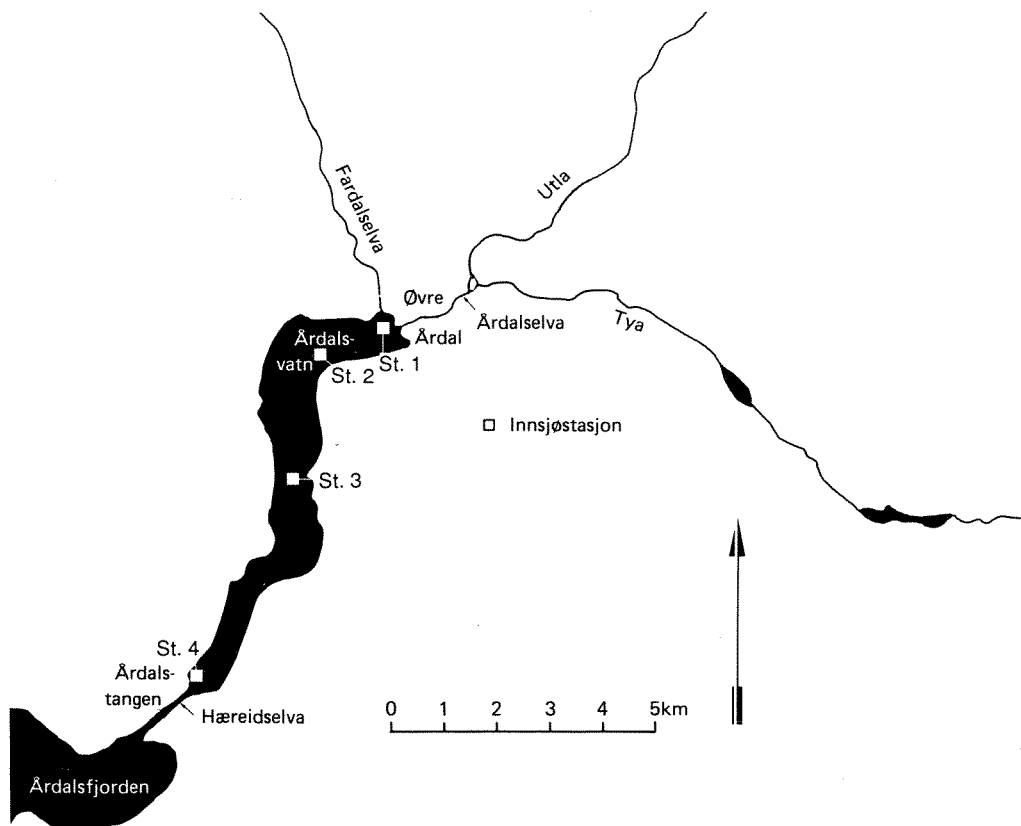




O-92130

# Kontrollundersøkelser i Årdalsvann 1992



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-92130	Undernr.:
Løpenr.: 2855	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 18 51 00 Telefax (47 2) 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 76 653	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47 5) 32 56 40 Telefax (47 5) 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Kontrollundersøkelser i Årdalsvatn 1992	Dato: 21.12.1992	Trykket: NIVA 1992
	Faggruppe: Vassdrag	
Forfatter(e): Pål Brettum	Geografisk område: Sogn og Fjordane	
	Antall sider: 28	Opplag:

Oppdragsgiver: Årdal kommune, Teknisk etat	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

**Ekstrakt:**

Formålet med denne undersøkelsen var å kontrollere om vannkvaliteten i Årdalsvatn hadde endret seg etter at nytt renseanlegg for avløpsvann fra befolkningen i Øvre Årdal ble installert sent på året 1990. Undersøkelsene hadde samme omfang som tilsvarende undersøkelser i 1990, og analyseresultatene de to årene er grunnlaget for vurderingen av vannkvalitetsendringer. Resultatene fra 1992 viste markerte økninger av totalfosfor og totalnitrogen i 30 m dyp særlig på stasjon 1 nærmest utslippsstedet for renseanlegget. Også innholdet av koliforme og termotolerante koliforme bakterier, viste markert økning, først og fremst i 30 m dyp på stasjon 1, men også på de andre stasjonene. I første rekke de bakteriologiske analyseresultatene viser at vannkvaliteten i Årdalsvatn er endret, og at egnetheten av vannmassene som drikkevann er redusert sammenlignet med forholdene i 1990.

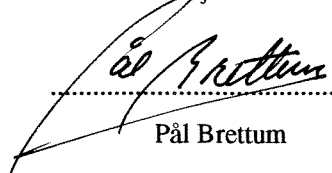
4 emneord, norske

1. Resipientundersøkelser 1992
2. Årdalsvatn
3. Vannkjemi
4. Planteplankton
5. Bakteriologi

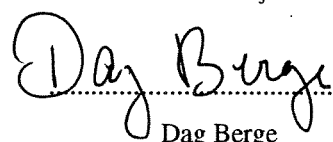
4 emneord, engelske

1. Recipient surveillance 1992
2. Lake Årdalsvatn
3. Water chemistry
4. Phytoplankton
5. Bacteriology

Prosjektleder

  
Pål Brettum

For administrasjonen

  
Dag Berge

ISBN 82-577-2258-8

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
Oslo

O-92130  
KONTROLLUNDERSØKELSER I ÅRDALSVATN 1992

21. desember 1992  
Saksbehandler: Pål Brettum

## FORORD

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) foreslo i sin rapport over undersøkelsene i Årdalsvatn i 1990, at Årdal kommune tok initiativet til en enkel årlig kontrollundersøkelse av Årdalsvatn etter at nytt renseanlegg for avløpsvann for Øvre Årdal ble satt i drift sent på året 1990.

Årdal kommune ved Teknisk etat, ønsket en slik kontrollundersøkelse for 1992 og ba NIVA om å utforme et program for undersøkelsene. NIVA oversendte programmet 9. juni 1992 og kommunen godkjente dette programmet i brev av 6. juli samme år. Programmet var i store trekk av samme omfang som undersøkelsene i 1990, og kommunen ønsket at NIVA skulle foreta analysene av de innsamlete prøvene på fysisk-kjemiske parametre og planteplankton, foruten å sammenstille en rapport.

All prøveinnsamling og målinger av siktedyp og temperatur er utført av personell ved Teknisk etat i kommunen, og prøvetaking ble foretatt 3. august, 31. august og 21. september 1992.

De fysisk-kjemiske analysene er utført ved NIVAs analyselaboratorium. Planteplanktonanalysene er foretatt av Pål Brettum som også har utformet og står ansvarlig for denne rapporten.

De bakteriologiske analysene er utført ved Næringsmiddeltilsynet for Sogn i Sogndal.

Oslo, 21. desember 1992

Pål Brettum  
forsker

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD.....	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER .....	4
2. INNLEDNING.....	5
2.1 Bakgrunn for undersøkelsen.....	5
2.2 Målsetning og undersøkelsesprogram.....	5
3. RESULTATER OG DISKUSJON.....	7
3.1 Fysisk-kjemiske forhold.....	7
3.1.1 Temperatur og siktedyp.....	7
3.1.2 Surhetsgrad, alkalitet, konduktivitet, turbiditet og farge.....	9
3.1.3 Næringssalter, fosfor og nitrogen.....	11
3.1.4 Totalt organisk karbon (TOC).....	14
3.2 Planteplankton.....	14
3.3 Bakteriologiske forhold.....	16
VEDLEGG .....	20

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Formålet med undersøkelsene i 1992 var å kontrollere om vannmassenes kvalitet i Årdalsvatn hadde endret seg etter at nytt renseanlegg for avløpsvann fra befolkningen i Øvre Årdal ble tatt i bruk sent mot slutten av året 1990.

Analysene av fysisk-kjemiske parametre, kvantitative planteplanktonanalyser og bakteriologiske analyser ble gjennomført på prøver samlet inn fra de samme fire stasjonene og i de samme dyp som ved undersøkelsene i 1990. Prøveinnsamling ble foretatt 3. august, 31. august og 21. september 1992.

Det ble registrert en betydelig økning i vannmassenes innhold av totalfosfor og totalnitrogen på stasjon 1, nærmest utslippsstedet ved Øvre Årdal, fra 1990 til 1992.

En sammenligning av fargetallene, som er et relativt mål på løste, organiske forbindelser, viste en tilnærmet fordobling fra 1990 til 1992.

Ved sammenligning av de bakteriologiske analyseresultatene for 1990 og 1992, og da særlig resultatene for koliforme bakterier og termotolerante koliforme bakterier, så viste disse at det var skjedd en markert økning av bakterieinnholdet på de fleste stasjonene.

I området rundt stasjon 4 i sørenden av Årdalsvatnet, som vil være det aktuelle området å ta vann fra som reservevannkilde, viste de bakteriologiske analyseresultatene for 1992 at vannkvaliteten er mindre egnet som drikkevannskilde nå enn hva tilfellet var i 1990.

Det ble ikke registrert noen endringer i biomasse eller sammensetning av planteplankton i 1992 sammenlignet med 1990, noe som vel skyldes at økningen i næringssaltene fosfor og nitrogen først og fremst ble registrert i de dypere vannlag (30 m) og derfor ikke har vært tilgjengelig for algevekst som primært foregår i de øverste vannlag (0-10 m) der lystilgangen er tilstrekkelig for en planteplanktonproduksjon.

Resultatene av analysene for undersøkelsene i 1992 har vist at det nye renseanlegget ved Farnes i Øvre Årdal, med den rensekapasitet det har i dag, ikke er tilstrekkelig for å opprettholde den opprinnelige vannkvaliteten i Årdalsvatnet. Uten at et nytt rensetrinn blir installert ved renseanlegget er det meget sannsynlig at vannkvaliteten vil påvirkes ved en økning av næringssalter og bakterier i tiden fremover. Forurensningsmyndighetene bør, i samråd med kommunen, ut fra bruksbehov for Årdalsvatnet, vurdere hvilken vannkvalitet som er ønskelig/akseptabel for resipienten.

Vi anbefaler at kommunen foretar årlige kontrollundersøkelser i årene fremover, minst av det omfang som undersøkelsene i 1992, for å holde seg á jour med utviklingen i vannkvaliteten i Årdalsvatnet.

## **2. INNLEDNING**

### **2.1 Bakgrunn for undersøkelsen**

NIVA gjennomførte en undersøkelse av vannkvaliteten i Årdalsvatn i 1990 for å se om den hadde endret seg nevneverdig i forhold til en noe mer omfattende undersøkelse også utført av NIVA i 1983-84.

Bakgrunnen for undersøkelsene i 1990 var at renseanlegget på Farnes, som ble bygget i 1954, for avløpsvannet fra befolkningen i Øvre Årdal i Årdalsvatnets nordende, hadde vært belastet med store mengder infiltrasjonsvann. Anlegget fra 1954 var et biologisk renseanlegg med filter og for- og ettersedimentering. Den biologiske delen av rensingen hadde fungert dårlig i en lang periode før undersøkelsene og forsedimenteringen hadde vært overbelastet.

Undersøkelsen i 1990 hadde som målsetning å registrere om den dårlige effektiviteten på det gamle anlegget hadde hatt noen nevneverdig påvirkning på vannkvaliteten i Årdalsvatn.

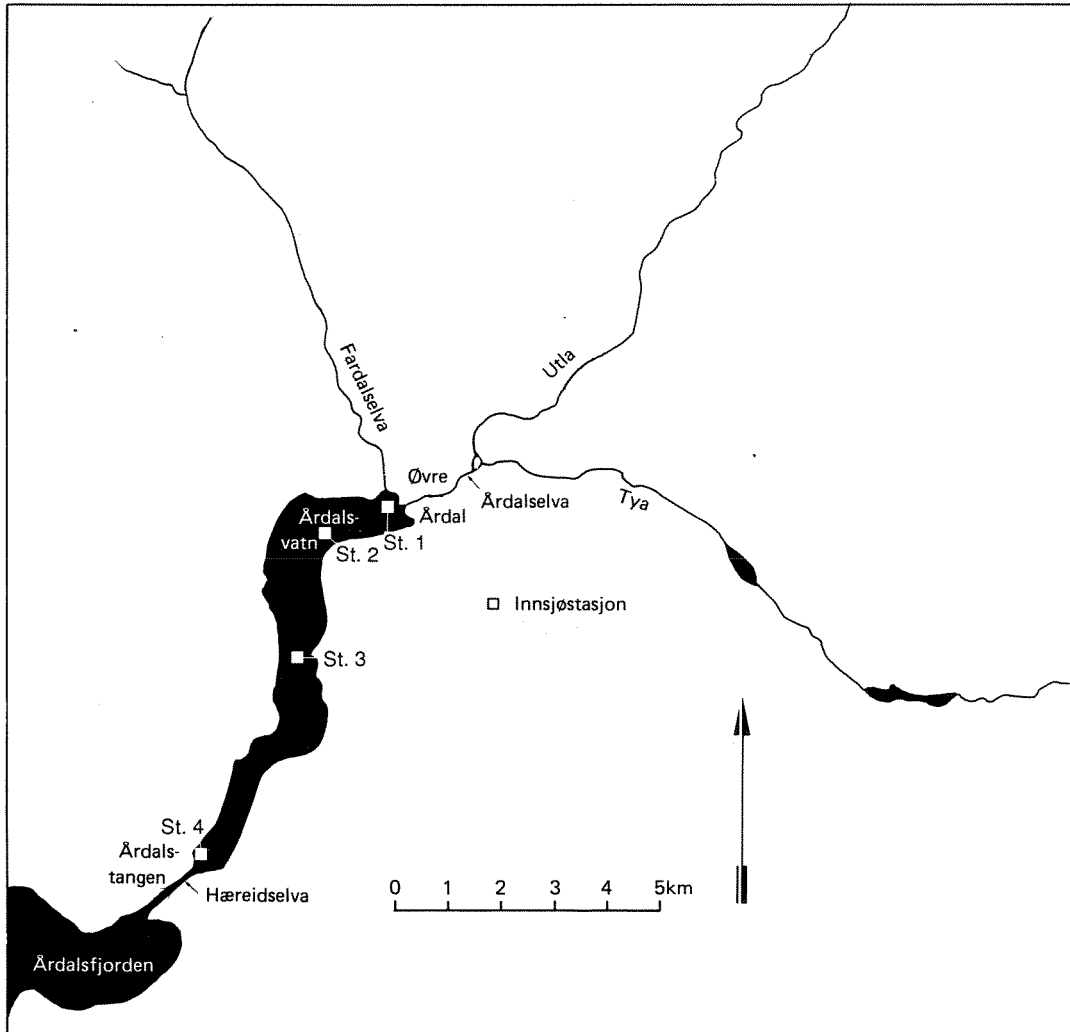
På slutten av året 1990 ble det satt i drift et nytt renseanlegg i Øvre Årdal til erstatning for det gamle anlegget. Det er et anlegg for mekanisk rensing og består av 2 stk. Discostrainer skivefilter Type DS 483 med kapaistet  $Q_{max}=590 \text{ m}^3/\text{t}$ . Sildukens lysåpning er 0,2 mm. Resultater av undersøkelsene i 1990 skulle danne basis ved senere kontroller for å se om det nye anlegget fungerte tilfredsstillende.

### **2.2 Målsetning og undersøkelsesprogram**

Det nye renseanlegget for kommunalt avløpsvann fikk i første omgang bare mekanisk rensing som nevnt. Dette kunne virke noe mangelfullt og NIVA anbefalte derfor i rapporten overlevert Årdal kommune i 1990: "O-90143 - Undersøkelser av Årdalsvatn 1990. NIVA-rapport nr. 2563", at kommunen fulgte opp med kontrollundersøkelser av vannkvaliteten i Årdalsvatn for å kontrollere at den ikke utviklet seg i uønsket retning. En viktig grunn til å holde kontroll med vannkvaliteten er også at vann fra sørenden av Årdalsvatn (stasjon 4) benyttes som reservevannkilde for drikkevann og derfor må holde en meget god kvalitet.

Kontrollprogrammet for 1992 ble lagt så nær opp til undersøkelsesprogrammet for 1990 som mulig, slik at det skulle bli enkelt å registrere eventuelle endringer av kvaliteten på vannet.

Prøver ble samlet inn på tre tidspunkter, 3. august, 31. august og 21. september 1992 fra fire stasjoner i innsjøen, som ved undersøkelsene i 1990. Stasjonene er avtegnet på kartskissen fig. 1.



Figur 1 Prøvetakingsstasjoner i Årdalsvatn 1992.



Prøvene omfattet kvantitative planteplanktonprøver ved siden av prøver for fysisk-kjemiske analyser og bakteriologiske analyser. Planteplanktonprøvene ble samlet inn som blandprøver i vannsjiktet 0-10 m dyp på hver stasjon. Prøvene for fysisk-kjemiske analyser ble også samlet inn fra hver stasjon som blandprøver i vannsjiktet 0-10 m dyp. I tillegg ble tatt prøver fra 30 m dyp som i 1990.

Bakteriologiske prøver ble samlet inn fra 6 m og 30 m dyp på hver stasjon.

I tillegg til innsamlingen av disse prøvene, ble det på hver stasjon målt siktedyp foruten vanntemperaturen i ulike dyp.

## **3. RESULTATER OG DISKUSJON**

### **3.1 Fysisk-kjemiske forhold**

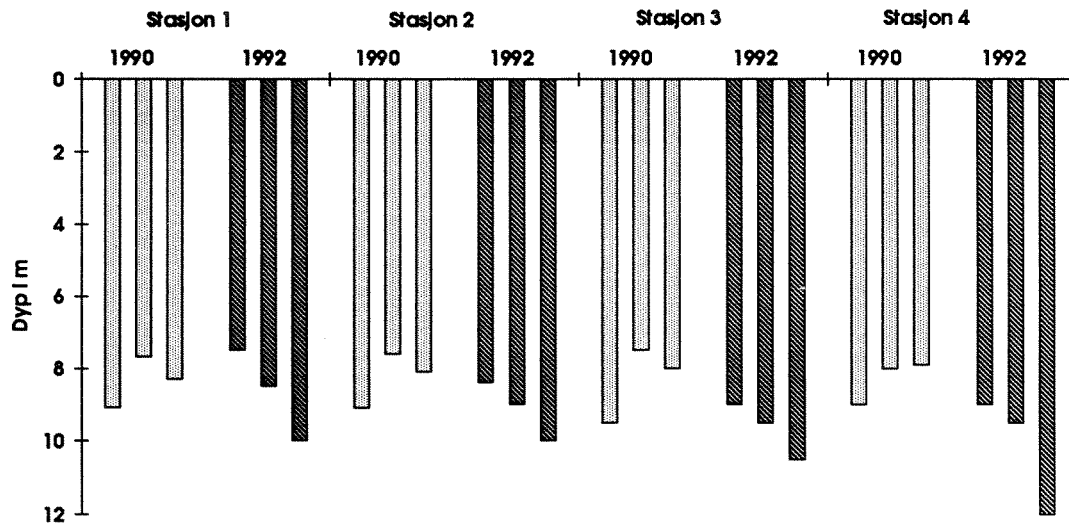
Analyseresultatene for de fysisk-kjemiske parametrene på de fire prøvetakingsstasjonene i 1992 er gitt i tabellene 2-5 i vedlegget. Der er også tabell for temperaturforholdene (tabell 1).

Analysemetodikken for pH, alkalitet, konduktivitet, turbiditet og farge følger Norsk Standard (NS). Til analyse av næringssaltene og nitrogen er benyttet en automatisert versjon av Norsk Standard. Analysen av TOC (totalt organisk carbon), er utført ved oksydasjon med UV-belysning og peroksidisulfat. Klorid er analysert ved hjelp av ionekromatografi (uten supressorkolonne).

#### **3.1.1 Temperatur og siktedyp**

Temperaturmålingene i undersøkelsesperioden fra de fire stasjonene viser at det stort sett var relativt god sirkulering av vannmassene på alle tre prøvetakingstidspunktene i de øverste 30 m. Temperaturen i 1 m dyp lå alle tre datoene mellom 8.0 og 9.3 °C (se tabell 1 i vedlegget). De lave temperaturene (i store trekk 1.5-2 °C lavere enn ved målingene i 1990 på de samme stasjonene) og lavest på stasjon 1 nærmest innløpselvene, tyder på store tilførsler av kaldt vann fra de høyereliggende områdene i nedbørfeltet på prøvetakingstidspunktene.

Siktedypet varierte i 1992 mellom 7.5 og 12.0 m på de fire stasjonene, størst på stasjon 4 lengst vekk fra innløpselvene der partikkelpåvirkningen er minst. Siktedypet var gjennomgående noe større i 1992 enn i 1990 (se figur 2).



Figur 2 Variasjoner i siktedyp på de fire stasjonene i Årdalsvatn 1990 og 1992.

### 3.1.2 Surhetsgrad, alkalitet, konduktivitet, turbiditet og farge

Analyseresultatene for disse parametrene er vist i tabellene 2-5 (vedlegg), og variasjonene i de enkelte parameterverdier for de fire stasjonene i 1990 og 1992 er fremstilt i figur 3.

Vannets surhetsgrad (pH-verdi) varierte i 1990 mellom 5.99 og 6.86. Analyseverdiene for 1992 var mellom 6.13 og 6.45. Dette viser at vannmassene i Årdalsvatn er svakt sure.

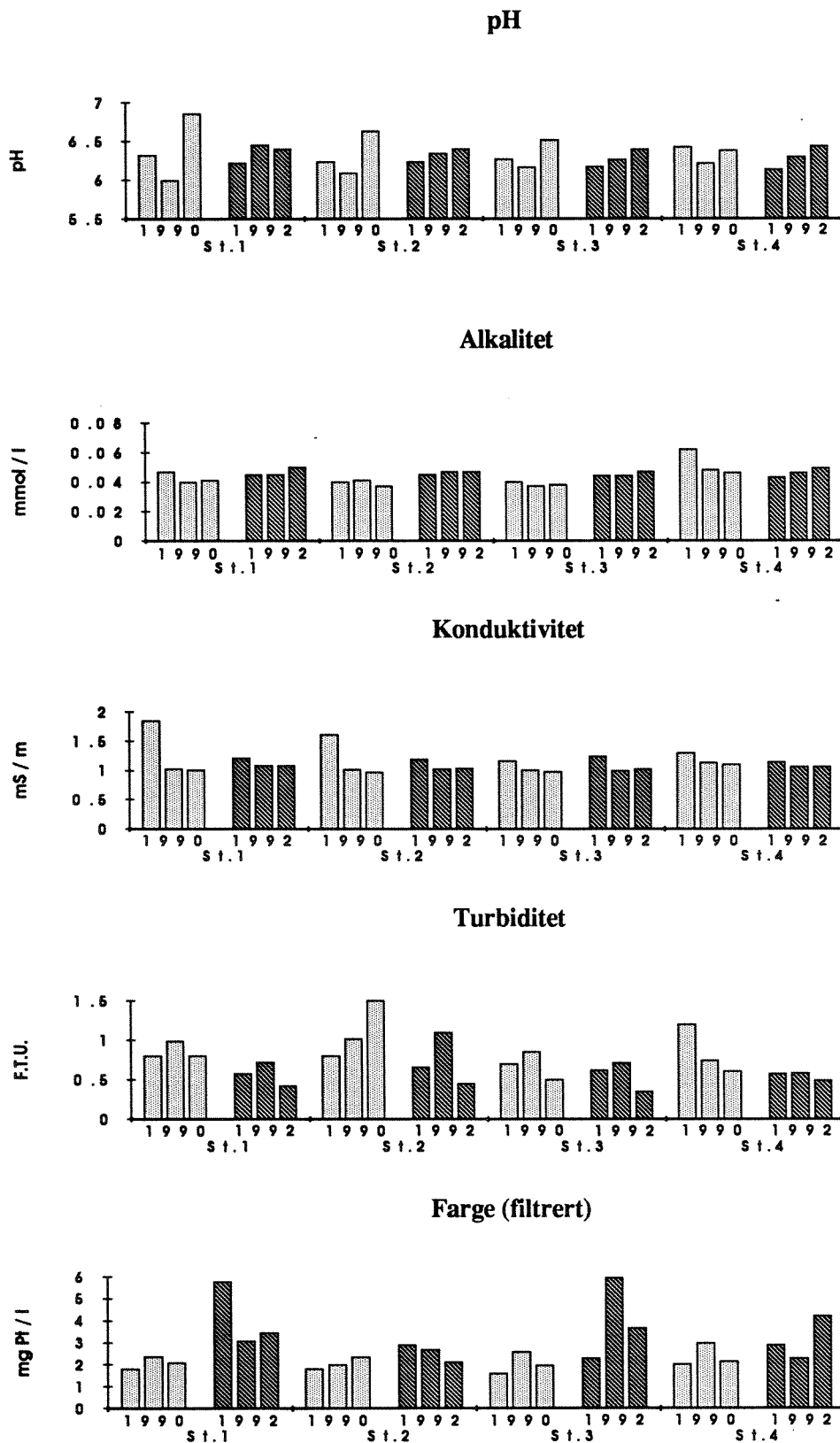
Alkaliteten, som er et mål på vannmassenes bufferkapasitet, det vil si deres evne til å motstå forsurening, lå i 1990 mellom 0.037 og 0.062 mmol/l. De tilsvarende verdier for 1992 var mellom 0.043 og 0.050 mmol/l. Disse verdiene viser at det er en lav bufferkapasitet på vannmassene.

Konduktiviteten (ledningsevnen) er et mål for mengden av oppløste salter i vannmassene. Denne lå ved undersøkelsene i 1990 for det meste rundt 1 mS/m, med unntak av målingene 25. juli 1990 da den på stasjonene 1 og 2 var henholdsvis 1.85 og 1.61 mS/m i vannsjiktet 0-10 m. Så høye verdier ble ikke registrert ved undersøkelsene i 1992, selv om det også da var en tendens til noe høyere verdier i begynnelsen av august, sammenlignet med resten av perioden. De fleste verdiene lå også i 1992 rundt 1 mS/m. Konduktiviteten øker med saltinnholdet i vannmassene, men verdiene fra Årdalsvatn samlet er svært lave, og viser at det er lite oppløste salter.

Vannets innhold av partikler (turbiditet) vil variere noe i Årdalsvatn, avhengig av avsmelting og tilførsler, særlig fra høyereliggende områder i nedbørfeltet. Verdiene i 1990 lå mellom 0.5 og 1.5 F.T.U., men de fleste lå mellom 0.5 og 1 F.T.U. Mye av tilførslene er finfordelte partikler, som ikke gir så store utslag i turbiditeten, men som til tider kan være effektive lysspredere. Dette vil en registrere på siktedypet som da avtar. I 1992 lå verdiene for turbiditeten mellom 0.35 og 1.1 F.T.U., altså omkring eller tildels lavere enn i 1990.

Vannets fargetall er et mål på innholdet av løste, ofte organiske forbindelser. I 1990 lå verdiene mellom 0.6 og 2.97 mg Pt/l. Dette er lave verdier. I 1992 varierte verdiene mellom 2.30 og 5.95 mg Pt/l noe som viser at det har vært en økning av innholdet av løste organiske forbindelser. I figur 3 kommer denne økningen på de fleste stasjonene tydelig frem.

Selv om verdiene for fargetall også for 1992 er lave generelt sett, viser det en tilnærmet dobling av innholdet av løste stoffer i 1992 sammenlignet med 1990.



Figur 3 Variasjoner i verdier av pH,alkalitet,konduktivitet,turbiditet og farge (filtrert) på de fire stasjonene i Årdalsvatn 1990 og 1992. Basert på analyser av blandprøver 0-10 m dyp.

### 3.1.3 Næringssalter, fosfor og nitrogen

Analyseresultatene av fosfor og nitrogen er gitt i tabellene 2-5 (vedlegg) og variasjonene i totalfosfor og totalnitrogen i blandprøven 0-10 m dyp og fra 30 m dyp fra de fire stasjonene i Årdalsvatn 1992 er fremstilt i figurene 4 og 5. For sammenligningens skyld er lagt inn i figuren tilsvarende verdier for undersøkelsene i 1990.

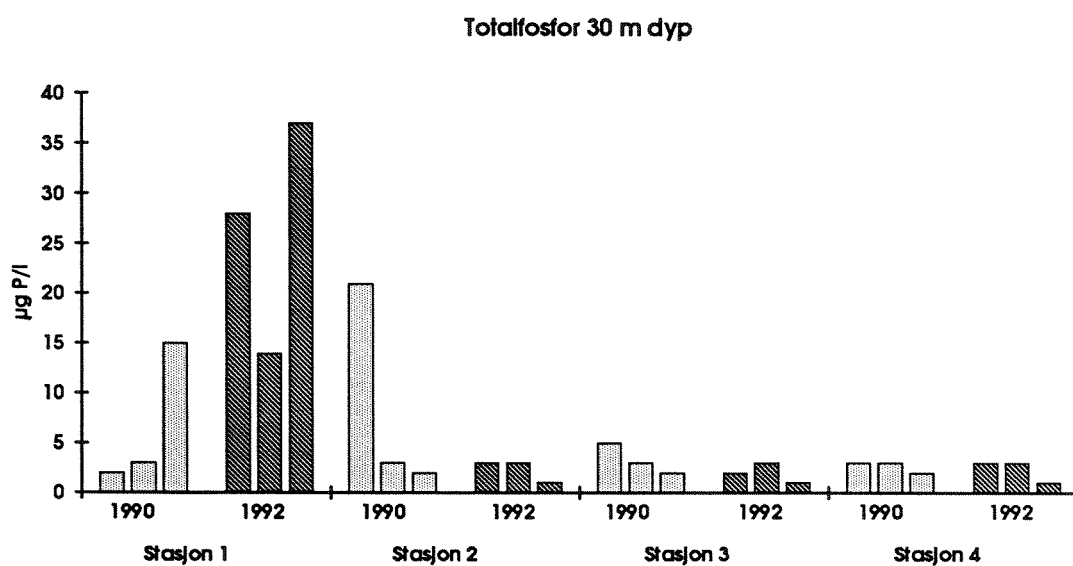
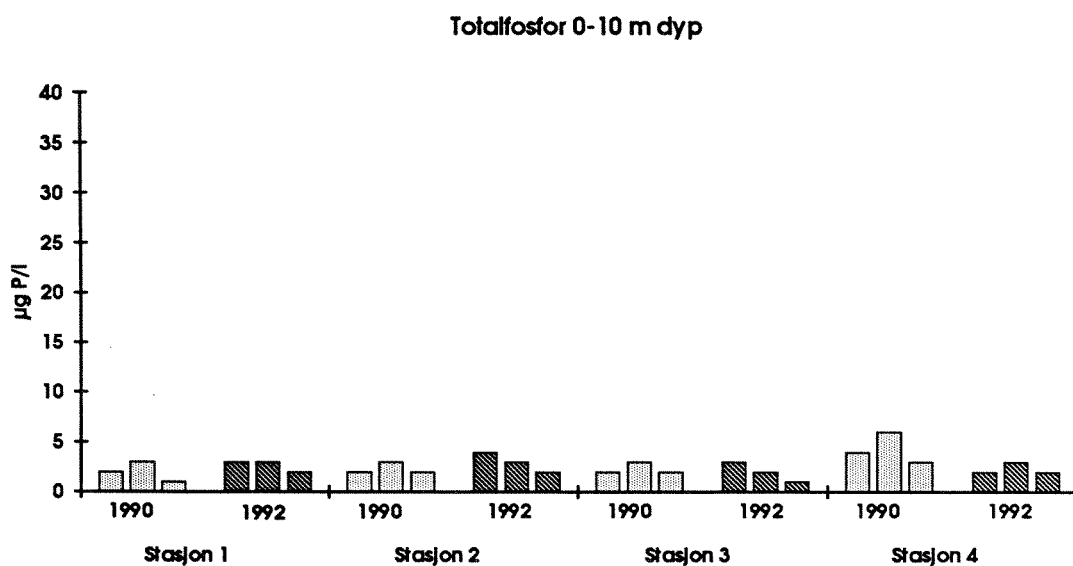
Som det fremgår av figur 4 var verdiene for totalfosfor i blandprøvene 0-10 m dyp forholdsvis lave begge årene. Verdiene lå mellom 1 og 6  $\mu\text{g P/l}$  i 1990 og mellom 1 og 4  $\mu\text{g P/l}$  i 1992. Ser en imidlertid på verdiene for 30 m dyp viser disse tildels svært høye verdier på stasjon 1 nær ved utslippet fra renseanlegget i Øvre Årdal. Også i 1990 ble det på denne stasjonen målt betydelig høyere verdier for totalfosfor i september (på stasjon 2 også i juli).

Sammenligner en verdiene for stasjon 1 i 1990 og 1992 synes det som om det har vært en betydelig økning i fosformengdene i denne perioden. Denne stasjonen er lagt tett opp til utslippsstedet for avløpet fra renseanlegget ved Farnes, og en del av variasjonene kommer sikkert av at prøvetakingen ikke er tatt helt på samme sted fra gang til gang. Økningen er imidlertid så markert, at det er rimelig å tro at det skyldes en økt belastning på vannmassene i området.

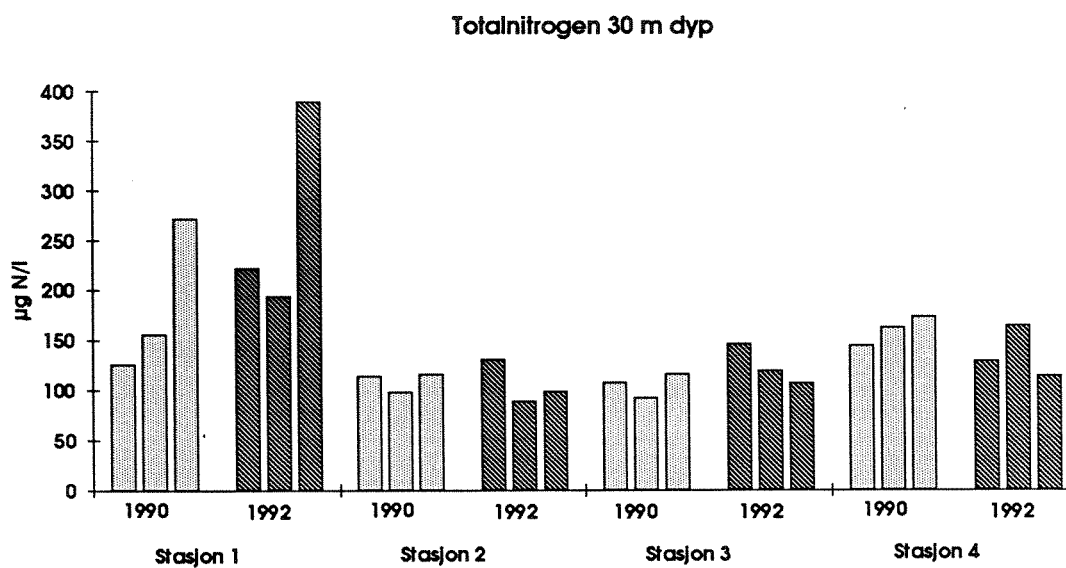
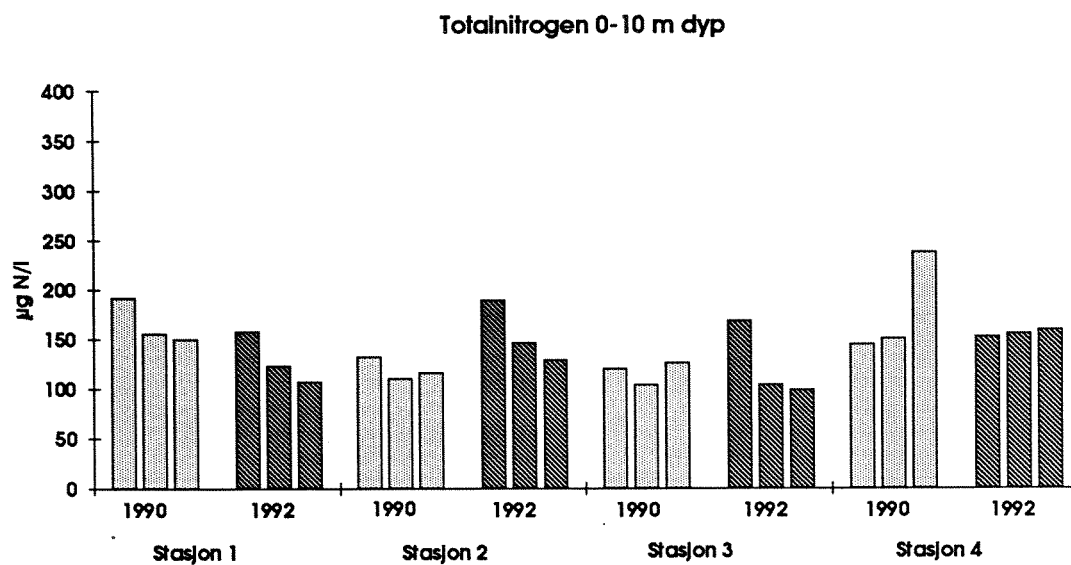
I figur 5 er gjort en tilsvarende fremstilling av analyseverdiene for totalnitrogen, som for totalfosfor, for de fire stasjonene i innsjøen. Som figuren viser var det relativt jevne verdier og ikke for store variasjoner for totalnitrogen i blandprøvene fra 0-10 m dyp på alle stasjonene begge årene, med verdier mellom 100 og 237  $\mu\text{g N/l}$ .

I 30 m dyp var det jevne og lave verdier for totalnitrogen begge årene når det gjelder de tre sørligste stasjonene (st. 2, st. 3 og st. 4). Stasjon 1, ved utslippsstedet for renseanlegget, hadde imidlertid forhøyete verdier for totalnitrogen i 1990 sammenlignet med de andre stasjonene og, som figur 5 viser, var forskjellen i verdier på denne stasjonen, sammenlignet med de andre, enda mer markert i 1992. Verdien for september 1992 var 3-4 ganger så høy på denne stasjonen i 30 m dyp, som på de andre stasjonene.

Den markerte økningen i totalnitrogen viser, på samme måte som for totalfosfor, den økte belastningen som utslippene fra renseanlegget har gitt på vannmassene i området.



Figur 4 Variasjoner i totalfosfor på de fire stasjonene i Årdalsvatn 1990 og 1992 i 0-10 m dyp (blandprøver) og 30 m dyp.



Figur 5 Variasjoner i totalnitrogen på de fire stasjonene i Årdalsvatn 1990 og 1992 i 0-10 m dyp (blandprøver) og 30 m dyp.

### 3.1.4 Totalt organisk karbon (TOC)

Verdiene for totalt organisk karbon (TOC) viste på alle stasjonene meget lave verdier ved undersøkelsene i 1992, mellom 0.43 og 0.68 mg C/l. Dette er omtrent samme nivå som for undersøkelsene i 1990. Den ekstremt høye verdien som ble målt 25 juli 1990, 46.0 mg C/l er etter all sannsynlighet en feilanalyse. Skulle den være reell, ville en også ha registrert en tilsvarende økning i f.eks. verdien for farge i samme prøve. Dette er jo også et mål på løst organisk stoff. En slik økning ble ikke registrert.

## 3.2 Planteplankton

I 1992 ble det samlet inn kvantitative planteplanktonprøver fra de fire stasjonene i Årdalsvatn samtidig som det ble samlet inn prøver for fysisk-kjemiske analyser og bakteriologiske prøver. Prøvene var blandprøver fra vannsjiktet 0-10 m dyp, og analyseresultatene er gitt i tabellene 6-9 (se vedlegg) og i figur 6.

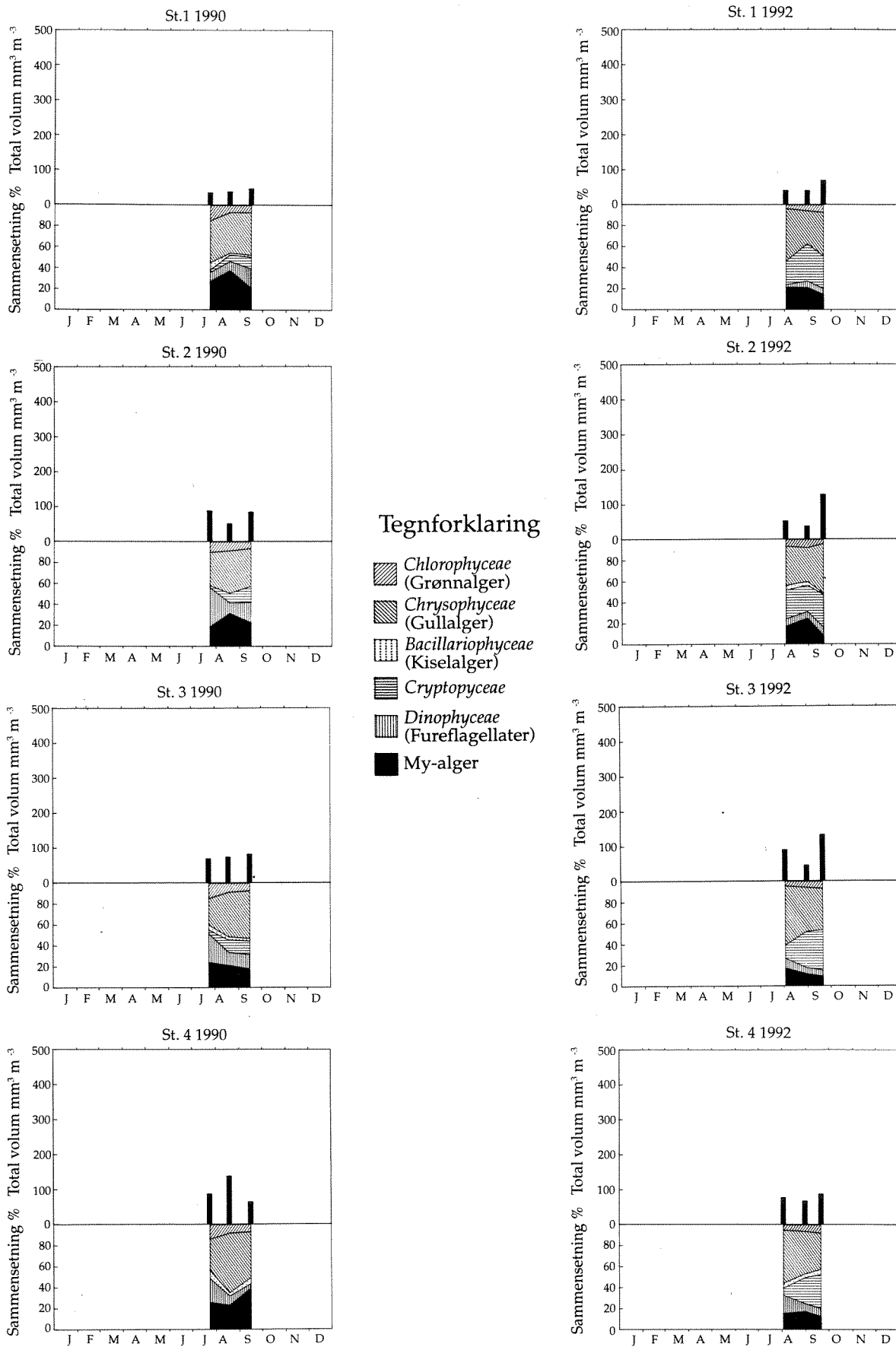
Som det fremgår av tabellene og figuren var det på alle fire stasjonene på prøvetakingstidspunktene et meget beskjedent totalt planteplanktonvolum, stort sett under eller like over  $100 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ .

I figuren er satt inn analyseresultatene fra de samme stasjonene i 1990. Resultatene viser at det ikke var noen forskjell i totalt planteplanktonvolum i undersøkelsesperiodene de to årene. Begge årene var det svært lave verdier. Gruppen Chrysophyceae (gullalger) var også i 1992, som i 1990 den viktigste gruppen, med ulike former for små chrysomonader som de mest fremtredende artene.

Gruppen Cryptophyceae utgjorde en noe større andel av det samlede planteplanktonsamfunn i 1992 enn i 1990. En viss betydning utgjorde også gruppen "µ-alger" (små kuleformete, ikke nærmere identifiserte, former med diameter 2-4 µm), som i 1990.

Nivået for totalvolum og sammensetningen av planteplanktongrupper og -arter var svært like på alle de fire stasjonene i 1990 og 1992. Resultatene viser et samfunn karakteristisk for svært næringsfattige, ultraoligotrofe vannmasser.





Figur 6 Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton på de fire stasjonene i Årdalsvatn 1990 og 1992.

### 3.3 Bakteriologiske forhold

I tabell 10 (vedlegg) er satt opp analyseresultater for bakteriologiske prøver samlet inn på de fire stasjonene i Årdalsvatn 1992. Analysene omfatter totalantall bakterier/ml (kimtall) ved 20°C og koliforme bakterier/100 ml ved 37°C samt termotolerante bakterier/100 ml ved 44°C. De bakteriologiske prøvene ble tatt fra 6 m og 30 m dyp, på samme tidspunkter som de øvrige prøver. Koliforme bakterier (37°C) er et mål på forurensning med tarminnhold (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, er et mål på hvor fersk denne forurensningen er.

Dersom mengden av termotolerante koliforme bakterier er nær opp til mengden av koliforme bakterier totalt, viser det at de analyserte vannmassene på prøvetakingstidspunktet fikk tilførsler av relativt fersk fekal forurensning. Kimtallet, eller totalantall bakterier, er et mål på den organiske belastningen generelt, og avspeiler både påvirkningen av kloakkvann og eventuell annen tilførsel av organisk materiale til vannmassene.

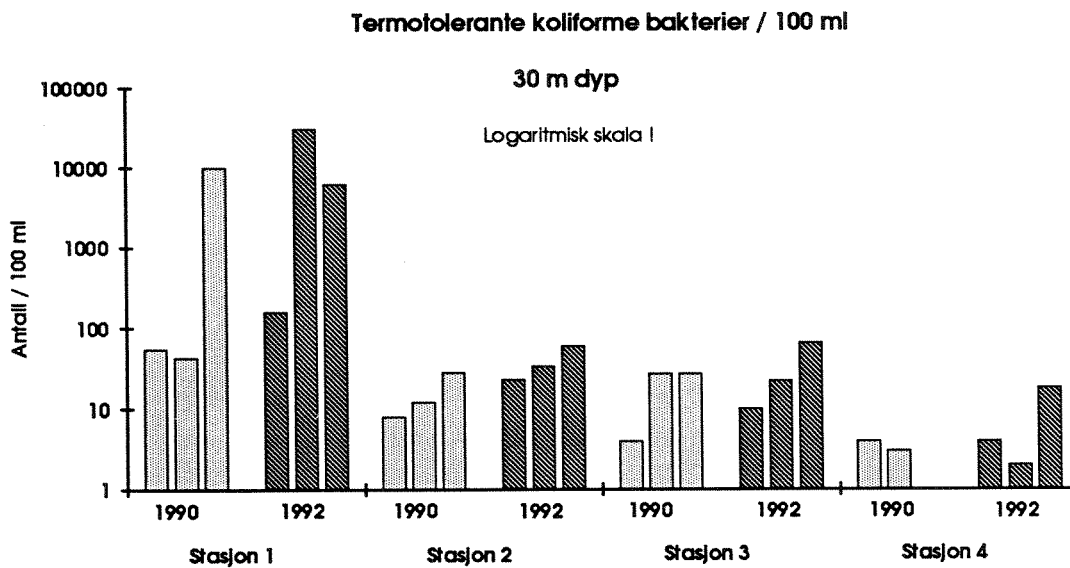
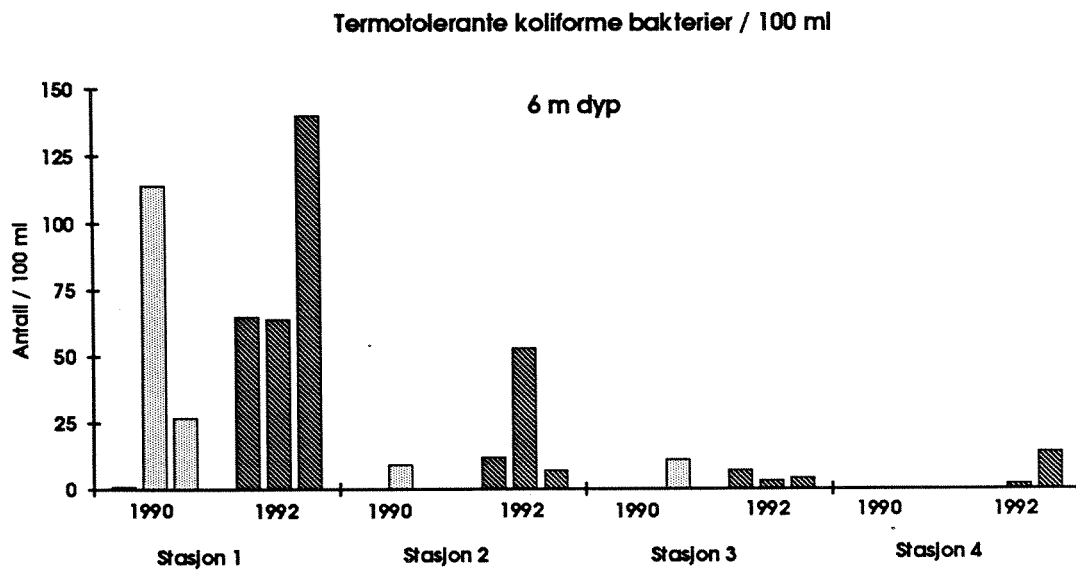
Av tabell 10 fremgår det, som ventet, at det er høyest bakterieinnhold på stasjon 1 ved utslippsstedet for renseanlegget i Øvre Årdal, og at bakterieinnholdet avtar i vannmassene mot utløpet av Årdalsvatnet ved Årdalstangen (st. 4).

Da mengden av termotolerante koliforme bakterier er det mest interessante mål på den fekale forurensning, har en i figur 7 fremstilt resultatene av disse analysene for de tre måletidspunktene i 1990 og 1992 både for 6 m dyp og 30 m dyp.

Som figuren viser ble det gjennomgående registrert større antall termotolerante koliforme bakterier i 30 m dyp enn i 6 m dyp. (Vær oppmerksom på at figuren for 30 m dyp har logaritmisk skala, mens figuren for 6 m dyp er lineær!) Særlig på stasjon 1 blir dette svært tydelig. I 1990 ble det i 30 m dyp registrert 10000 termotolerante koliforme bakterier/100 ml den 17. september. I 1992 ble det registrert 31000 termotolerante koliforme bakterier/100 ml 31. august og 6200 den 21. september.

Variasjonene i mengden her vil avhenge mye av hvor nær opp til utslippsstedet prøven er tatt, men tallene viser at det ikke har vært noen nedgang i tilførslene av organisk materiale til vannmassene fra renseanlegget. Dette ser en også klart hvis en sammenligner tallene for totalt antall bakterier (kimtall) for de to undersøkelsesårene.

Utslippene fortynnes relativt raskt og gjennomstrømningshastigheten av vannmassene i Årdalsvatnet vil



Figur 7 Variasjoner i mengde av termotolerante koliforme bakterier på de fire stasjonene i Årdalsvatn 1990 og 1992 i 6 m og 30 m dyp.

være med på å avgjøre hvor mye en finner av koliforme og termotolerante koliforme bakterier på de andre stasjonene nedover i innsjøen. Omrøring av vannmassene vil også være med på å avgjøre hvor store forskjeller det blir i registrerte mengder av bakterier i de to dypene på disse stasjonene, men gjennomgående vil tallene være høyere i 30 m dyp enn i 6 m dyp.

Verdiene for de termotolerante koliforme bakteriene på stasjonene 2, 3 og 4 i 6 m og 30 m dyp var betydelig høyere jevnt over i 1992 enn i 1990.

Vurderer en verdiene for de bakteriologiske analysene mot de kriterier som er gitt for krav til vannkvalitet for bruk til drikkevann gitt i "Vannkvalitetskriterier for ferskvann" utarbeidet av Statens forurensningstilsyn (SFT) og "Kvalitetsnormer for drikkevann" utarbeidet av Statens institutt for folkehelse (SIFF), blir resultatene for 1992 for vannmassene ved stasjon 4, som er aktuell som reservevannkilde, betenkelig.

Ut fra de gitte grenser for råvannskvalitet var vurderingen av vannkvaliteten på stasjon 4 i 1990 at kvaliteten var god. Verdiene som ble målt for prøvene fra stasjon 4 i 1992, hvor det ble registrert tildels høye tall for termotolerante koliforme bakterier (44°C), hele 14 den 21. september i 6 m dyp, og en to til tre dobling av innholdet av koliforme bakterier (37°C), viser at vannkvaliteten ved stasjon 4, som råvannskilde for drikkevann, er blitt betydelig svekket. Det må til en omfattende behandling av vannet før det kan sendes ut på drikkevannsnettet.

-----

I følge teknisk etat i kommunen er vestlige vinder mest fremtredende i området. Dette vil føre til at vannmassene i de øvre vannlag til en viss grad vil bli presset østover mot tettstedet Øvre Årdal i nordøstre del av Årdalsvatnet, noe som gjør at disse vannmassene får lengre oppholdstid i dette området. Dette fører samtidig til at vann dypere ned strømmer raskere gjennom innsjøen fra de nordlige til de sørlige områder.

Tidligere ble avløpsvannet fra renseanlegget sluppet ut i innsjøen i de øvre vannlag. Det ga økte mengder av fosfor og nitrogen i disse vannlag noe som kunne gi økt algevekst. Blant annet en del "grønske" langs strendene ved Øvre Årdal ble tidligere observert.

På den annen side førte lengre oppholdstid for avløpsvannet i den nordlige enden av innsjøen til at innholdet av koliforme bakterier kunne bli mer redusert innen det nådde de sørlige områdene. Dette er områdene som benyttes som reservevannkilde. Etter at avløpsvannet ble sluppet ut på 30 m dyp var risikoen for økt næringsstoffinnhold i lyslagene redusert kraftig og dermed grunnlag for algevekst. På

den annen side strømmer antagelig avløpsvannet raskere gjennom innsjøen fra nord til sør i dette dypet. Innholdet av koliforme bakterier kan bli mindre redusert innen vannmassene når den sørlige enden, ved utslipp i 30 m dyp, på grunn av den raskere gjennomstrømning i innsjøen i dette dyp. Liten sjiktning av vannmassene vil føre til at det skjer en del vertikal blanding av vannmassene på veien.

## **VEDLEGG**

Tabell 1 Temperatur i ulike dyp på stasjoner i Årdalsvatn 1992.Stasjon 1

Dyp m	Vanntemperatur °C		
	3/8	31/8	21/9
1	8.0	8.9	8.4
3	7.9	8.7	8.3
5	7.9	8.7	8.1
6	7.9	8.7	8.1
7	7.9	8.7	8.1
9	7.8	8.6	8.0
20	-	-	-
30	7.6	8.5	7.8

Stasjon 2

Dyp m	Vanntemperatur °C		
	3/8	31/8	21/9
1	8.5	8.9	8.8
3	8.5	8.9	8.8
5	8.5	8.7	8.6
6	8.5	8.7	8.5
7	8.4	8.7	8.5
9	8.3	8.6	8.4
20	-	-	8.0
30	7.6	8.4	7.9

Stasjon 3

Dyp m	Vanntemperatur °C		
	3/8	31/8	21/9
1	9.3	9.0	8.8
3	8.8	9.0	8.7
5	8.8	8.9	8.7
6	8.5	8.9	8.6
7	8.5	8.9	8.5
9	8.4	8.8	8.4
20	-	-	-
30	7.9	8.5	8.0

Stasjon 4

Dyp m	Vanntemperatur °C		
	3/8	31/8	21/9
1	9.3	9.2	8.7
3	9.0	9.2	8.7
5	9.0	9.1	8.6
6	8.8	9.0	8.5
7	8.8	9.0	8.3
9	8.8	8.9	8.3
20	8.1	-	-
30	7.8	8.8	8.0

Tabell 2 Evisisk-kjemiske analyseresultater fra st.1, Årdalsvatn 1992.

Dato	Dyp m	Siktedyp m	pH	Kond. mS/m	Alkalitet mmol/l	Turb. F.T.U.	Farge-F mg Pt/l	Tot.-P µg P/l	Orto-P µg P/l	Tot.-N µg N/l	Nitrat µg N/l	TOC mg C/l	Klorid mg C/l
3/8	0-10	7.5	6.22	1.21	0.045	0.57	5.76	3	2	158	67	0.46	1.0
	30		-	1.22	-	-	-	28	-	222	-	0.47	0.9
31/8	0-10	8.5	6.45	1.08	0.045	0.72	3.07	3	1	123	58	0.50	0.7
	30		-	1.17	-	-	-	14	-	194	-	0.59	0.8
21/9	0-10	10.0	6.40	1.08	0.050	0.42	3.46	2	<1	107	59	0.47	0.8
	30		-	1.33	-	-	-	37	-	390	-	0.68	1.0

Tabell 3 Evisisk-kjemiske analyseresultater fra st.2, Årdalsvatn 1992.

Dato	Dyp m	Siktedyp m	pH	Kond. mS/m	Alkalitet mmol/l	Turb. F.T.U.	Farge-F mg Pt/l	Tot.-P µg P/l	Orto-P µg P/l	Tot.-N µg N/l	Nitrat µg N/l	TOC mg C/l	Klorid mg C/l
3/8	0-10	8.4	6.23	1.19	0.045	0.65	2.88	4	2	189	67	0.46	0.9
	30		-	1.16	-	-	-	3	-	131	-	0.43	0.9
31/8	0-10	9.0	6.34	1.03	0.047	1.1	2.69	3	1	146	58	0.54	0.8
	30		-	1.03	-	-	-	3	-	89	-	0.41	0.7
21/9	0-10	10.0	6.40	1.04	0.047	0.45	2.11	2	<1	129	59	0.57	0.8
	30		-	1.05	-	-	-	1	-	99	-	0.49	0.8



Tabell 4 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.3. Årdalsvatn 1992.

Dato	Dyp m	Siktedyp m	pH	Kond. mS/m	Alkalitet mmol/l	Turb. F.T.U.	Farge-F mg Pt/l	Tot.-P µg P/l	Orto-P µg P/l	Tot.-N µg N/l	Nitrat µg N/l	TOC mg C/l	Klorid mg Cl
3/8	0-10	9.0	6.17	1.24	0.044	0.62	2.30	3	2	168	66	0.46	0.9
	30		-	1.14	-	-	-	2	-	146	-	0.45	0.9
31/8	0-10	9.5	6.26	1.00	0.044	0.71	5.95	2	1	104	61	0.45	0.7
	30		-	1.01	-	-	-	3	-	119	-	0.56	0.7
21/9	0-10	10.5	6.39	1.03	0.047	0.35	3.65	1	<1	99	59	0.51	0.8
	30		-	1.04	-	-	-	1	-	107	-	0.50	0.8

Tabell 5 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.4. Årdalsvatn 1992.

Dato	Dyp m	Siktedyp m	pH	Kond. mS/m	Alkalitet mmol/l	Turb. F.T.U.	Farge-F mg Pt/l	Tot.-P µg P/l	Orto-P µg P/l	Tot.-N µg N/l	Nitrat µg N/l	TOC mg C/l	Klorid mg Cl
3/8	0-10	9.0	6.13	1.14	0.043	0.57	2.88	2	1	152	66	0.51	0.9
	30		-	1.14	-	-	-	3	-	129	-	0.45	0.9
31/8	0-10	9.5	6.30	1.06	0.046	0.58	2.30	3	1	155	59	0.59	0.8
	30		-	1.03	-	-	-	3	-	164	-	0.51	0.7
21/9	0-10	12.0	6.44	1.06	0.049	0.49	4.22	2	1	159	59	0.60	0.8
	30		-	1.05	-	-	-	1	-	114	-	0.50	0.9

Tabell 6.. Kvantitative planteplanktonprøver fra: Ardalsvatn st.1 (bl.pr.0-10 m dyp)  
Volum mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

GRUPPER/ARTER	Dato=>	920803	920831	920921
-----				
Chlorophyceae (Grønnalger)				
Crucigenia quadrata		.3	-	-
Dictyosphaerium subsolitarium		.1	.1	-
Gyromitus cordiformis		.7	-	-
Koliella sp.		.5	1.7	3.7
Oocystis submarina v.variabilis		-	.6	1.2
Scourfieldia cordiformis		-	-	.3
Sum .....		1.6	2.4	5.2
Chrysophyceae (Gullalger)				
Chromulina sp.		-	.3	.8
Chrysolykos skujai		-	.2	1.2
Craspedomonader		-	.2	-
Dinobryon borgei		-	-	.3
Dinobryon crenulatum		.2	-	1.2
Dinobryon cylindricum var.alpinum		.8	-	-
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		3.9	3.0	5.4
Pseudokephyrion entzii		.1	-	.5
Små chrysomonader (<7)		5.0	4.8	9.7
Store chrysomonader (>7)		9.0	3.4	8.6
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)		.7	.3	.3
Ubest.chrysophyceae		-	.1	.1
Sum .....		19.7	12.3	28.1
Bacillariophyceae (Kiselalger)				
Rhizosolenia eriensis (forma?)		.7	.5	1.3
Tabellaria flocculosa		-	.2	-
Sum .....		.7	.7	1.3
Cryptophyceae				
Cryptomonas marssonii		.5	2.2	.3
Cryptomonas spp. (l=24-28)		3.2	2.0	-
Katablepharis ovalis		-	.6	.5
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)		5.2	9.0	20.3
Sum .....		8.8	13.9	21.1
Dinophyceae (Fureflagellater)				
Gymnodinium cf.lacustre		1.0	-	.9
Gymnodinium sp. (l=15-16)		-	1.7	2.2
Ubest.dinoflagellat		-	.8	.8
Sum .....		1.0	2.5	3.9
Xanthophyceae (Gulgrønnalger)				
Isthmochloron trispinatum		-	.3	-
Sum .....		-	.3	-
My-alger				
Sum .....		8.4	8.2	9.5
-----				
Total .....		40.3	40.2	69.1
=====				

Tabell 7... Kvantitative planteplanktonprøver fra: Ardalsvatn st.2 (bl.pr.0-10 m dyp)  
Volum mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

GRUPPER/ARTER	Dato=>	920803	920831	920921
-----				
Chlorophyceae (Grønnalger)				
Dictyosphaerium subsolitarium		.4	.7	1.3
Koliella sp.		3.0	1.6	3.8
Oocystis submarina v.variabilis		.2	.6	.6
Scourfieldia cordiformis		-	.1	.2
Sum .....		3.6	3.0	5.8
Chrysophyceae (Gullalger)				
Bitrichia chodatii		.3	.1	.5
Chromulina sp.		-	-	1.1
Chrysolykos skujai		1.2	.1	.5
Craspedomonader		.1	.3	.8
Dinobryon crenulatum		.6	-	-
Dinobryon cylindricum var.alpinum		.2	-	-
Mallomonas spp.		-	-	2.3
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		3.9	3.1	7.2
Phaeaster aphanaster		.2	-	-
Pseudokephyrion entzii		.3	.1	1.1
Små chrysonader (<7)		7.8	4.6	24.4
Store chrysonader (>7)		3.9	3.4	21.5
Ubest.chrysonade (Ochromonas sp.?)		.9	-	.5
Ubest.chrysophyce		-	-	.3
Sum .....		19.3	11.7	60.2
Bacillariophyceae (Kiselalger)				
Rhizosolenia eriensis (forma ?)		2.4	1.0	1.7
Tabellaria flocculosa		-	.3	-
Sum .....		2.4	1.3	1.7
Cryptophyceae				
Cryptaulax vulgaris		-	-	.3
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)		.3	-	-
Cryptomonas marssonii		1.4	1.8	.9
Cryptomonas spp. (l=24-28)		3.6	1.6	.8
Katablepharis ovalis		.6	.1	.5
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)		8.1	5.6	35.7
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)		-	-	1.7
Sum .....		14.0	9.1	39.9
Dinophyceae (Fureflagellater)				
Gymnodinium cf.lacustre		1.4	.5	1.0
Gymnodinium sp. (l=15-16)		.7	1.4	7.7
Peridinium inconspicuum		.4	.4	.8
Ubest.dinoflagellat		1.2	-	.8
Sum .....		3.7	2.3	10.3
My-alger				
Sum .....		8.7	8.9	9.5
-----				
Total .....		51.7	36.2	127.3
=====				

Tabell 8. Kvantitative planteplanktonprøver fra: Ardalsvatn st.3 (bl.pr.0-10 m dyp)  
Volum mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

GRUPPER/ARTER	Dato=>	920803	920831	920921
-----				
Chlorophyceae (Grønnalger)				
Dictyosphaerium subsolitarium		.2	.5	.8
Koliella sp.		3.2	2.0	8.2
Oocystis marssonii		.2	-	-
Oocystis submarina v.variabilis		.5	.2	.2
Scourfieldia cordiformis		-	-	.2
Sum .....		4.1	2.7	9.4
Chrysophyceae (Gullalger)				
Bitrichia chodatii		.3	-	.5
Chromulina sp.		.8	-	.5
Chrysococcus minutus		-	-	.5
Chrysolykos skujai		2.3	.3	.8
Craspedomonader		-	-	.1
Dinobryon crenulatum		3.6	-	.8
Dinobryon cylindricum var.alpinum		-	-	.3
Løse celler Dinobryon spp.		.4	-	-
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		6.9	3.9	7.9
Pseudokephyrion alaskanum		-	-	.2
Pseudokephyrion entzii		.5	-	.9
Små chrysomonader (<7)		19.7	7.4	21.5
Store chrysomonader (>7)		12.9	6.0	16.4
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)		1.1	.3	.5
Ubest.chrysophyceae		-	.3	-
Sum .....		48.3	18.1	50.8
Bacillariophyceae (Kiselalger)				
Rhizolenia eriensis (forma ?)		3.1	1.2	2.6
Sum .....		3.1	1.2	2.6
Cryptophyceae				
Cryptomonas marssonii		.6	.7	.2
Cryptomonas spp. (l=24-28)		2.4	2.0	2.8
Katablepharis ovalis		1.2	.2	.2
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)		6.6	12.2	46.1
Sum .....		10.8	15.1	49.4
Dinophyceae (Fureflagellater)				
Gymnodinium cf.lacustre		1.9	-	1.9
Gymnodinium sp. (l=15-16)		1.9	2.2	4.3
Peridinium inconspicuum		1.2	-	-
Ubest.dinoflagellat		3.2	.4	1.9
Sum .....		8.1	2.6	8.0
My-alger				
Sum .....		14.4	4.9	11.6
-----				
Total .....		88.8	44.5	131.8
=====				

Tabell 9... Kvantitative planteplanktonprøver fra: Ardalsvatn st.4 (bl.pr.0-10 m dyp)  
Volum mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

GRUPPER/ARTER	Dato=>	920803	920831	920921
<b>Chlorophyceae (Grønnalger)</b>				
Dictyosphaerium subsolitarium		.3	1.3	.8
Koliella sp.		3.9	2.4	3.8
Oocystis marssonii		-	-	.2
Oocystis submarina v.variabilis		-	.6	2.2
Scourfieldia cordiformis		-	.3	.2
Sum .....		4.2	4.5	7.3
<b>Chrysophyceae (Gullalger)</b>				
Chromulina sp.		.8	-	-
Chrysolykos skjaj		1.6	1.3	1.4
Craspedomonader		-	.5	.7
Dinobryon crenulatum		2.0	.8	.4
Dinobryon cylindricum var.alpinum		2.9	-	-
Løse celler Dinobryon spp.		.8	-	-
Mallomonas spp.		-	-	2.1
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		5.5	5.5	6.9
Pseudokephyrion entzii		.1	.7	.7
Sma chrysomonader (<7)		15.2	7.6	11.1
Store chrysomonader (>7)		8.6	9.5	6.0
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)		1.6	.8	.5
Ubest.chrysophyceae		-	.3	.3
Sum .....		39.1	26.9	30.2
<b>Bacillariophyceae (Kiselalger)</b>				
Rhizosolenia eriensis (forma ?)		3.4	2.4	4.1
Sum .....		3.4	2.4	4.1
<b>Cryptophyceae</b>				
Cryptomonas marssonii		.7	-	2.2
Cryptomonas spp. (1=24-28)		.8	1.2	3.6
Katablepharis ovalis		-	.5	-
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)		4.0	14.8	22.8
Sum .....		5.5	16.5	28.6
<b>Dinophyceae (Fureflagellater)</b>				
Gymnodinium cf.lacustre		9.3	1.9	2.8
Gymnodinium sp. (1=15-16)		1.7	1.7	2.4
Peridinium inconspicuum		.7	-	.4
Ubest.dinoflagellat		1.6	1.6	1.2
Sum .....		13.2	5.1	6.8
<b>Xanthophyceae (Gulgrønnalger)</b>				
Isthmochloron trispinatum		-	.6	-
Sum .....		-	.6	-
<b>My-alger</b>				
Sum .....		11.9	11.3	10.8
-----				
Total .....		77.3	67.4	87.8
=====				

Tabell 10 Bakteriologiske analyser fra stasjoner i Årdalsvatn 1992.

<u>Stasjon 1</u>	Dyp	Dato		
	m	3/8	31/8	21/9
Totalantall bakterier/ml 20 ° C	6	290	500	650
	30	320	> 3000	3500
Koliforme bakterier/100 ml 37 ° C	6	480	1660	1300
	30	910	84000	17200
Termotolerante bakterier/100 ml 44 ° C	6	65	64	140
	30	160	31000	6200

<u>Stasjon 2</u>	Dyp	Dato		
	m	3/8	31/8	21/9
Totalantall bakterier/ml 20 ° C	6	30	140	65
	30	50	60	200
Koliforme bakterier/100 ml 37 ° C	6	57	360	42
	30	115	170	210
Termotolerante bakterier/100 ml 44 ° C	6	12	53	7
	30	23	34	60

<u>Stasjon 3</u>	Dyp	Dato		
	m	3/8	31/8	21/9
Totalantall bakterier/ml 20 ° C	6	45	100	140
	30	45	85	170
Koliforme bakterier/100 ml 37 ° C	6	30	82	20
	30	88	95	280
Termotolerante bakterier/100 ml 44 ° C	6	7	3	4
	30	10	22	66

<u>Stasjon 4</u>	Dyp	Dato		
	m	3/8	31/8	21/9
Totalantall bakterier/ml 20 ° C	6	20	30	110
	30	65	40	90
Koliforme bakterier/100 ml 37 ° C	6	13	58	72
	30	63	40	85
Termotolerante bakterier/100 ml 44 ° C	6	0	2	14
	30	4	2	18

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2258-8