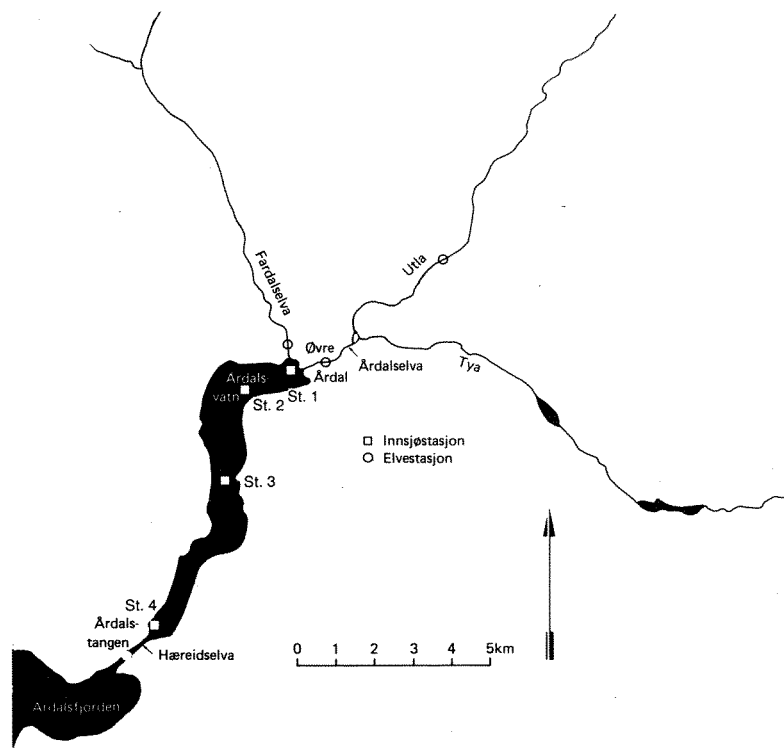




O-90143

Undersøkelser av Årdalsvatn 1990



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 89

Sørlandsavdelingen
Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752
Telefax (065) 78 402

Vestlandsavdelingen
Breiviken 5
5035 Bergen-Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

| |
|-------------------------|
| Prosjektnr.: 0-90143 |
| Undernummer: |
| Løpenummer: 2563 |
| Begrenset distribusjon: |

| | |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Rapportens tittel: Undersøkelser av Årdalsvatn 1990 | Dato: 20. des. 1990 |
| | Prosjektnummer: 0-90143 |
| Forfatter (e): Pål Brettum | Faggruppe: VASSDRAG |
| | Geografisk område: Sogn og Fjordane |
| | Antall sider (inkl. bilag): 32 |

| | |
|------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Oppdragsgiver: Årdal kommune ved Teknisk état | Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.): |
|------------------------------------------------------|----------------------------------|

| |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ekstrakt: <p>Formålet med undersøkelsen var å se om vannkvaliteten i Årdalsvatn hadde endret seg. Bakgrunnen var at avløpsvann fra Øvre Årdal i en lengre periode, minst ett år, var sluppet urensset ut i Årdalsvatn, da renseanlegget ved Farnes ikke fungerte. Også i tidligere perioder var effekten av renseanlegget lite tilfredsstillende. Nytt renseanlegg ble satt i drift i november 1990. Resultatene av undersøkelsene i 1990 er også ment å være et grunnlag for senere undersøkelser og kontroll av vannkvaliteten i Årdalsvatn. Resultatene fra 1990 og sammenligning med tidligere undersøkelser viser ingen nevneverdige endringer av vannkvaliteten.</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

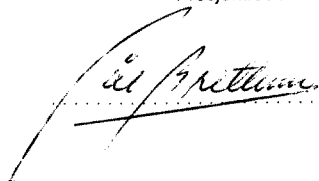
4 emneord, norske:

1. Resipientundersøkelser 1990
2. Årdalsvatn
3. Vannkjemi
4. Planteplankton
5. Bakteriologi

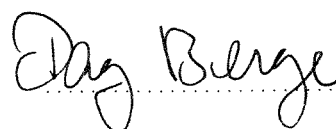
4 emneord, engelske:

1. Recipient surveillance 1990
2. Lake Årdalsvatn
3. Water chemistry
4. Phytoplankton
5. Bacteriology

Prosjektleder:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-1876-9

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-90143

UNDERSØKELSER I ÅRDALSVATN 1990

20. Desember 1990

Saksbehandler: Pål Brettum

FORORD

Årdal kommune, ved Teknisk etat, rettet i første halvdel av juli en henvendelse til NIVA om å sette opp og gjennomføre et enkelt undersøkelsesprogram for undersøkelse av vannkvaliteten i Årdalsvatn. Bakgrunnen var at renseanlegget for kommunale utslipp ved Farnes i Øvre Årdal i Årdalsvatnets nordre ende, siden høsten 1989 på det nærmeste ikke hadde vært i funksjon. Det kommunale avløpsvann fra Øvre Årdal hadde derfor i denne perioden gått praktisk talt urenset ut i Årdalsvatnet. Nytt renseanlegg var på det tidspunktet under bygging, og kom i gang i november 1990.

Årdal kommune, ved Teknisk etat, ønsket derfor å få undersøkt om denne perioden på ca 1 år med urensede kommunale utslipp til Årdalvatnet hadde endret vannkvaliteten i Årdalsvatnets vannmasser.

I møte 25. juli 1990 i Årdal mellom teknisk sjef, rådmann og representant fra NIVA (Pål Brettum) kom en til enighet om et undersøkelsesprogram.

Første prøvetakingsserie ble samlet inn av Pål Brettum sammen med lokale representanter i forbindelse med dette møte. To nye prøvetakingsserier ble foretatt i august og september av Magne Eldegard fra Årdal kommune, og sendt til NIVA for analyse.

Bakteriologiske prøver ble bearbeidet ved Sogn off. kjøtt- og næringsmiddelkontroll i Sogndal.

Kjemiske analyser er utført ved NIVAs kjemiske laboratorium og analyse av de kvantitative planteplanktonprøver er utført av Pål Brettum som også har skrevet og står ansvarlig for utformingen av denne rapporten.

Oslo, 20. desember 1990

Pål Brettum
Forsker

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | Side |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER | 4 |
| 2. INNLEDNING | 6 |
| 2.1 Områdebeskrivelse | 6 |
| 2.2 Kommunale utslipp i området | 6 |
| 2.3 Målsetning og undersøkelsesprogram | 7 |
| 3. RESULTATER OG DISKUSJON | 9 |
| 3.1 Nedbørforholdene | 9 |
| 3.2 Vannføring | 9 |
| 3.3 Fysisk-kjemiske forhold | 12 |
| 3.3.1 Temperatur og siktedyp | 13 |
| 3.3.2 Surhetsgrad, alkalitet, konduktivitet, turbiditet og farge | 13 |
| 3.3.3 Næringssalter, fosfor og nitrogen | 14 |
| 3.3.4 Totalt organisk karbon (TOC) og klorid | 15 |
| 3.4 Planteplankton | 16 |
| 3.5 Bakteriologiske forhold | 18 |
| 4. FORSLAG TIL OPPFØLGINGSPROGRAM FOR KONTROLL AV VANNKVALITETEN | 21 |
| 5. LITTERATUR | 22 |
| VEDLEGG | 23 |

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Formålet med undersøkelsene i Årdalsvatnet i 1990 var å få et begrep om vannkvaliteten i innsjøen og om denne hadde endret seg nevneverdig. Bakgrunnen var at avløpsvann fra Øvre Årdal over en lengre periode, minst ett år, hadde passert det gamle renseanlegget ved Farnes i urensset tilstand. Effekten av rensingen i det gamle anlegget hadde også vært svært variabel og tildels liten i perioder før dette siste året.

Kommunen i Årdal, ved Teknisk etat, ønsket å få vite om i hvor stor grad perioden med tilførsler av urensset avløpsvann hadde påvirket vannkvaliteten, samtidig som resultatene av undersøkelsene i 1990 skulle være et grunnlag for senere vurderinger av eventuelle endringer i vannkvaliteten i Årdalsvatnet. Nytt renseanlegg ved Farnes i Øvre Årdal ble satt i drift i november 1990.

Fysisk/kjemiske parametre, kvantitative planteplanktonprøver og bakteriologiske prøver ble samlet inn og analysert fra fire stasjoner i innsjøen på tre ulike datoer i 1990; 25. juli, 20. august og 17. september. Som grunnlag for å vurdere eventuelle endringer i vannkvaliteten ble benyttet resultater fra tidligere undersøkelser i Årdalsvatnet utført i 1970 (Kristiansen 1971, Grande 1971), i 1984 (Baalsrud og medarb. 1986) og i 1988 (Faafeng og medarb. 1990, enkeltresultater oppbevart ved NIVA for SFT).

Resultatet av en slik sammenligning ga som konklusjon at en ikke kunne se noen nevneverdige endringer i vannkvaliteten.

De bakteriologiske analysene viste riktig nok høyere verdier, og 17. september ekstremt høyere verdier på stasjon 1, enn tilsvarende resultater fra 1970. Dette skyldes sannsynligvis at stasjonen var lagt tett opp til utslippsstedet for renseanlegget på Farnes i 1990, mens den i 1970 (stasjon 0) lå 400-500 m unna utslippsstedet. 17. september 1990 ble prøvene fra 30 m dyp antagelig tatt rett ut for utslippet, derfor de ekstreme verdiene. Resultatene viser imidlertid at utslippene ganske raskt fortynnes. Ved kraftig vannføring i elvene Tya og Fardalselva kan det virke som om vannmassene rundt utslippsstedet blir liggende i en "bakevje" og utskiftingen der går tregere. Strømforholdene i denne delen av innsjøen bør derfor kartlegges og eventuelt nytt utslippssted vurderes.

Resultatene, særlig av de bakteriologiske forholdene, viste at i 1990 var det en klar forbedring av vannkvaliteten fra stasjon 1 til stasjon 4. Vannkvaliteten på stasjon 4 ved Årdalstangen må betegnes som god.

Med det nye renseanlegget i funksjon bør det foretas rutinemessig kontrollovervåking av vannet først og fremst gjennom bakteriologiske analyser, men også, med større intervaller, ved mer omfattende undersøkelser av fysisk-kjemiske og biologiske forhold.

2. INNLEDNING

2.1 Områdebeskrivelse

Årdalsvassdraget har et nedbørfelt på 965 km². Det meste av vassdraget ligger i Årdal kommune i Sogn og Fjordane fylke, men deler av vassdraget også i Luster kommune foruten i Vang kommune i Oppland fylke. Det meste av nedbørfeltet omfattes av høyfjell. Største tilløpeselver er Tya, Utle og Fardalselva. Berggrunnen består for det meste av skyvedekkenes bergarter, som er tungt oppløselige, overveiende basiske dypbergarter. Deler av nedbørfeltet består av Valdres-sparagmitt (feltspatførende sandstein). Øverst i Tyadalen består berggrunnen av kambrosilurisk fyllitt med innslag av kvarts. Denne forvitrer lett og gir godt jordsmonn. I området vest for Årdalsvatnet består berggrunnen av trondhemitt, en lys granitt-type. I nedbørfeltet øst for Årdalsvatnet og Tyin er områder med overveiende sure dypbergarter. Mesteparten av nedbørfeltet har lite løsavsetninger med store områder bart fjell. Nederst i vassdraget er det mektige rester etter breelvdelta med sand og grus.

2.2 Kommunale utslipp i området

Ca 90% av Årdal kommunes befolkning bor i industristedene i Øvre Årdal (ca 4000 personer) og Årdalstangen (ca 2000 personer) henholdsvis ovenfor og nedenfor Årdalsvatnet som er ca 9 km langt, regnet etter dyprennen.

På Årdalstangen er det to utslipp av urensset kommunalt avløpsvann til grunne områder i Årdalsfjorden. I Øvre Årdal blir det kommunale avløpsvannet ført til renseanlegget på Farnes. Det gamle anlegget ble bygget i 1954. Dette var et biologisk renseanlegg med filter og for- og ettersedimentering. Renseanlegget har vært belastet med store mengder infiltrasjonsvann. Den biologiske delen av rensingen har fungert dårlig og forsedimenteringen har vært overbelastet. Fra november 1990 er et nytt renseanlegg i området satt i drift.

I det minste det siste året frem til november 1990 og igangsettingen av det nye anlegget, har det kommunale avløpsvannet fra Øvre Årdal gått praktisk talt urensset ut i Årdalsvatnet. Utløpet fra renseanlegget er i området øst for utløpet av Fardalselva på ca 30 m dyp.

Kommunalt søppel fra området samles til et forbrenningsanlegg på Geithus ved riksveien omtrent midt på Årdalsvatnet, og asken derfra fraktes til en grovavfallsplass i Utladalen.

Øvre Årdal får sitt drikkevann fra Tyin-Torolmen. Årdalstangen fikk tidligere sitt drikkevann fra Årdalsvatnets søndre del, men drikkevannet tas i dag fra grunnvannet i løsmassen på nordvest-siden av Hæreidselva. Årdalvatnet er imidlertid reservevannkilde, og også vannkilde for Hydro Aluminium's anlegg på Årdalstangen, både til prosess- og konsumvann.

2.3 Målsetning og undersøkelsesprogram

I en periode på minst et år fra høsten 1989 til senhøsten 1990, kanskje lenger, gikk det kommunale avløpsvann fra Øvre Årdal via Farnes renseanlegg praktisk talt urensset ut i Årdalsvatnet, da anlegget ikke fungerte. Målsetningen med denne undersøkelsen fra Årdal kommunes side var derfor å få vurdert om dette hadde påvirket vannkvaliteten i vannmassene i Årdalsvatnet.

Som grunnlag for en slik vurdering ble det på tre tidspunkter i 1990, 25. juli, 20. august og 17. september samlet inn og analysert kvantitative planteplanktonprøver, prøver for fysisk-kjemiske analyser og bakteriologiske prøver fra fire stasjoner i Årdalsvatnet. Stasjonsplasseringene er avtegnet på kartskissen på figur 1.

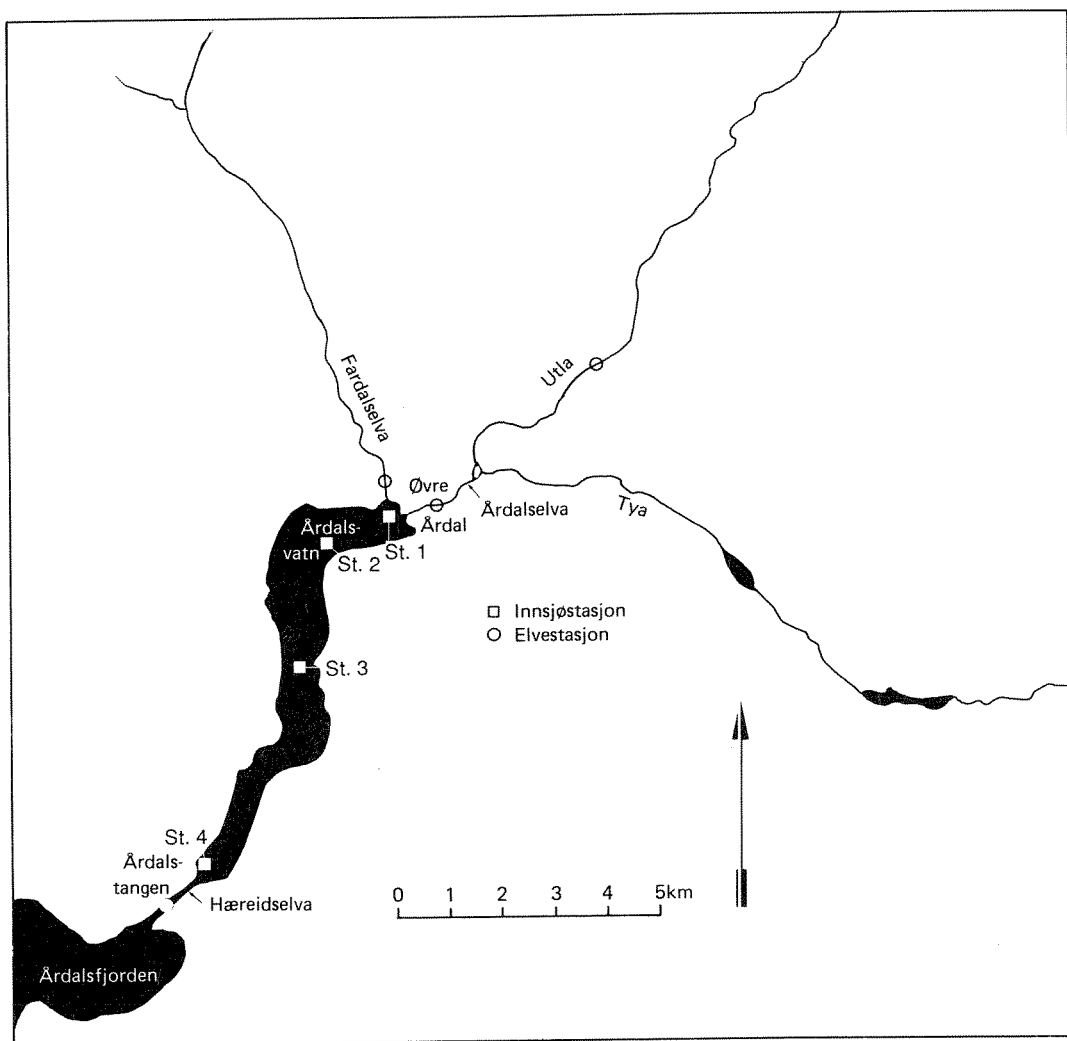
Planteplanktonprøvene ble samlet inn som blandprøver i vannsjiktet 0-10 m dyp på hver stasjon.

Fysisk-kjemiske prøver ble samlet inn som blandprøver i vannsjiktet 0-10 m dyp og fra 30 m dyp på hver stasjon.

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

Samtidig med disse prøvetakingene ble det på hver stasjon målt siktedyp foruten vanntemperaturen i ulike dyp. Stasjon 1 ble forsøkt plassert i området ved utslippet fra Farnes renseanlegg, stasjon 2 ca 1-1.5 km sørvest for stasjon 1, stasjon 3 rett ut for forbrenningsanlegget på Geithus, som er det dypeste området, og stasjon 4 i området for utløpet av Årdalsvatnet. Stasjon 3 var hovedstasjon for prøvetaking ved undersøkelsene i 1983-84 (Baalsrud og medarb. 1986).

Stasjon 4 er tatt med fordi kommunen ønsket å se på vannkvaliteten i innsjøen i dette området, siden Årdalstangen bruker denne delen av Årdalsvatnet som reservevannkilde for drikkevann.



Figur 1 Prøvetakingsstasjoner i Årdalvatn 1990.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Nedbørforholdene

Øvre Årdal er ikke helt representativ for nedbørforholdene i hele nedbørfeltet for Årdalsvatnet. Slike indre fjordstrøk vil ofte ligge delvis i regnskyggen, og nedbøren er derfor mindre på årsbasis enn f.eks. i deler av fjellområdene. Årsmiddel på 610 mm i Øvre Årdal er lite sammenlignet med stasjoner i fjellet som har opp til 1500 mm. Imidlertid får en anta at den relative variasjon fra måned til måned i store trekk vil være forholdsvis lik for de ulike målestasjoner i området.

På figur 2 er satt opp månedssum nedbør for de tre årene 1984, 1988 og 1990 sammen med månedsnormalen for stasjonen i Øvre Årdal.

I 1984 og 1988 var det liten nedbør i vintermånedene i Øvre Årdal. Hvis en antar at dette også var tilfelle i fjellområdene, var det relativt lite snø disse to årene, og dermed mindre avsmelting utover vår og sommer og mindre flomintensitet og gjennomstrømningshastighet i vannmassene i Årdalsvatn.

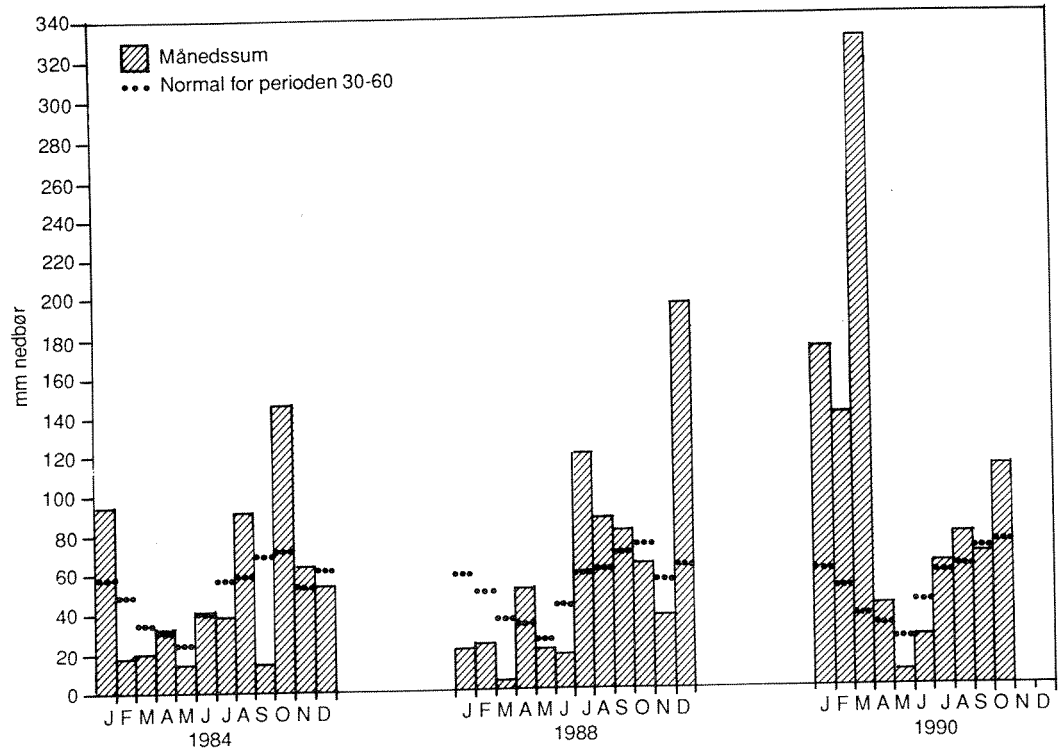
I 1990 kom det, til forskjell fra dette, svært store nedbørsmengder i vintermånedene. I mars hele 940% av normal nedbør! Dette førte til store snømengder i fjellet. Ved avsmeltningen ga dette stor vannføring i elvene og kraftig gjennomstrømning av vannmassene i Årdalsvatn.

Stor gjennomstrømning og turbulente vannmasser virker dempende på planteplanktonvekst, og dessuten har det en fortynnende og dermed rensende effekt på utslipp til vannmassene.

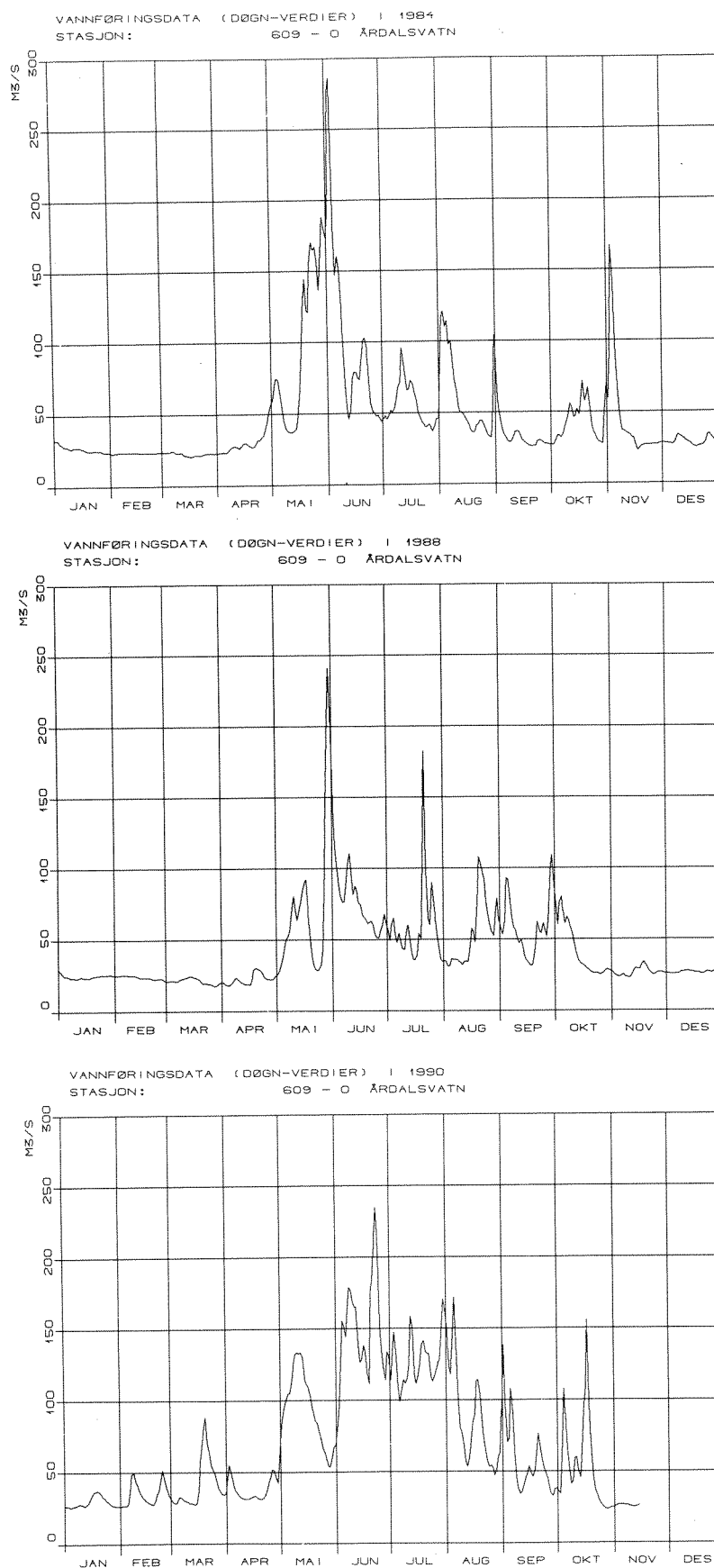
3.2 Vannføring

I tabell 1 er satt opp månedsmiddel for årene 1984, 1988 og 1990 ved målestasjonen i Hæreidselva (utløp av Årdalsvatn). Som sammenligning er tatt med månedsmiddel som gjennomsnitt for hele perioden 1981-1990.

I fig. 3 er vist vannføringsdata fra samme stasjon som døgnmiddel i de samme tre årene. Vannføringsdataene viser at det i 1990 var en kraftig avrenning sammenlignet med gjennomsnittet, i juni, juli og delvis i august. Verdiene lå betydelig over måleresultatene for 1988, da resultatene i stor grad lå under gjennomsnittet. Dette skulle tilsi at det var større gjennomstrømning og mer turbulente vannmasser i 1990 i denne perioden enn hva som var tilfelle i 1988.



Figur 2 Månedlig nedbør for årene 1984, 1988 og 1990 på målestasjon 1424 Øvre Årdal.



Figur 3 Variasjoner i vannføring (døgnmiddel) i Hæreidselva, utløpet fra Årdalsvatnet, i årene 1984, 1988 og 1990.

Det var altså en lengre periode med stor vannføring i 1990 sammenlignet med 1984 og 1988, noe som gjenspeiler de store snømengdene som kom vinteren 1989-90 i fjellområdene i nedbørfeltet (se kapittel 3.1), og som førte til mye smeltevann store deler av sommeren.

Tabell 1 Vannføringen som månedsmiddel i Hæreidselva for 1984, 1988 og 1990. Månedsmiddel for perioden 1981-1990 er tatt med som sammenligning

| Måned | Middelvannf. for 1981-1990 m ³ /s | Vannføring m ³ /s | | |
|-----------|----------------------------------------------------|------------------------------|------|-------|
| | | 1984 | 1988 | 1990 |
| Januar | 26.9 | 26.5 | 24.8 | 29.2 |
| Februar | 26.3 | 23.3 | 23.9 | 35.2 |
| Mars | 25.5 | 22.3 | 21.1 | 41.5 |
| April | 29.6 | 29.9 | 22.3 | 38.8 |
| Mai | 76.8 | 99.2 | 72.8 | 94.3 |
| Juni | 99.4 | 101.3 | 77.6 | 148.7 |
| Juli | 76.5 | 55.3 | 59.8 | 128.0 |
| August | 62.0 | 61.9 | 54.0 | 86.3 |
| September | 49.2 | 32.9 | 58.8 | 57.4 |
| Oktober | 49.0 | 43.9 | 41.7 | 53.9 |

3.3 Fysisk-kjemiske forhold

Analyseresultatene for de fysisk-kjemiske parametrene på de fire prøvetakingsstasjonene i 1990 er gitt i tabell 2 i vedlegget. Der er også en tabell for temperaturforholdene (tabell 3).

Analysemetodikken for pH, alkalitet, konduktivitet, turbiditet, farge og klorofyll a følger Norsk Standard (NS). For næringssaltene fosfor 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 suppressorkolonne).

3.3.1 Temperatur og siktedyp

Temperaturmålingene i undersøkelsesperioden viser at det i hovedtrekk var sirkulering av vannmassene i de øverste 30 m i august og september. I juli var det en svak tendens til sjiktning. Ved måletidspunktene lå overflatelagens temperatur rundt 10-11 °C.

Den lave temperaturen avspeiler stor tilførsel av smeltevann fra de høyereliggende områdene i nedbørfeltet pga. store snømengder som lå langt utover sommeren.

Siktedypet varierte mellom 7.5 og 9.5 m, noe som viser påvirkning av brepartikler, men påvirkningen var ikke så stor som under undersøkelser i 1988 da brepartikkelpåvirkningen i sommersesongen førte til et siktedyp på bare 3-4 m (data lagret ved NIVA for SFT). Utenom smelteperiodene kan siktedypet gå ned til 13 m som registrert i mai 1984 (Baalsrud og medarb. 1986).

Innsjøens visuelle farge og siktedyp varierer med vannmassenes innhold av brepartikler. Innholdet av planktonalger og annet organisk materiale er av helt underordnet betydning i denne sammenheng.

3.3.2 Surhetsgrad, alkalitet, konduktivitet, turbiditet og farge

Vannets surhetsgrad (pH-verdi) varierte mellom 6 og 6.8 (tabell 2 i vedlegget) i undersøkelsesperioden, noe som viser en svak sur vanntype. Dette er samme nivå som resultatene fra undersøkelsene i 1970 (Kristiansen 1971 og Grande 1971), i 1984 (Baalsrud og medarb. 1986) og i 1988 (data lagret ved NIVA for SFT).

Alkaliteten lå i 1990 mellom 0.037 og 0.062 mmol/l som viser en lav bufferkapasitet. Også for denne parameteren var nivået det samme som ble registrert ved tidligere undersøkelser.

Ledningsevnen (konduktiviteten) 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 i juli da den var noe høyere, særlig på de to nordligste stasjonene (st. 1 og 2). Variasjonsbredden og nivået for konduktivitet var også det samme som ble registrert ved analysene fra tidligere undersøkelser (Kristiansen 1971, Grande 1971, Baalsrud og medarb. 1986 og data ved NIVA for SFT for 1988).

Vannets innhold av partikler (turbiditet) varierer en del avhengig av brepartikkelpåvirkningen. Verdiene i 1990 lå mellom 0.5 og 1.5 F.T.U., de fleste målingene dog mellom 0.5 og 1 F.T.U. Mye av tilførslene til

vannet er finfordelte partikler, som ikke gir så store utslag i turbiditeten, men som kan være effektive lysspredere. I 1984 (Baalsrud og medarb. 1986) lå turbiditeten mellom 0.6 og 1 mS/m, altså samme nivå som i 1990.

Forøvrig ingen sammenlignbare resultater fra tidligere undersøkelser for denne parameter.

Vannets innhold av organiske stoffer, humusstoffer o.l. var meget lavt og dette ga svært lave verdier for filtrert farge, varierende i 1990 mellom 1.6 og 3 mg Pt/l. Dette var for det meste noe lavere enn ved målingene i 1984 (Baalsrud og medarb. 1986), selv om det da var en del variasjoner.

3.3.3 Næringssalter, fosfor og nitrogen

I 1990 ble det for det meste målt lave verdier for fosfor- og nitrogenkonsentrasjonene, 2-3 µg P/l totalfosfor og 110 til 237 µg N/l totalnitrogen i blandprøvene 0-10 m dyp. Bare på stasjon 4 ved Årdalstangen var det litt høyere verdi for totalfosfor i juli og august, 4-6 µg P/l (tabell 2 i vedlegget). Mengden av ortofosfat, det vil si fosfor tilgjengelig for algevekst var hele tiden liten i blandprøvene, mindre enn 1 µg P/l.

Nitratverdiene lå i undersøkelsesperioden mellom ca 65 og 80 µg N/l. Dette viser at fosfor er begrensende næringssalt for algevekst i Årdalsvatn.

Enkeltobservasjoner med høye verdier for totalfosfor i bunnvannet ble registrert. For eksempel den 17. september 1990 på stasjon 1 ble det registrert 15 µg P/l. Dette henger sannsynligvis sammen med at prøvene da ble tatt nær utslippet for renseanlegget, noe også de bakteriologiske prøvene fra denne dato viser (se kap. 3.5). Den forhøyede verdien på stasjon 2 i bunnvannet 25. juli er det derimot vanskelig å forklare. Reanalyse av prøven ga samme resultat.

Sammenligner en verdiene for totalfosfor og totalnitrogen i blandprøvene fra 1990 med analyseresultatene av prøvene fra 1984 (Baalsrud og medarb. 1986) og 1988 (Faafeng og medarb. 1990) viser disse endel høyere verdier i 1984 (mellom 3.5 og 5 µg P/l) og også i 1988 (middelverdi) for totalfosfor (enkeltverdiene i 1988 varierte mellom 4.5 og 7 µg P/l). Ortofosfat lå i 1984 på omtrent samme nivå som i 1990. I 1988 ble ikke ortofosfat analysert.

Totalnitrogen og nitrat lå i 1984 omkring det samme nivå som i 1990, i

1988 lå totalnitrogen omtrent på samme nivå eller noe lavere.

Ved undersøkelsen i 1970 (Kristiansen 1971) varierte totalfosfor mellom 4 og 12 $\mu\text{g P/l}$. Det har imidlertid skjedd en endring i analysemetodikk frem til målingene i 1980-årene og 1990, slik at en ikke uten videre kan sammenligne disse.

Variasjonene i totalfosfor vil i stor grad avspeile mengden av bretilførslene til vannmassene, da en stor del av totalfosforet vil være knyttet til brepartiklene. Usikkerhetene tatt i betraktning, kan det ikke påvises signifikante endringer i næringssaltinnholdet.

3.3.4 Totalt organisk karbon (TOC) og klorid

Disse to parametrene viser lave verdier, med en tendens til forhøyede verdier på stasjon 1 i juli 1990. Dette gjenspeiler påvirkning på vannmassene av utslippet fra renseanlegget ved Farnes. Ved kraftig gjennomstrømning av vannmassene i Årdalsvatn pga. avsmelting og stor vannføring i tilløpselvene, vil området rundt utslippet muligens til en viss grad bli liggende i en "bakevje" og dermed få en tregere utskiftning av vannmassene. I juli 1990 var det relativt stor vannføring i Hæreidselva ut av Årdalsvatnet (se fig. 3), noe som viser stor vannføring også i tilløpselvene.

Strømforholdene i innsjøen ved området nær Farnes på ulike vannføringer i elvene bør kartlegges for å se om det vil være bedre å legge utslippsstedet fra renseanlegget et annet sted.

3.4 Plantep plankton

I 1990 ble det samlet inn kvantitative planteplanktonprøver fra de fire stasjoner i Årdalsvatn ved tre tidspunkter, 25. juli, 20. august og 17. september. Prøvene var blandprøver fra vannsjiktet 0-10 m dyp. Analysene er utført etter metoder beskrevet av Utermöhl (1958) og Brettum (1984). Analyseresultatene er gitt i tabellene 4-7 (se vedlegg) og i figur 4.

Som det fremgår av tabellene og figuren var det på alle de fire stasjonene på de nevnte tidspunkter et meget beskjedent totalt planteplanktonvolum, stort sett i underkant av $100 \text{ mm}^3/\text{m}^3$.

Gruppen Chrysophyceae (gullalger) var den viktigste algegruppen på alle stasjonene, med ulike former for små chrysomonader som de mest fremtredende arter. Prosentvis hadde gruppen Dinophyceae (fureflagellater) en viss betydning i algesamfunnet. Det samme var også tilfelle med gruppen "µ-alger" (små kuleformete, ikke nærmere identifiserte former med diameter 2-4 µm). Andre grupper som (Chlorophyceae) grønnealger og Cryptophyceae var av underordnet betydning.

På stasjon 3, rett ut for forbrenningsanlegget ved Geithus, ble det samlet inn og analysert planteplanktonprøver også i 1984 og 1988. I 1984 ble planteplanktonprøver analysert i forbindelse med en generell undersøkelse av vannkvaliteten i Årdalsvatn (Baalsrud og medarb. 1986), mens undersøkelsene i 1988 ble utført i forbindelse med en større undersøkelse av 355 innsjøer i hele Norge, hvor Årdalsvatnet var en av innsjøene (Faafeng og medarb. 1990, enkeltresultater lagret ved NIVA for SFT).

Sammenligner en resultatene for disse to årene med resultatene i 1990 ser en at det i 1984 var et totalvolum for planteplankton gjennom vekstsesongen og en sammensetning av arter og grupper svært lik det en registrerte i 1990, selv om arter innen gruppen Cryptophyceae i 1990 ble observert med bare noen få individer.

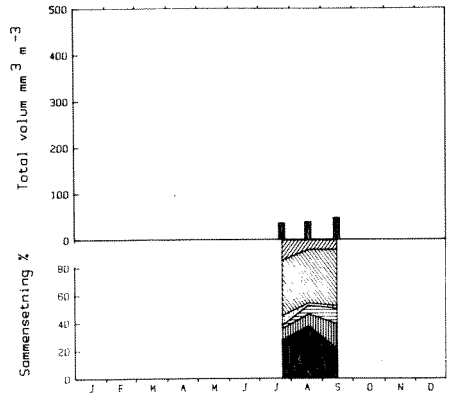
I 1988 var sammensetningen i store trekk den samme som en registrerte både i 1984 og 1990, men maksimum totalvolum var noe større, ca $260 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ i slutten av juli.

Både resultatene i 1984, 1988 og 1990 viser imidlertid et nivå for totalvolum og en sammensetning av planteplanktongrupper og -arter som er karakteristisk for næringsfattige, oligotrofe eller ultraoligotrofe vannmasser. Analyseresultatene for planteplankton viser at det i denne perioden ikke har skjedd noen endring i vannkvaliteten som har økt vekstpotensialet for denne organismegruppen. Det har ikke skjedd noen økning i mengdene av tilgjengelige næringsstoffer for algevekst i vannmassene.

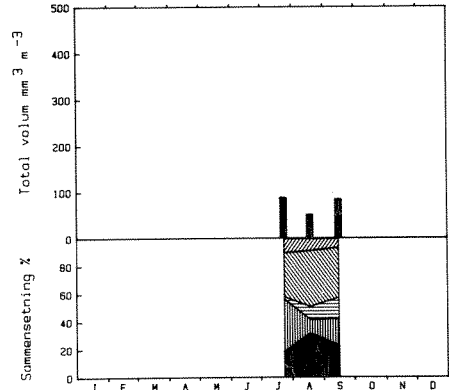
TEGNFORKLARING

- CHLOROPHYCEAE (Grønnalger)
- CHRYSOPHYCEAE (Gullalger)
- BACILLARIOPHYCEAE (Diatomalger)
- CRYPTOPHYCEAE
- DINOPHYCEAE (Furuflagellater)
- MYKALGER

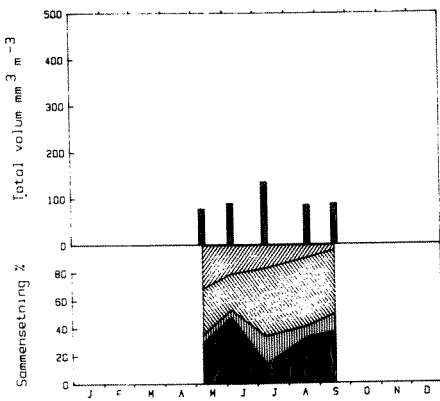
St. 1 1990



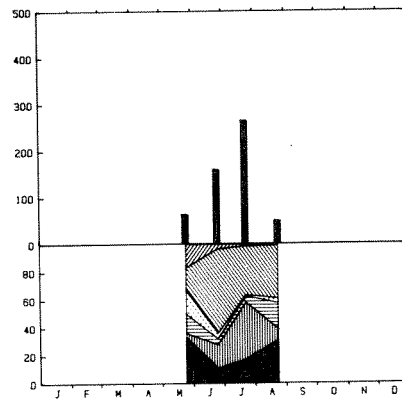
St. 2 1990



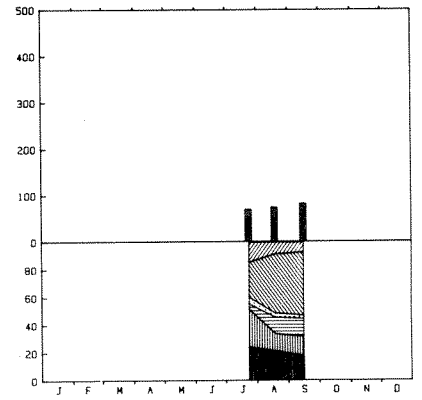
St. 3 1984



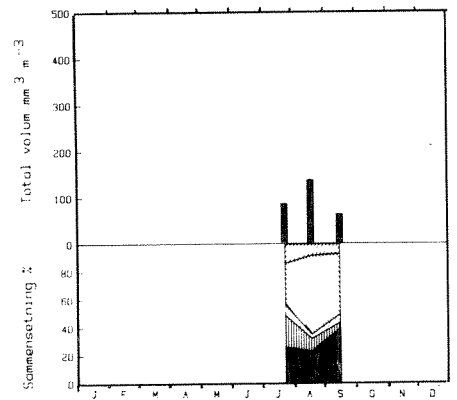
St. 3 1988



St. 3 1990



St. 4 1990



Figur 4 Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Årdalsvatn i 1990, sammenlignet med observasjoner i 1984 og 1988.

3.5 Bakteriologiske forhold

I tabell 8 er satt opp analyseresultater for bakteriologiske analyser av prøver samlet inn på de fire stasjonene i Årdalsvatnet i 1990. Det er totalantall bakterier/ml ved 20°C og koliforme bakterier/100 ml ved 37°C samt termostabile koliforme bakterier/100 ml ved 44°C. Prøvene ble tatt fra 6 m og 30 m dyp på hver stasjon.

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. Termostabile koliforme bakterier (44°C) er et mål på sikre mengder av slike tarmbakterier. Mengden av termostabile koliforme bakterier i forhold til koliforme bakterier totalt, er et mål på hvor fersk denne forurensningen er.

Dersom mengden av termostabile 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 påvirkninger av kloakkvann, og eventuell annen tilførsel av organisk materiale til vannmassene.

Av tabellen fremgår det, som en kunne vente, at det er høyest bakterieinnhold på stasjon 1, nær utslippsstedet for renseanlegget ved Farnes i Øvre Årdal, og at bakterieinnholdet avtar i vannmassene mot utløpet av Årdalsvatnet ved Årdalstangen (stasjon 4). Særlig er det innholdet av koliforme bakterier som viser denne tendensen.

Den samme tendensen ble også registrert ved bakterieanalyser i 1970 (Kristiansen 1971). Disse resultatene er sammenstilt i tabell 9 i vedlegget.

Ved målingene i 1990 var det i de fleste tilfelle markert høyere innhold av koliforme bakterier i 30 m dyp enn i 6 m dyp. Ser en på resultatene fra stasjon 1, nær utslippsstedet fra renseanlegget på Farnes, viser disse ved målingene 25. juli og 20. august, høye, men ikke ekstreme verdier hverken for kimtall eller koliforme bakterier, mens det ved målingene fra 17. september var ekstremt høye verdier både for kimtall og koliforme bakterier i 30 m dyp, men ikke i 6 m dyp. Dette henger etter all sannsynlighet sammen med at prøvene fra 17. september på 30 m dyp ble tatt nær selve utslippsstedet, mens det de to andre datoene ble samlet prøver et stykke unna selve utslippsstedet, og at utslippene dermed er blitt fortynnet. Dette viser at utslippene blir forholdsvis raskt fortynnet og spredt i

vannmassene.

På de andre stasjonene er innholdet av termostabile koliforme bakterier i 6 m dyp lik null eller forholdsvis lavt. På stasjon 4 ved Årdalstangen ble det ikke registrert termostabile koliforme bakterier i 6 m dyp, mens det på denne stasjonen i 30 m dyp til tider ble registrert noen få.

Gjennomstrømningshastigheten i vannmassene i Årdalsvatnet vil også her være med på å avgjøre hvor mye en finner av koliforme bakterier på de andre stasjonene i innsjøen i forhold til stasjon 1.

Ser en på resultatene fra 1970 (Kristiansen 1971) viser disse at de bakteriologiske forholdene i Årdalsvatnet da ikke var svært forskjellige fra det en registrerte i 1990. Her må det innskytes at analysemetodene den gang var noe forskjellig fra de som brukes i dag, men i store trekk skulle en kunne gjøre visse sammenligninger.

Stasjonen nærmest utslippet den gang (stasjon 0) var lenger unna utslippsstedet, ca 400-500 m, enn hva tilfellet var i 1990, og dette vil selvfølgelig innvirke på resultatene. Tendensen den gang var at det til tider var høyere verdier lenger opp i vannmassene (3 m dyp) enn i 30 m dyp, mens det motsatte var tilfelle i 1990 (6 m og 30 m dyp). Da det som oftest ikke blir registrert noen termisk sjiktning i vannmassene i Årdalsvatnet, eller bare en svak sjiktning, må en imidlertid regne med variasjoner i analyseresultatene når en sammenligner resultatene fra de to dyp fra hver stasjon.

Analyseresultatene fra 1990 viser ingen store endringer, snarere en bedring av vannmassene med hensyn på bakterieinnhold sammenlignet med 1970. Særlig på stasjon 4 ved Årdalstangen ser det ut som om forholdene er blitt bedre, slik at vannmassene i den delen av innsjøen må betegnes som gode.

Som vurderingsgrunnlag for vannkvaliteten med hensyn på bruken som drikkevann er benyttet "Vannkvalitetskriterier for ferskvann" utarbeidet av Statens forurensningstilsyn (SFT) og "Kvalitetsnormer for drikkevann" utarbeidet av Statens institutt for folkehelse (SIFF).

Ut fra de kriterier som der er gitt må vannkvaliteten ut fra en samle vurdering sies å være god på st. 4 ved Årdalstangen. Vurderingen er basert på resultatene fra 6 m dyp for de bakteriologiske analysene og blandprøve 0-10 m dyp for de kjemiske analysene. Det forutsettes at vannet blir desinfisert før det går ut på nettet (noe høyere tall for koliforme bakterier, 37°C, enn forskriftene for god kvalitet tilsier).

Kommunen ønsket også en vurdering med hensyn til bading. I den grad bading er aktuelt ut fra de temperaturmessige forhold, skulle dette ikke komme i konflikt med drikkevannsinteressene så sant ikke badingen foregår tett ved inntaket i Årdalsvatnets sørende. Vannkvaliteten er velegnet for bading. I nordenden bør bading ikke foregå i det nærmeste området rundt utslippsstedet. De bakteriologiske forholdene ved stasjon 1 (utslippsstedet), viser til tider verdier som overskrider grensene for god badevannskvalitet.

4. FORSLAG TIL OPPFØLGINGSPROGRAM FOR KONTROLL AV VANNKVALITETEN

Det nye renseanlegget for det kommunale avløpsvannet fra Øvre Årdal vil i første omgang ikke få annet enn mekanisk rensing. Dette fjerner ikke næringssaltinnholdet (fosfor og nitrogen). Hovedvannmassene i Årdalsvatnet vil kunne tåle en begrenset økning i næringssaltinnholdet uten at det vil føre til noen ugunstig økning av planteplanktoninnholdet. Mer betenkelig er det at strendene ved Øvre Årdal, der en eventuell økning i næringssaltinnholdet vil bli mest markert, kan få en økende og sjenerende begroing av blågrønnalger og grønnalger.

Det anbefales derfor at kommunen samler inn og får analysert vannprøver f.eks. fire ganger (mai/juni, juli, august og september) hvert år på de fire stasjonene som er benyttet ved denne undersøkelsen, for å følge med i utviklingen. Stasjon 1 bør legges litt mer unna utslippsstedet, f.eks. 50-100 m. Dette for å få jevnere og mer representative analyseverdier for vannmassene i området rundt utslippsstedet. Prøver bør tas for analyse av bakterieinnholdet på 6 m og 30 m på hver stasjon og for næringssaltinnholdet totalfosfor, ortofosfat, totalnitrogen og nitrat samt klorid og konduktivitet i blandprøver 0-10 m dyp og 30 m dyp. I tillegg tas klorofyllprøve og kvantitativ planteplanktonprøve fra hver stasjon som blandprøve 0-10 m dyp. Klorofyllprøvene analyseres, mens planteplanktonprøvene oppbevares, og analyseres bare hvis klorofyllresultatene virker unormale. En bør også undersøke langs strendene i Øvre Årdal for å se om det skjer en økt begroing der. På denne måten kan en følge og ha kontroll med en eventuell uheldig utvikling i vannmassene og dermed ta stilling til om det blir nødvendig med ytterligere rensetekniske tiltak på det kommunale avløpsvannet.

5. LITTERATUR

- Baalsrud, K., L. Lingsten, P. Brettum og J.E. Løvik 1986. Overvåking av Årdalsvassdraget 1983-84. Tiltaksorientert undersøkelse. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT) rapport nr. 215/86, NIVA l.nr. 1842.
- Brettum, P. 1984. Planteplankton, telling. I: Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. K. Vennerød (red.). Norsk Limnologiforening. Universitetsforlaget ISBN 82-00-06877-3.
- Faafeng, B., P. Brettum og D. Hessen 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofitestanden i 355 innsjøer i Norge. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT) rapport nr. 389/90, NIVA l.nr. 2355.
- Grande, M. 1971. Hydrobiologiske undersøkelser i Årdalsvassdraget. Rapport 0-90/70. NIVA, Oslo, 19 s.
- Kristiansen, H. 1971. Undersøkelser av Årdalsvatn som resipient for Øvre Årdal og vannkilde for Årdalstangen vannverk. Rapport 0-22/67. NIVA, Oslo, 32 s.
- SFT-rapport 1989. Vannkvalitetskriterier for ferskvann. SFT-rapport TA-630. H. Holtan, redaktør. 350 s.
- SIFF 1987. G2 Kvalitetsnormer for drikkevann. Statens institutt for folkehelse. 72 s.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. int. Ver. theor. angew. Limnol., vol. 9, pp. 1-38.

VEDLEGG

Tabell 2 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.1, Årdalsvatn 1990.

| Dato | Dyp m | Siktedyp m | pH | Alkalitet mmol/l | Kond. mS/m | Turb. F.T.U. | Farge mg Pt/l | Tot.fosf. µg P/l | Ortofosf. µg P/l | Tot.nitr. µg N/l | Nitrat µg N/l | TOC mg C/l | Klorid mg Cl/l | Klorofyll µg Chl/l |
|------|------------|---------------|-----------|---------------------|---------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| 25/7 | 0-10 30 | 9.1 | 6.32 - | 0.047 - | 1.85 1.22 | 0.8 - | 1.8 - | 2.0 2.0 | < 1.0 - | 192 126 | 75 - | 0.633 0.680 | 46.0 (1) 1.1 | 0.42 - |
| 20/8 | 0-10 30 | 7.7 | 5.99 - | 0.040 - | 1.03 1.03 | 0.99 - | 2.38 - | 3.0 3.0 | < 1.0 - | 156 156 | 64 - | 0.480 0.420 | 0.6 0.6 | 0.40 - |
| 17/9 | 0-10 30 | 8.3 | 6.86 - | 0.041 - | 1.01 1.13 | 0.8 - | 2.10 - | 1.0 15.0 (2) | < 1.0 - | 150 272 | 67 - | 0.330 0.640 | 0.6 0.6 | 0.34 - |

Tabell 2 (forts.) Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.2, Årdalsvatn 1990.

| Dato | Dyp m | Siktedyp m | pH | Alkalitet mmol/l | Kond. mS/m | Turb. F.T.U. | Farge mg Pt/l | Tot.fosf. µg P/l | Ortofosf. µg P/l | Tot.nitr. µg N/l | Nitrat µg N/l | TOC mg C/l | Klorid mg Cl/l | Klorofyll µg Chl/l |
|------|------------|---------------|-----------|---------------------|---------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| 25/7 | 0-10 30 | 9.1 | 6.23 - | 0.040 - | 1.61 1.23 | 0.8 - | 1.8 - | 2.0 21.0 | < 1.0 - | 132 114 | 77 - | 0.729 0.574 | 2.1 1.0 | 0.71 - |
| 20/8 | 0-10 30 | 7.6 | 6.09 - | 0.041 - | 1.02 1.01 | 1.02 - | 1.98 - | 3.0 3.0 | < 1.0 - | 110 98 | 68 - | 0.370 0.540 | 0.6 0.6 | 0.64 - |
| 17/9 | 0-10 30 | 8.1 | 6.63 - | 0.037 - | 0.97 1.00 | 1.5 - | 2.34 - | 2.0 2.0 | < 1.0 - | 116 116 | 67 - | 0.400 0.380 | 0.5 0.5 | 0.40 - |

Tabell 2 (forts.) Fysiske-kjemiske analyseresultater fra st.3, Årdalsvatn 1990.

| Dato | Dyp m | Siktedyp m | pH | Alkalitet mmol/l | Kond. mS/m | Turb. F.T.U. | Farge mg Pt/l | Tot.fosf. µg P/l | Ortofosf. µg P/l | Tot.nitr. µg N/l | Nitrat µg N/l | TOC mg C/l | Klorid mg Cl/l | Klorofyll µg Chl/l |
|------|------------|---------------|------|---------------------|---------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| 25/7 | 0-10 30 | 9.5 | 6.27 | 0.040 | 1.16 1.20 | 0.7 | 1.6 | 2.0 5.0 | < 1.0 | 120 108 | 77 | 0.604 0.578 | 0.9 0.9 | 0.65 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/8 | 0-10 30 | 7.5 | 6.16 | 0.037 | 1.01 1.05 | 0.85 | 2.57 | 3.0 3.0 | < 1.0 | 104 92 | 69 | 0.420 0.460 | 0.6 0.6 | 0.75 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 17/9 | 0-10 30 | 8.0 | 6.52 | 0.038 | 0.98 0.99 | 0.5 | 1.95 | 2.0 2.0 | < 1.0 | 126 116 | 66 | 0.460 0.360 | 0.6 0.6 | 0.40 |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Tabell 2 (forts.) Fysiske-kjemiske analyseresultater fra st.4, Årdalsvatn 1990.

| Dato | Dyp m | Siktedyp m | pH | Alkalitet mmol/l | Kond. mS/m | Turb. F.T.U. | Farge mg Pt/l | Tot.fosf. µg P/l | Ortofosf. µg P/l | Tot.nitr. µg N/l | Nitrat µg N/l | TOC mg C/l | Klorid mg Cl/l | Klorofyll µg Chl/l |
|------|------------|---------------|------|---------------------|---------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| 25/7 | 0-10 30 | 9.0 | 6.42 | 0.062 | 1.30 1.19 | 1.2 | 2.0 | 4.0 3.0 | 2.0 | 144 144 | 78 | 0.883 0.606 | 0.9 1.0 | 0.84 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/8 | 0-10 30 | 8.0 | 6.21 | 0.048 | 1.13 1.05 | 0.74 | 2.97 | 6.0 3.0 | < 1.0 | 150 162 | 68 | 0.530 0.510 | 0.7 0.7 | 0.78 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 17/9 | 0-10 30 | 7.9 | 6.38 | 0.046 | 1.10 1.01 | 0.6 | 2.15 | 3.0 2.0 | < 1.0 | 237 173 | 68 | 0.450 0.340 | 0.6 0.6 | 0.17 |
| | | | | | | | | | | | | | | |

- 1) Skyldes dette påvirkning fra utslipp renseanlegg ?
- 2) Prøven antagelig tatt nær utslipp fra renseanlegget.

Tabell 3 Temperatur i ulike dyp på stasjonene i Årdalsvatn 1990.Stasjon 1

| Dyp m | Vanntemperatur 0 C | | |
|----------|--------------------|---------|----------|
| | 25.juli | 20.aug. | 17.sept. |
| 1 | 10.0 | 10.5 | 10.5 |
| 3 | 9.5 | 10.5 | 10.5 |
| 5 | 9.3 | 10.3 | 10.4 |
| 6 | 9.3 | 10.3 | 10.4 |
| 7 | 9.2 | 10.3 | 10.4 |
| 9 | 9.0 | 10.0 | 10.4 |
| 15 | 9.0 | - | - |
| 30 | 8.2 | 10.0 | 10.0 |

Stasjon 2

| Dyp m | Vanntemperatur 0 C | | |
|----------|--------------------|---------|----------|
| | 25.juli | 20.aug. | 17.sept. |
| 1 | 10.9 | 10.8 | 10.5 |
| 3 | 10.3 | 10.8 | 10.5 |
| 5 | 10.0 | 10.8 | 10.5 |
| 6 | 10.0 | 10.8 | 10.5 |
| 7 | 9.8 | 10.8 | 10.5 |
| 9 | 9.4 | 10.8 | 10.5 |
| 15 | 9.2 | - | - |
| 30 | 8.9 | 10.0 | 10.2 |

Stasjon 3

| Dyp m | Vanntemperatur 0 C | | |
|----------|--------------------|---------|----------|
| | 25.juli | 20.aug. | 17.sept. |
| 1 | 11.2 | 11.0 | 10.5 |
| 3 | 10.7 | 11.0 | 10.5 |
| 5 | 10.2 | 10.9 | 10.5 |
| 6 | 10.2 | 10.8 | 10.5 |
| 7 | 10.2 | 10.8 | 10.5 |
| 9 | 9.5 | 10.8 | 10.5 |
| 15 | 9.1 | - | - |
| 30 | 8.6 | 10.0 | 10.2 |

Stasjon 4

| Dyp m | Vanntemperatur 0 C | | |
|----------|--------------------|---------|----------|
| | 25.juli | 20.aug. | 17.sept. |
| 1 | 11.2 | 11.0 | 10.5 |
| 3 | 10.6 | 11.0 | 10.5 |
| 5 | 10.1 | 11.0 | 10.5 |
| 6 | 10.0 | 11.0 | 10.5 |
| 7 | 9.6 | 11.0 | 10.5 |
| 9 | 9.5 | 11.0 | 10.4 |
| 15 | 9.4 | - | - |
| 30 | 9.0 | 10.5 | 10.3 |

Tabell 4 Kvantitative planteplanktonprøver fra: Årdalsvatn st.1 (bl.pr.0-10 m dyp)
Volum 3/3

| GRUPPER/ARTER | Dato=> | 900725 | 900820 | 900917 |
|------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Chlorophyceae (Grønnalger) | | | | |
| Ankistrodesmus falcatus | | - | - | .2 |
| Cosmarium sp. (l=8,b=8) | | - | - | .1 |
| Crucigenia quadrata | | - | .2 | .5 |
| Dictyosphaerium subsolitarium | | .2 | - | - |
| Koliella sp. | | 4.5 | 1.9 | 2.3 |
| Oocystis submarina v.variabilis | | .5 | - | .3 |
| Paranastix conifera | | - | .7 | - |
| Sum | | 5.2 | 2.7 | 3.3 |
| Chrysophyceae (Gullalger) | | | | |
| Bitrichia chodatii | | - | - | .4 |
| Chromulina sp. | | .3 | .1 | - |
| Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?) | | - | .1 | - |
| Chrysolykos skujai | | - | .2 | .5 |
| Craspedomonader | | .1 | .1 | - |
| Cyster av chrysophyceer | | - | - | .1 |
| Dinobryon crenulatum | | .2 | - | .6 |
| Dinobryon cylindricum var.alpinum | | .1 | .3 | .1 |
| Ochromonas sp. (d=3,5-4) | | 2.1 | 2.8 | 3.8 |
| Phaeaster aphanaster | | - | - | .2 |
| Pseudokephyrion entzii | | - | .2 | .3 |
| Små chrysomonader (<7) | | 6.8 | 5.6 | 6.0 |
| Store chrysomonader (>7) | | 4.3 | 4.7 | 6.5 |
| Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?) | | - | .3 | .4 |
| Sum | | 13.8 | 14.4 | 18.7 |
| Bacillariophyceae (Kiselalger) | | | | |
| Rhizosolenia eriensis (var.?) | | 2.0 | .6 | 1.0 |
| Tabellaria flocculosa | | .4 | - | - |
| Sum | | 2.4 | .6 | 1.0 |
| Cryptophyceae | | | | |
| Cryptomonas marssonii | | - | - | .3 |
| Cryptomonas sp. (l=15-18) | | .5 | - | - |
| Cryptomonas spp. (l=24-28) | | - | 2.0 | .8 |
| Katablepharis ovalis | | - | .4 | .2 |
| Rhodomonas lacustris (+v.nannoplanctica) | | .3 | - | 3.7 |
| Sum | | .8 | 2.4 | 5.0 |
| Dinophyceae (Fureflagellater) | | | | |
| Gymnodinium cf.lacustre | | - | 1.5 | 1.6 |
| Gymnodinium sp.1 (l=15-16) | | - | - | 3.3 |
| Peridinium inconspicuum | | - | .7 | - |
| Ubest. dinoflagellat (l=12,b=10) | | - | .7 | 2.7 |
| Ubest.dinoflagellat | | 3.0 | .5 | 1.0 |
| Sum | | 3.0 | 3.3 | 8.5 |
| My-alger | | | | |
| Sum | | 9.3 | 13.9 | 9.5 |
| Total | | | | |
| | | 34.5 | 37.2 | 46.1 |

Tabell 5 Kvantitative planteplanktonprøver fra: Årdalsvatn st.2 (bl.pr.0-10 m dyp)
Volum m³/m³

| GRUPPER/ARTER | Dato=> | 900725 | 900820 | 900917 |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| ----- | | | | |
| Chlorophyceae (Grønnalger) | | | | |
| Ankistrodesmus falcatus | | - | - | .1 |
| Crucigenia quadrata | | - | - | .3 |
| Koliella sp. | | 8.2 | 3.6 | 4.8 |
| Docystis submarina v.variabilis | | .6 | .1 | .3 |
| Paramastix conifera | | - | .7 | - |
| Scourfieldia cordiformis | | - | .1 | - |
| Tetraedron minimum v.tetralobulatum | | .1 | - | - |
| Sum | | 8.9 | 4.4 | 5.5 |
| Chrysophyceae (Gullalger) | | | | |
| Chromulina sp. | | .1 | .2 | .3 |
| Chrysolykos skujai | | .3 | .7 | .8 |
| Craspedomonader | | .1 | - | - |
| Cyster av Chrysolykos skujai | | - | - | .6 |
| Cyster av chrysophyceer | | - | .2 | - |
| Dinobryon crenulatum | | .2 | - | .6 |
| Dinobryon cylindricum var.alpinum | | .3 | .3 | - |
| Løse celler Dinobryon spp. | | .2 | - | - |
| Ochromonas sp. (d=3.5-4) | | 2.4 | 4.9 | 6.1 |
| Pseudokephyrion entzii | | .1 | .1 | .9 |
| Pseudokephyrion sp. | | - | .1 | - |
| Små chrysomonader (<7) | | 10.4 | 6.0 | 12.0 |
| Spiniferomonas sp. | | - | - | .3 |
| Store chrysomonader (>7) | | 12.9 | 6.9 | 7.3 |
| Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?) | | - | .5 | .5 |
| Sum | | 26.9 | 19.9 | 29.4 |
| Bacillariophyceae (Kiselalger) | | | | |
| Rhizosolenia eriensis (var.?) | | 2.1 | 1.0 | 1.9 |
| Tabellaria flocculosa | | .2 | - | - |
| Sum | | 2.3 | 1.0 | 1.9 |
| Cryptophyceae | | | | |
| Cryptomonas marssonii | | - | - | 2.0 |
| Cryptomonas sp. (l=15-18) | | .1 | - | - |
| Cryptomonas spp. (l=24-28) | | - | 1.2 | .8 |
| Katablepharis ovalis | | .2 | 1.0 | .4 |
| Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica) | | .2 | 2.4 | 8.6 |
| Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?) | | .8 | - | .7 |
| Sum | | 1.3 | 4.5 | 12.5 |
| Dinophyceae (Fureflagellater) | | | | |
| Gymnodinium cf.lacustre | | 10.1 | 2.1 | 4.2 |
| Gymnodinium sp.1 (l=14-15) | | - | - | 5.0 |
| Peridinium inconspicuum | | 1.4 | .7 | 2.1 |
| Ubest. dinoflagellat (l=12,b=10) | | 18.6 | .7 | 3.3 |
| Ubest.dinoflagellat | | 1.9 | 1.4 | 1.4 |
| Sum | | 31.9 | 4.9 | 16.0 |
| My-alger | | | | |
| Sum | | 15.6 | 15.4 | 18.2 |
| ----- | | | | |
| Total | | 86.8 | 50.1 | 83.5 |
| ===== | | | | |

Tabell 6 . Kvantitative planteplanktonprøver fra: Årdalsvatn st.3 (bl.pr.0-10 m dyp)
Volum mm³/m³

| GRUPPER/ARTER | Dato=> | 900725 | 900820 | 900917 |
|---------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Chlorophyceae (Grønnalger) | | | | |
| <i>Cosmarium</i> sp. (l=8,b=8) | | - | - | .3 |
| <i>Crucigenia quadrata</i> | | .4 | - | .1 |
| <i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> | | .1 | - | - |
| <i>Gloetila pulchra</i> | | .3 | - | - |
| <i>Koliella</i> sp. | | 9.0 | 4.3 | 4.6 |
| <i>Oocystis submarina</i> v. <i>variabilis</i> | | .5 | .2 | 1.1 |
| <i>Paramastix conifera</i> | | - | 2.0 | - |
| <i>Tetraedron minimum</i> v. <i>tetralobulatum</i> | | - | - | .1 |
| Ubest.gr.flagellat | | - | .1 | - |
| Sum | | 10.2 | 6.6 | 6.2 |
| Chrysophyceae (Gullalger) | | | | |
| <i>Chrysolykos</i> skujai | | .4 | .7 | 1.8 |
| <i>Craspedomonader</i> | | - | - | .1 |
| Cyster av <i>Chrysolykos</i> skujai | | - | - | .6 |
| <i>Dinobryon crenulatum</i> | | - | .4 | .5 |
| <i>Dinobryon cylindricum</i> var. <i>alpinum</i> | | .6 | 1.2 | .2 |
| Løse celler <i>Dinobryon</i> spp. | | .2 | - | - |
| <i>Mallomonas</i> spp. | | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| <i>Ochromonas</i> sp. (d=3.5-4) | | 2.1 | 7.2 | 6.2 |
| <i>Pseudokephyrion entzii</i> | | .1 | .7 | 1.1 |
| Små <i>chryomonader</i> (<7) | | 7.3 | 16.3 | 11.4 |
| <i>Spiniferomonas</i> sp. | | - | - | .1 |
| Store <i>chryomonader</i> (>7) | | 5.2 | 2.6 | 9.0 |
| Ubest. <i>chryomonade</i> (<i>Ochromonas</i> sp.?) | | - | .8 | 4.6 |
| Sum | | 17.2 | 30.9 | 36.6 |
| Bacillariophyceae (Kiselalger) | | | | |
| <i>Rhizosolenia eriensis</i> (var.?) | | 3.2 | 2.3 | 1.9 |
| Sum | | 3.2 | 2.3 | 1.9 |
| Cryptophyceae | | | | |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> | | 2.3 | 1.8 | - |
| <i>Cryptomonas</i> sp. (l=15-18) | | .1 | 1.3 | - |
| <i>Cryptomonas</i> spp. (l=24-28) | | - | .8 | 1.2 |
| <i>Katablepharis ovalis</i> | | - | .4 | .7 |
| <i>Rhodomonas lacustris</i> (+v. <i>nannoplantica</i>) | | .2 | 4.2 | 8.5 |
| Sum | | 2.6 | 8.5 | 10.4 |
| Dinophyceae (Fureflagellater) | | | | |
| <i>Gymnodinium</i> cf. <i>lacustre</i> | | 4.2 | 3.7 | 3.2 |
| <i>Gymnodinium</i> sp.1 (l=14-16) | | - | - | 4.5 |
| <i>Peridinium inconspicuum</i> | | - | 1.4 | 1.4 |
| Ubest. <i>dinoflagellat</i> (l=12,b=10) | | 12.6 | 2.7 | 1.3 |
| Ubest. <i>dinoflagellat</i> | | 2.0 | 1.4 | .8 |
| Sum | | 18.8 | 9.2 | 11.2 |
| My-alger | | | | |
| Sum | | 16.2 | 15.3 | 14.1 |
| ----- | | | | |
| Total | | 68.3 | 72.6 | 80.4 |
| ===== | | | | |

Tabell 7 Kvantitative planteplanktonprøver fra: Årdalsvatn st.4 (bl.pr.0-10 m dyp)
Volum mm³/m³

| GRUPPER/ARTER | Dato=> | 900725 | 900820 | 900917 |
|------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Chlorophyceae (Grønnalger) | | | | |
| Chlamydomonas sp. (l=10) | | - | .9 | - |
| Cosmarium sp. (l=8,b=8) | | - | .1 | - |
| Crucigenia quadrata | | - | .2 | - |
| Dictyosphaerium subsolitarium | | .1 | - | .1 |
| Koliella sp. | | 11.9 | 6.3 | 3.3 |
| Oocystis submarina v.variabilis | | .1 | .5 | .6 |
| Paramastix conifera | | - | 3.0 | .3 |
| Scourfieldia cordiformis | | .0 | - | - |
| Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?) | | - | .3 | - |
| Sum | | 12.1 | 11.3 | 4.4 |
| Chrysophyceae (Gullalger) | | | | |
| Chromulina sp. | | .4 | .2 | - |
| Chrysolykos skujai | | 1.1 | 2.3 | .5 |
| Craspedomonader | | .3 | - | .2 |
| Cyster av Chrysolykos skujai | | - | - | .1 |
| Dinobryon cylindricum var.alpinum | | .9 | 1.3 | - |
| Mallomonas akrokomos (v.parvula) | | - | - | .2 |
| Mallomonas spp. | | - | - | 2.5 |
| Ochromonas sp. (d=3,5-4) | | 4.8 | 10.2 | 4.8 |
| Pseudokephyrion alaskanum | | - | .1 | - |
| Pseudokephyrion entzii | | .1 | .8 | .8 |
| Små chrysomonader (<7) | | 10.0 | 33.7 | 7.8 |
| Store chrysomonader (>7) | | 7.8 | 25.0 | 7.8 |
| Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?) | | - | 1.6 | 1.1 |
| Ubest.chrysophyceae | | - | .1 | - |
| Sum | | 25.3 | 75.2 | 25.6 |
| Bacillariophyceae (Kiselalger) | | | | |
| Rhizosolenia eriensis (var.?) | | 6.4 | 3.9 | 3.4 |
| Sum | | 6.4 | 3.9 | 3.4 |
| Cryptophyceae | | | | |
| Cryptaulax vulgaris | | - | - | .1 |
| Cryptomonas marssonii | | - | - | 1.0 |
| Cryptomonas spp. (l=24-28) | | - | .8 | - |
| Katablepharis ovalis | | - | 2.0 | .1 |
| Rhodomonas lacustris (+v.nannoplanctica) | | - | 1.2 | 2.1 |
| Sum | | - | 4.0 | 3.3 |
| Dinophyceae (Fureflagellater) | | | | |
| Cyster av dinophyceer | | - | 2.0 | - |
| Gymnodinium cf.lacustre | | 3.0 | 5.8 | - |
| Gymnodinium sp.1 (l=14-16) | | - | 1.7 | 1.8 |
| Peridinium inconspicuum | | .7 | .7 | - |
| Ubest. dinoflagellat (l=12,b=10) | | 15.9 | 1.3 | - |
| Ubest.dinoflagellat | | - | .4 | .9 |
| Sum | | 19.6 | 11.9 | 2.7 |
| My-alger | | | | |
| Sum | | 21.8 | 30.1 | 23.1 |
| Total | | | | |
| | | 85.3 | 136.4 | 62.5 |

Tabell 8 Bakterieanalyser fra stasjoner i Årdalsvatn 1990.

| | Dyp m | Dato | | |
|----------------------------------|----------|------------|------------|--------------|
| | | 25/7 | 20/8 | 17/9 |
| <u>Stasjon 1</u> | | | | |
| Totalantall bakterier/ml 20 °C | 6 30 | 110 140 | 124 80 | 60 10400 |
| Koliforme bakterier/100 ml 37 °C | 6 30 | 136 430 | 560 360 | 180 47000 |
| Termost.kolif.bakt./100 ml 44 °C | 6 30 | 1 55 | 114 43 | 27 10000 |

| | Dyp m | Dato | | |
|----------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| | | 25/7 | 20/8 | 17/9 |
| <u>Stasjon 2</u> | | | | |
| Totalantall bakterier/ml 20 °C | 6 30 | 20 25 | 54 74 | 35 65 |
| Koliforme bakterier/100 ml 37 °C | 6 30 | 8 76 | 84 214 | 60 119 |
| Termost.kolif.bakt./100 ml 44 °C | 6 30 | 0 8 | 9 12 | 0 28 |

| | Dyp m | Dato | | |
|----------------------------------|----------|---------|-----------|-----------|
| | | 25/7 | 20/8 | 17/9 |
| <u>Stasjon 3</u> | | | | |
| Totalantall bakterier/ml 20 °C | 6 30 | 9 40 | 43 52 | 50 65 |
| Koliforme bakterier/100 ml 37 °C | 6 30 | 1 93 | 38 125 | 95 250 |
| Termost.kolif.bakt./100 ml 44 °C | 6 30 | 0 4 | 0 27 | 11 27 |

| | Dyp m | Dato | | |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | 25/7 | 20/8 | 17/9 |
| <u>Stasjon 4</u> | | | | |
| Totalantall bakterier/ml 20 °C | 6 30 | 15 40 | 30 43 | 25 30 |
| Koliforme bakterier/100 ml 37 °C | 6 30 | 7 26 | 22 53 | 22 23 |
| Termost.kolif.bakt./100 ml 44 °C | 6 30 | 0 4 | 0 3 | 0 0 |

Tabell 9 Bakterieanalyser fra stasjoner i Årdalsvatn 1970. Kolliforme bakterier bestemt etter MPN-metoden.
(Stasjonsbetegnelse for 1990 er satt opp, med stasjonsbetegnelse brukt for tilsvarende stasjon i 1970 i parentes).

| | Dyp m | Dato | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------|----------|-----------|--------|------------|------------|------------|-----------|-----------|---------------|-----------|------------|----------|--|--|
| | | 22/1 | 27/1 | 10/2 | 17/3 | 21/4 | 12/5 | 2/6 | 16/6 | 7/7 | 11/8 | 29/9 | | |
| <u>Stasjon 1(*)</u> (st.0 i st.bet.1970) | | | | | | | | | | | | | | |
| Totalantall bakterier/ml 20 °C | 3 30 | 36 20 | - - | 85 30 | 115 46 | 20 32 | 10 86 | 14 107 | 6200 110 | 30 14 | 15 12 | 10 11 | | |
| Kolliforme bakterier/100 ml 37 °C | 3 30 | 350 79 | - - | 130 240 | 240 350 | 140 110 | 79 - | 130 79 | > 1600 130 | 110 79 | 170 110 | 79 70 | | |
| Termost.kolif.bakt./100 ml 44 °C | 3 30 | 350 49 | - - | 79 240 | 240 79 | 46 170 | 49 240 | 49 11 | 1600 79 | 33 7 | 49 8 | 17 49 | | |

| | Dyp m | Dato | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------|-----------|--------|-----------|----------|--------|---------|----------|-----------|----------|-----------|----------|--|--|
| | | 22/1 | 27/1 | 10/2 | 17/3 | 21/4 | 12/5 | 2/6 | 16/6 | 7/7 | 11/8 | 29/9 | | |
| <u>Stasjon 3</u> (st.1 i st.bet.1970) | | | | | | | | | | | | | | |
| Totalantall bakterier/ml 20 °C | 3 30 | 15 33 | - - | 26 14 | 31 19 | - - | 5 4 | 23 25 | 38 160 | 25 19 | 21 12 | 7 16 | | |
| Kolliforme bakterier/100 ml 37 °C | 3 30 | 46 540 | - - | 170 46 | 79 43 | - - | 5 23 | 49 79 | 49 31 | 79 79 | 240 49 | 49 49 | | |
| Termost.kolif.bakt./100 ml 44 °C | 3 30 | 46 350 | - - | 79 27 | 33 31 | - - | 0 2 | 17 23 | 11 31 | 14 8 | 23 17 | 7 79 | | |

| | Dyp m | Dato | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------|--------|----------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|-----------|---------|----------|--|--|
| | | 22/1 | 27/1 | 10/2 | 17/3 | 21/4 | 12/5 | 2/6 | 16/6 | 7/7 | 11/8 | 29/9 | | |
| <u>Stasjon 4</u> (st.3 i st.bet.1970) | | | | | | | | | | | | | | |
| Totalantall bakterier/ml 20 °C | 3 30 | - - | 11 8 | 7 67 | 3 7 | - - | 1 7 | 21 5 | 17 50 | 18 23 | 27 8 | 14 11 | | |
| Kolliforme bakterier/100 ml 37 °C | 3 30 | - - | 33 33 | 49 33 | 33 33 | - - | 2 0 | 33 23 | 8 110 | 70 110 | 70 8 | 33 70 | | |
| Termost.kolif.bakt./100 ml 44 °C | 3 30 | - - | 8 33 | 5 11 | 2 8 | - - | 0 0 | 23 2 | 2 11 | 23 17 | 7 2 | 4 0 | | |

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8

ISBN 82-577-1876-9