5.0	4.5	5.0	5.0	4.5	4.0	4.5
pH	6.53	6.55	6.87	6.76	6.76	6.66	6.69	6.65
Konduktivitet mSm	2.90	2.40	2.39	2.42	2.50	2.58	2.87	2.87
Farge (filtrert) mg/L Pt		35			18			
Turbiditet FTU	0.47	0.50	0.88	0.53	0.66	0.66	0.56	0.62
Alkalitet (pH 4.2) mekv/L	0.074	0.060	0.079	0.072	0.074	0.083	0.091	0.088
TOC mg/L C	4.90	5.71	5.16	4.49	4.40	5.05	5.39	5.16
Tot P $\mu\text{g/L P}$	8	9	11	6	7	9	12	6
PO ₄ $\mu\text{g/L P}$	1	1	2	1	2	2	3	4
Tot N $\mu\text{g/L N}$	330	280	250	280	240	275	400	350
NO ₃ ⁻ + NO ₂ $\mu\text{g/L N}$	110	120	100	50	25	35	50	70
NH ₄ $\mu\text{g/L N}$	27	17	15	18	14	23	22	43
Cl mg/L		1.3						
SO ₄ mg/L		4.0						
Na mg/L		1.1						
Ca mg/L		2.4						
K mg/L		0.20						
Mg mg/L		0.31						
Fe $\mu\text{g/L}$	74				60			
Mn $\mu\text{g/L}$	30				20			
SiO ₂ mg/L	3.3	3.1	2.8	2.4	2.3	2.5	2.8	3.2
Al/R $\mu\text{g/L}$	120	185	95	55	50	95	100	55
Kimtall (20°C) Ant/ml		21			450	40	15	50
Kolif.bakt (37°C) Ant/100 ml		0	23	1	16	4	0	1
Termost.kolif.bakt (44°C) Antall/100 ml		0	3	0	11	6	0	2
Plantepl. tot.vol. mm ³ /m ³		310	270	710	770	200		
Klorofyll $\mu\text{g/L chl.a}$		1.8786	2.4997	2.5452	3.0906	1.3181	1.4544	1.2726

Tabell 7 Analyseresultater Langlivatn 1991-94.

Dypvannsprøver

Parameter	Dato	19.08.91	17.08.92	01.03.93	23.08.93	28.02.94	22.08.94
	Dyp m						
pH	12	6.32	6.65	6.28	6.69	6.44	6.73
	20	6.29	6.51	6.31	6.59	6.42	6.29
	27	6.26	6.55	6.29	6.58	6.39	6.21
	29(30)	6.25	6.54	6.29	6.56		6.23
Kond. mS/m	12	2.70	2.90	3.20	2.72	2.83	2.49
	20	2.70	2.90	3.10	2.74	2.91	2.61
	27	2.80	2.90	3.20	2.77	2.95	2.64
	29(30)	2.90	2.90	3.20	2.79		2.67
Farge F mg/L Pt	12				16		18
	20				17		19
	27				17		20
	29(30)				17		21
Turbiditet FTU	12	0.39	0.56	0.70	0.41	0.25	0.52
	20	0.36	0.68	0.40	0.46	0.35	0.42
	27	0.49	0.70	0.30	0.49	0.26	0.34
	29(30)	0.53	0.71	0.33	0.53		0.30
Alkalitet pH 4.2 mekv/L	12			0.058	0.080	0.074	0.075
	20			0.064	0.082	0.080	0.080
	27			0.078	0.082	0.088	0.084
	29(30)			0.076	0.086		0.088
TOC mg/L C	12	4.4	4.1	5.6	4.0	4.6	4.5
	20	3.9	4.0	4.8	4.1	4.7	3.9
	27	4.0	4.1	4.7	4.4	4.6	3.9
	29(30)	4.0	4.2	4.6	4.4		4.1
Jern $\mu\text{g/L Fe}$	12			86	76	64	58
	20			82	94	106	134
	27			90	108	90	156
	29(30)			102	114		158
Mangan $\mu\text{g/L Mn}$	12			35	20	15	20
	20			35	40	15	50
	27			85	40	20	55
	29(30)			45	45		55

Tabell fortsetter neste side

Forts. Tabell 7

Parameter	Dato	19.08.91	17.08.92	01.03.93	23.08.93	28.02.94	22.08.94
	Dyp m						
Totalfosfor $\mu\text{g/L P}$	12	9	6	6	10	7	6
	20	9	6	6	9	8	6
	27	9	6	6	8	8	5
	29(30)	9	6	5	8		6
Fosfat (PO_4) $\mu\text{g/L P}$	12			1	1	1	1
	20			1	2	2	1
	27			1	1	1	1
	29(30)			1	2		1
Totalnitrogen $\mu\text{g/L N}$	12	230	310	570	320	300	180
	20	260	330	450	330	310	240
	27	250	330	430	360	300	240
	29(30)	260	330	400	340		250
Nitrat + Nitritt ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) $\mu\text{g/L N}$	12			185	40	95	20
	20			185	30	115	100
	27			200	30	125	100
	29(30)			200	30		100
Ammonium (NH_4) $\mu\text{g/L N}$	12			92	15	28	12
	20			79	19	21	31
	27			73	23	20	38
	29(30)			73	18		31
Silicium mg/L SiO_2	12			3.5	2.1	3.1	2.2
	20			3.3	2.2	3.2	2.8
	27			3.5	2.2	3.4	2.9
	29(30)			3.7	2.2		3
Reaktivt aluminium (Al/R) $\mu\text{g/L Al}$	12			150	65	100	45
	20			125	70	100	55
	27			120	60	95	55
	29(30)			95	75		55

Tabell 8 Analyseresultater Bjørnsjøen 1991
Blandprøver 0.5-3-5 m dyp.

Dato	20.08.91
Parameter	
Siktedyp m	6.5
pH	6.71
Konduktivitet mSm	2.40
Turbiditet FTU	0.47
TOC mg/L C	3.2
Tot P $\mu\text{g/L P}$	7
Tot N $\mu\text{g/L N}$	280
Kimtall (20°C) Ant/ml	160
Kolif.bakt (37°C) Ant/100 ml	0
Termost.kolif.bakt (44°C) Antall/100 ml	0
Plantepl. tot.vol. mm^3/m^3	300
Klorofyll $\mu\text{g/L chl.a}$	1.60

Tabell 9 Analyseresultater Bjørnsjøen 1992. Blandprøver 0.5-3-5 m dyp.

Dato	11.03	13.05	10.06	14.07	18.08	16.09	12.10
Parameter							
Siktedyp m		6.5	7.0	7.0	4.5	5.0	6.0
pH	6.29	6.31	6.56	6.68	6.62	6.56	6.46
Konduktivitet mSm	2.70	2.50	2.50	2.50	2.40	2.50	2.50
Farge (filtrert) mg/L Pt		15					
Turbiditet FTU	0.35	0.34	0.40	0.47	0.56	0.60	0.43
Alkalitet (pH 4.2) mekv/L	0.028	0.028	0.036	0.044		0.032	0.040
TOC mg/L C	3.4	3.5	3.2	3.1	3.2	3.5	3.4
Tot P $\mu\text{g/L P}$	4	2	4	6	5	6	8
PO ₄ $\mu\text{g/L P}$	1	1	1	2	2	1	1
Tot N $\mu\text{g/L N}$	390	350	400	350	430	400	420
NO ₃ ⁻ + NO ₂ $\mu\text{g/L N}$	190	160	140	80	100	100	120
NH ₄ $\mu\text{g/L N}$	74	55	103	57	119	81	89
Cl mg/L		1.4					
SO ₄ mg/L		5.0					
Na mg/L		1.2					
Ca mg/L		2.2					
K mg/L		0.34					
Mg mg/L		0.40					
Fe $\mu\text{g/L}$	48				44		
Mn $\mu\text{g/L}$	40				30		
SiO ₂ mg/L	3.1	2.8	2.6		2.6	2.8	2.9
Al/R $\mu\text{g/L}$	125	130	125	70	75	100	85
Kimtall (20°C) Ant/ml		17	40	25		31	30
Kolif.bakt (37°C) Ant/100 ml		0	1	0		1	1
Termost.kolif.bakt (44°C) Antall/100 ml		0	0	0		1	0
Plantepl. tot.vol. mm ³ /m ³		100			300		
Klorofyll $\mu\text{g/L chl.a}$		2.09	1.23	1.45	2.73	2.09	1.50

Tabell 10 Analyseresultater Bjørnsjøen 1993. Blandprøver 0.5-3-5 m dyp.

Dato	02.03	13.05	14.06	04.08	24.08	22.09	21.10	09.11
Parameter								
Siktedyp m		6.0	8.5	6.1	5.0	6.0	5.0	6.5
pH	6.33	6.26	6.50	6.80	6.74	6.65	6.33	6.36
Konduktivitet mSm	2.90	2.60	2.62	2.40	2.42	2.48	2.45	2.56
Farge (filtrert) mg/L Pt		18			14			
Turbiditet FTU	0.57	0.40	0.50	0.59	0.56	0.54	0.39	0.37
Alkalitet (pH 4.2) mekv/L	0.034		0.042	0.050	0.040	0.042	0.042	0.036
TOC mg/L C	4.3	3.4	3.4	3.0	3.9	3.3	3.9	3.7
Tot P $\mu\text{g/L P}$	5	7	6	8	7	6	7	7
PO ₄ $\mu\text{g/L P}$	<1	2	1	1	1	2	1	1
Tot N $\mu\text{g/L N}$	340	390	320	330	370	280		
NO ₃ ⁻ + NO ₂ $\mu\text{g/L N}$	220	160	140	85	80	70	120	120
NH ₄ $\mu\text{g/L N}$	51	66	60	90	5	9	26	31
Cl mg/L		1.5						
SO ₄ mg/L		5.0						
Na mg/L		1.3						
Ca mg/L		2.1						
K mg/L		0.38						
Mg mg/L		0.40						
Fe $\mu\text{g/L}$	62				42			
Mn $\mu\text{g/L}$	30				10			
SiO ₂ mg/L	3.5	3.0	2.7	2.2	2.2	2.2	3.0	2.9
Al/R $\mu\text{g/L}$	135	130	100	55	75	40	75	100
Kimtall (20°C) Ant/ml		80	8	230	34	20	170	74
Kolif.bakt (37°C) Ant/100 ml		0	1	4	3	0	10	0
Termost.kolif.bakt (44°C) Antall/100 ml		0	0	1	0	0	0	0
Plantepl. tot.vol. mm ³ /m ³		150	110	390	340	330		
Klorofyll $\mu\text{g/L chl.a}$		1.6362	0.9999	2.5907	2.6361	2.5907	1.2726	1.4999

**Tabell 11 Analyseresultater Bjørnsjøen 1994.
Blandprøver 0.5-3-5 m dyp.**

Dato \ Parameter	01.03	26.05	23.08
Siktedyp m		6.0	5.5
pH	6.47	6.36	6.65
Konduktivitet mSm	2.63	2.35	2.23
Farge (filtrert) mg/L Pt		18	12
Turbiditet FTU	0.28	0.46	0.50
TOC mg/L C	3.8	4.3	3.6
Tot P $\mu\text{g/L P}$	6	7	6
Tot N $\mu\text{g/L N}$	310	280	230
Kimtall (20°C) Ant/ml		30	250
Kolif.bakt (37°C) Ant/100 ml		0	14
Termost.kolif.bakt (44°C) Antall/100 ml		0	9
Plantepl. tot.vol. mm^3/m^3		110	240
Klorofyll $\mu\text{g/L chl.a}$		1.4544	2.424

Tabell 12 Analyseresultater Bjørnsjøen 1991-94.

Dypvannsprøver

Parameter	Dato	20.08.91	11.03.92	18.08.92	02.03.93	24.08.93	23.08.94
	Dyp m						
pH	20	5.85	6.13	6.34	6.17	5.92	5.79
	30	5.81	6.03	6.23	6.06	5.91	5.76
	35	5.79	6.01	6.18	5.95	5.89	5.72
Kond. mS/m	20	2.50	2.50	2.40	2.60	2.60	2.39
	30	2.50	2.50	2.50	2.70	2.61	2.41
	35	2.50	2.50	2.50	2.70	2.63	2.46
Farge F mg/L Pt	20					15	20
	30					15	21
	35					15	21
Turbiditet FTU	20	0.25	0.27	0.30	0.21	0.18	
	30	0.26	0.23	0.27	0.20	0.17	
	35	0.26	0.27	0.29	0.22	0.16	
Alkalitet pH 4.2 mekv/L	20		0.024		0.034	0.036	
	30		0.024		0.030	0.036	
	35		0.024		0.036	0.032	
TOC mg/L C	20	3.1	3.1	3.2	2.8	3.4	3.7
	30	3.3	3.1	3.2	2.8	3.3	4.1
	35	3.2	3.2	3.2	2.8	3.3	4.1
Jern $\mu\text{g/L Fe}$	20		32	30	28	32	
	30		34	36	40	36	
	35		44	38	36	48	
Mangan $\mu\text{g/L Mn}$	20		30	35	30	30	
	30		30	25	30	25	
	35		35	25	35	20	

Tabell fortsetter neste side

Forts. Tabell 12

Parameter	Dato	20.08.91	11.03.92	18.08.92	02.03.93	24.08.93	23.08.94
	Dyp m						
Totalfosfor $\mu\text{g/L P}$	20	6	3	4	4	6	5
	30	6	5	4	4	5	5
	35	6	4	4	4	7	5
Fosfat (PO_4) $\mu\text{g/L P}$	20		1	2	<1	1	
	30		1	1	<1	1	
	35		1	1	<1	1	
Totalnitrogen $\mu\text{g/L N}$	20	320	330	370	280	430	280
	30	320	330	330	280	430	270
	35	320	320	350	270	420	300
Nitrat + Nitritt ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) $\mu\text{g/L N}$	20		130	150	200	170	
	30		140	150	160	180	
	35		135	150	165	170	
Ammonium (NH_4) $\mu\text{g/L N}$	20		62	88	45	34	
	30		61	76	45	34	
	35		59	72	37	34	
Silicium mg/L SiO_2	20		2.7	3.2	2.9	2.7	
	30		2.7	3.1	3.1	2.7	
	35		2.8	3	3.3	2.7	
Reaktivt aluminium (Al/R)	20		110	130	80	100	
	30		115	125	80	100	
	35		125	125	85	100	

Tabell 13 Årsmiddelverdier for råvannsprøver (12m dyp) fra Langlivann (etter Holtan 1995 in press). NB årsmiddelverdier, dvs. enkeltverdier kan ligge betydelig utenfor det angitte intervall.

Parameter (årsmiddel)	Benevn.	Variasjonsbredde i årsmiddelverdi
pH		6.5-6.8
Alkalitet	mmol/l	0.04-0.08
Turbiditet	FTU	0.4-0.8
Fargetall	mg/L Pt	12-30
Konduktivitet	mS/m	2.2-2.8
Total organisk karbon	mg/L C	3-5
Kalsium	mg/L Ca	1-2.8
Magnesium	mg/L Mg	0.3-0.4
Natrium	mg/L Na	0.8-1.2
Kalium	mg/L K	0.18-0.22
Jern	µg/L Fe	90-120
Mangan	µg/L Mn	40-48
Tot-N	µg/L N	200-400
Nitrat	µg/L N	75-150
Ammonium	µg/L N	20-50
Tot-P	µg/L P	5.5-11
Total koliforme bakt (37°C)	ant/100 ml	1-11
Termotolerante koliforme bakt (44°C)	ant/100 ml	0-2.5

Tabell 14 Kvantitative planteplanktonprøver fra: Bjørnsjøen (bl.pr.0-5 m dyp)
Volum mm³/m³

GRUPPER/ARTER	Dato=)	950616

Chlorophyceae (Grønnalger)		
Chlamydomonas sp. (l=8)		.5
Monoraphidium griffithii		1.0
Sum		1.5
Chrysophyceae (Gullalger)		
Chromulina sp.		5.6
Chrysolykos skujai		2.1
Dinobryon bavaricum		.7
Dinobryon borgei		6.8
Dinobryon crenulatum		7.6
Dinobryon cylindricum var.alpinum		.9
Kephyrion litorale		.8
Løse celler Dinobryon spp.		.4
Mallomonas crassisquama		2.4
Mallomonas spp.		9.5
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		17.3
Pseudokephyrion entzii		2.0
Sma chrysomonader (<7)		53.6
Spiniferomonas sp.		1.1
Store chrysomonader (>7)		58.6
Ubest.chrysophyceae		.2
Sum		169.5
Bacillariophyceae (Kiselalger)		
Synedra sp. (l=40-70)		.1
Tabellaria flocculosa		.8
Sum9
Cryptophyceae		
Cryptomonas sp. (l=15-18)		2.8
Cryptomonas spp. (l=24-28)		2.4
Katablepharis ovalis		1.0
Rhodomonas lacustris		2.1
Sum		8.3
Dinophyceae (Fureflagellater)		
Gymnodinium cf.lacustre		7.2
Gymnodinium sp. (l=16-18)		3.9
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)		11.1
Ubest.dinoflagellat		2.0
Sum		24.2
Xanthophyceae (Gulgrønnalger)		
Isthmochloron trispinatum		.7
Sum7
My-alger		
Sum		18.3

Total		223.4
=====		

Tabell 15 Kvantitative planteplanktonprøver fra: Langlivatn (bl.pr.0-5 m dyp)
Volum m³/m³

GRUPPER/ARTER	Dato=>	950616
Chlorophyceae (Grønnalger)		
Botryococcus braunii		2.1
Carteria sp. (l=7-9)		.3
Chlamydomonas sp. (l=10)		.9
Chlamydomonas sp. (l=8)		3.4
Gyromitus cordiformis		1.2
Monoraphidium dybowskii		.2
Paramastix conifera		1.3
Zygote av Closterium spp.		.7
Sum		10.1
Chrysophyceae (Gullalger)		
Chromulina sp.		1.1
Chrysidiastrum catenatum		5.6
Chrysolykos planctonicus		.5
Chrysolykos skujai		2.6
Craspedomonader		1.7
Cyster av Chrysolykos skujai		1.7
Dinobryon bavaricum		1.7
Dinobryon borgei		13.6
Dinobryon crenulatum		14.7
Dinobryon cylindricum var.alpinum		.5
Dinobryon korsikovii		2.0
Dinobryon sociale v.americanum		1.2
Dinobryon suecicum		.6
Kephyrion litorale		.1
Løse celler Dinobryon spp.		8.7
Mallomonas crassisquama		13.5
Mallomonas spp.		6.0
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		23.3
Pseudokephyrion entzii		4.1
Sma chrysoomonader (<7)		60.3
Spiniferomonas sp.		.8
Store chrysoomonader (>7)		37.9
Synura uvella		3.3
Ubest.chrysoomnade (Ochromonas sp.?)		.7
Ubest.chrysophyceae		1.7
Uroglena americana		8.5
Sum		216.4
Bacillariophyceae (Kiselalger)		
Synedra sp. (l=30-40)		2.2
Synedra sp. (l=40-70)		2.0
Sum		4.2
Cryptophyceae		
Cryptomonas sp. (l=15-18)		18.6
Cryptomonas spp. (l=24-28)		5.6
Katablepharis ovalis		11.4
Rhodomonas lacustris		15.8
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)		.3
Ubest.cryptomonade (l=6-8) Chro.acuta ?		.5
Sum		52.2
Dinophyceae (Fureflagellater)		
Gyrodinium cf.lacustre		11.1
Gyrodinium sp. (l=16-18)		3.9
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)		9.2
Peridinium volzii		10.0
Peridinium willei		9.0
Ubest.dinoflagellat		3.2
Sum		46.4
My-alger		
Sum		33.0
Total		362.3

NIVA 

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2806-3