

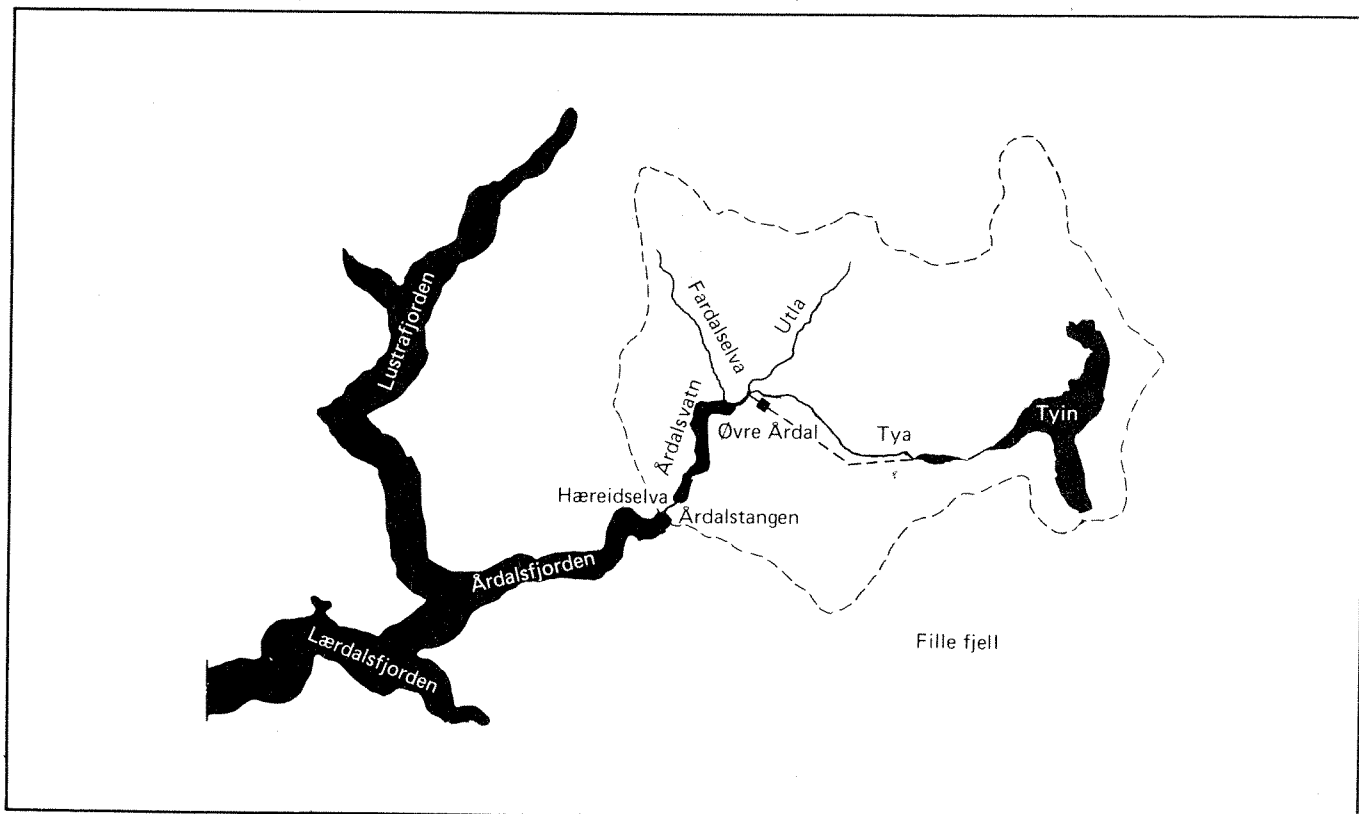


Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 215/86

Oppdragsgivere	Statens forurensningstilsyn A/S Årdal og Sundal Verk Årdal kommune
Deltakende institusjoner	NIVA

Overvåking av Årdalsvassdraget 1983-84





Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.: 0-8000233
Undernummer:
Løpenummer: 1842
Begrenset distribusjon:

Reportens tittel: Overvåking av Årdalsvassdraget 1983-84 Tiltaksorientert undersøkelse (Overvåkingsrapport nr. 215/86)	Dato: 10. februar 1986
Forfatter (e): Lars Lingsten Pål Brettum Jarl Eivind Løvik	Rapportnr. 0-8000233
	Faggruppe: HYDROØKOLOGISK
	Geografisk område: Sogn og Fjordane
	Antall sider (inkl. bilag): 60

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking) A/S Ardal og Sunndal Verk, Ardal kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:
Formålet med undersøkelsen var fysisk-kjemiske og biologisk karakterisering av Årdalsvatn og dets tilløpselver, Utle, Fardalselva og Årdalselva samt Hæreidselva. Årdalsvatn og de undersøkte elvene var saltfattige, svakt sure og hadde lav bufferkapasitet. Vassdraget er følsomt mot forsurening, men det ser ikke ut som nedbørsområdet er utsatt for sur nedbør. De kjemiske og biologiske undersøkelsene viste at vassdraget er næringsfattig. Konsentrasjonene av tungmetaller var stort sett lave. Analyse av fluor- og PAH-innhold i vannmoser indikerte et noe forhøyet innhold av fluor og PAH som må antas å komme fra aluminiumsverket i Øvre Ardal.

4 emneord, norske:
1. Forurensningsovervåking; 1983-1984
2. Årdalsvassdraget
3. Vannkjemi
4. Hydrobiologi

4 emneord, engelske:
1. Pollution Monitoring; 1983-1984
2. Ardal water course
3. Water chemistry
4. Hydrobiologi

Prosjektleder:

Kjell Baalsrud

For administrasjonen:

Bjx Tørh

ISBN 82-577-1049-0



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000233

OVERVAKING AV ARDALSVASSDRAGET 1983-84

10. februar 1986

Prosjektleder: Kjell Baalsrud

Medarbeidere : Pål Brettum

Lars Lingsten

Jarl Eivind Løvik

FORORD

Statens forurensningstilsyn, SFT, rettet i 1982 en henvendelse til NIVA om å gjennomføre en tiltaksorientert undersøkelse av Årdalsvassdraget. Et undersøkelsesprogram datert 18.1. 1983 ble oversendt SFT i januar 1983 og diskutert på møte i Årdal 14. juni 1983 hvor representanter for Årdal og Sunndal Verk, ASV, Årdal kommune og Miljøvernavdelingen, Sogn og Fjordane fylke, var tilstede, foruten SFT og NIVA. Med visse endringer, spesielt reduksjon av tungmetallanalysene, ble programmet akseptert og har i hovedsak vært fulgt.

En foreløpig rapport om resultatene i 1983 ble utarbeidet. Disse resultatene er innarbeidet i denne rapport.

Pål Brettum har bearbeidet og skrevet om begroing og planteplankton. Jarl Eivind Løvik har bearbeidet og skrevet om dyreplankton samt skrevet kapitlene om områdebeskrivelse og vannbruk og forurensninger. Øvrige kapitler er skrevet av Lars Lingsten, som også har redigert rapporten.

Ved feltarbeidet stilte Årdal kommune båt og mannskap til disposisjon. Vi takker for assistanse fra kommunen ved kommuneingeniør A. Hjelle og avdelingsingeniør A. Seim og assistent A. Skjolden og fra ASV ved miljøvern-sjef F. Bøhm.

Kjell Baalsrud

INNHOOLD

	Side
FORORD	2
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER	5
1.1 Formål	5
1.2 Konklusjoner	5
1.3 Tilrådninger	7
2. INNLEDNING	8
2.1 Områdebeskrivelse	8
2.2 Vannbruk og forurensninger	10
2.2.1 Vassdragsreguleringer	10
2.2.2 Bosetning og turisme	10
2.2.3 Jordbruk og reinsdrift	11
2.2.4 Industriforurensning	12
2.3 Andre undersøkelser i Ardalsvassdraget	13
2.4 Målsetting og program	13
2.4.1 Spesifikke mål	13
2.4.2 Program	14
3. RESULTATER OG DISKUSJON	17
3.1 Klima	17
3.2 Vannføring	19
3.3 Fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Ardalsvassdraget	21
3.3.1 Innledning	21
3.3.2 Fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Utle, Fardalselva, Ardalselva og Hæreidselva	21
3.3.2.1 Fysisk-kjemiske forhold	21
3.3.2.2 Undersøkelser av tungmetaller, fluorid og PAH i moser fra Ardalselva og Hæreidselva	25
3.3.2.3 Begroing	28
3.3.2.4 Sammenfatning av fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Utle, Fardalselva, Ardalselva og Hæreidselva	33

	Side
3.3 Fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Årdalsvatn 1983-84.	34
3.3.1 Fysisk-kjemiske forhold	34
3.3.2 Biologiske forhold	40
3.3.2.1 Planteplankton	40
3.3.2.2 Dyreplankton	42
3.3.3 Sammenfatning av fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Årdalsvatn	44
4. LITTERATUR	45
5. VEDLEGG	48

1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRADNINGER

1.1 Formål

Den tiltaksorienterte undersøkelse hadde som formål å påvise eventuelle forurensninger i Ardalsvassdraget og Ardalsvatnet og foreslå tiltak som kunne forbedre situasjonen. Den forurensende aktiviteten er i hovedsak konsentrert i tettstedene Øvre Ardal og Ardalstangen. I tilslutning til tettstedene ligger aluminiumfabrikkens anlegg. Det har gjennom tidligere undersøkelser ikke vært påvist forurensninger i konsentrasjoner som antas å gi skader. Undersøkelsen skulle bestå av en kjemisk og biologisk karakterisering av vassdraget. Den skulle også danne basis for eventuelle senere undersøkelser.

1.2 Konklusjoner

Ardalsvatn

- Tungmetallkonsentrasjonene var lave og vannets innhold av aluminium var på et forventet lavt nivå. Også fluoridkonsentrasjonene var lave og i samme størrelsesorden som ved tidligere undersøkelser.
- Ardalsvatn hadde stort sett lave fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner. Dette viste innsjøens næringsfattige (oligotrofe) karakter, noe som også plante- og dyreplanktonundersøkelsene bekreftet.
- Oksygenforholdene var meget gode og vannet viste ikke tegn på overbelastning med organisk stoff.
- Ardalsvatn hadde en svakt sur og saltfattig vanntype. Bufferkapasiteten var lav, slik at innsjøen er følsom mot forsurening.
- Utslipet fra Farnes renseanlegg skjer til Ardalsvatnets overflatelag og er estetisk og hygienisk utilfredsstillende.

Tilløpselvene Utle, Fardalselva, Ardalselva og utløpselva Hæreidselva

- Tungmetallinnholdet i vannmoser viste at sink, bly, kadmium og kvikksølv forekom i lave konsentrasjoner mens kobber lå 3-5 ganger høyere enn det som fins i upåvirkede vassdrag. Dette skyldes sannsynligvis kobberminerale i nedbørfeltet. I første halvpart av 18. århundre var det gruvevirksomhet i Grøndalsfjellet - Gruvefjellet, som har avrenning til Fardalen og Seimsdalen.

- Det var gjennomgående lave konsentrasjoner av fluor og aluminium i vannet, men fluoridinnholdet i vannmoser kan indikere at Ardalselva og Hæreidselva var noe påvirket av fluorutslipp.
- Vannmosens innhold av PAH viste 3 ganger høyere verdier enn i en referanseprøve. Dette kan tyde på at PAH-utslippene fra aluminiumverket i Øvre Ardal påvirker ferskvannsføremåtene, men i beskjedne grad.
- Tilløpselvene til Ardalsvatn og Hæreidselva er næringsfattige med lave konsentrasjoner av fosfor og nitrogen.
- Det analyserte begroingsmaterialet (alger og moser) fra de undersøkte elvene viste at vannmassene i tilløpselvene var rene og relativt upåvirkede med hensyn til forurensninger. Hæreidselva hadde en kraftigere begroing enn tilløpselvene, men det var ikke noen elementer i begroingen som tydet på forurensende påvirkning av betydning.
- Elvene var svakt sure og bufferkapasiteten var lav. Det ser ikke ut til at Ardalsvassdraget er uheldig influert av sur nedbør.

1.3 Tilrådninger

Det er ikke foretatt bakteriologiske prøver av utslippet fra Farnes renseanlegg, men det gir utvilsomt uhygieniske forhold. Stranden like ved brukes til bading. Observasjonene i Ardalsvatn viser imidlertid at dagens utslipp av et nærmest urensset utslipp ikke har gitt andre forurensningsvirkninger i selve innsjøen. Det er derfor ikke behov for å fjerne fosfor og organisk stoff.

Kloakkutslippet bør imidlertid av hygieniske og estetiske grunner føres ut på dypt vann i Ardalsvatnet, slik at det ikke kan påvirke overflatelaget og de strandnære områder.

Forurensningspåvirkningen på Ardalsvassdraget er relativt oversiktlig etter som den forurensende aktiviteten i hovedsak er konsentrert på to tettsteder med hvert sitt industriområde. Under forutsetning av at ikke noen større forandring av forurensende aktivitet finner sted i nedbørområdet, anses en årlig rutineovervåking ikke nødvendig.

Vi foreslår at man gjennomfører kontrollovervåking hvert 5. år med formål å påvise om det skjer noen endringer i vassdragets kjemiske og biologiske forhold.

Med vassdragets store verdi for lokalsamfunnet, kunne det være formålstjenlig å lage en enkel vannbruksplan. Den burde spesielt ta opp fiskeribiologiske forhold og utnyttelsen av vassdraget for fiskeproduksjon og fiske.

2. INNLEDNING

2.1 Områdebeskrivelse

Ardalsvassdraget er med et nedbørfelt på 965 km² det nest største i Sogn og Fjordane fylke, fig. 2.1. Vassdraget ligger vesentlig i Årdal kommune, delvis også i Luster og Vang kommune, sistnevnte i Oppland fylke. Størstedelen av nedbørfeltet består av høyfjell med mange vatn og innsjøer der Tyin på ca 30 km² dominerer. Nederst ligger Ardalsvatnet med et overflateareal på 7,2 km² (4 m.o.h.). Det har utløp til Ardalsfjorden via den ca 1,5 km lange Hæreidselva ved Årdalstangen. De største tilløpselvene til Ardalsvatnet er Tya, Utla og Fardalselva (fig. 2.1). Disse drenerer delvis breområder høyere enn 2000 m.o.h. som f.eks. Uranosbreen, Smørstabbreen, Fana-råken og breer i Hurungane. Middelvannføringen ut i fjorden er 46 m³/sek.

Berggrunnen i nesten hele Utlas nedbørfelt og også større deler av nedbørfeltet forøvrig består av de såkalte skyvedekkenes bergarter. Dette er tungt oppløselige, overveiende basiske dypbergarter. Vest for Tyin er det et større felt med Valdres-sparagmitt (feltspat-førende sandstein). Øverste delen av Tyadalen består av kambrosilurisk fyllitt med innslag av kvarts. Fyllitten forvitrer lett og gir godt jordsmonn.

I området vest for Ardalsvatnet består berggrunnen av en lys granitt-type kalt trondhemitt. Øst for både Ardalsvatnet og Tyin er det felter med overveiende sure dypbergarter.

Mesteparten av nedbørfeltet har lite løsavsetninger med store områder bart fjell. Nederst i vassdraget ligger imidlertid mektige rester etter et breelvdelta som hovedsakelig består av sand og grus. Ellers finnes områder med tynt morenedekke og en del forvittringsjord og skredmateriale i bratte partier. Langs dalsidene finnes markerte morenerygger, særlig i høydedragene mellom 1100 og 1400 m.o.h.

I dalene opp til ca 900 m høyde er vegetasjonen preget av bjørkeskog på oftest skrinmark. I dalførene er det også betydelige områder med myr, f.eks. i Fardalen fra Høy og oppover, Vettismorki og i øvre deler av Tyadalen. Over bjørkeskogen dekker lyngheier større arealer. I fjellet finnes ellers grasheier, rabbesivheier, snøleievegetasjon og en del vierkratt langs elver og vatn.

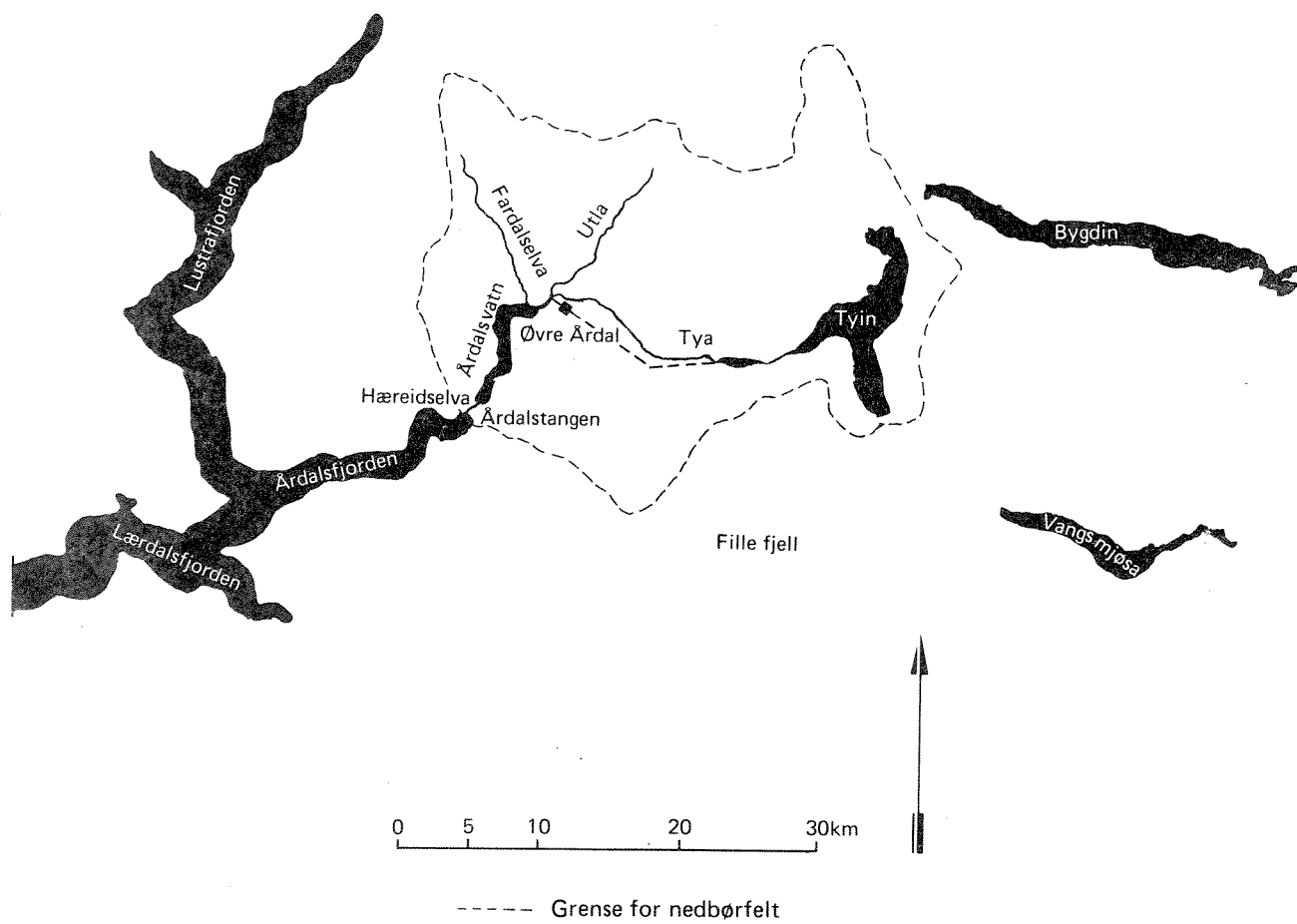


Fig. 2.1 Kart over Årdalsvassdraget, samt Bygdin og Vangsmjøsa

2.2 Vannbruk og forurensninger

2.2.1 Vassdragsreguleringer

Tyin er hovedmagasin for Tyin kraftverk og har en reguleringshøyde på ca 10 m (1083-1073 m.o.h.). Hit føres vann fra de øvre delene av Utlas nedbørfelt (97,5 km²), og vannet renner unyttet i Tya ned til Torolmen (1050 m.o.h.) som er inntaksbasseng for kraftverket. Vannet ledes videre via fordelingsbasseng og tunnel til Tyin kraftstasjon i Øvre Årdal. Denne har utløp til Tya. Kraftverket utnytter også en del felter på begge sider av Tya. Kraftverkets brutto fallhøyde er ca 1008 m.

2.2.2 Bosetning og turisme

Omlag 90% av befolkningen i Årdal kommune bor i industristedene Øvre Årdal og Årdalstangen, som ligger henholdsvis ovenfor og nedenfor det 9 km lange Årdalsvatnet. I Øvre Årdal bor ca 4000 personer og på Årdalstangen ca 2000 personer. Kommunen har de siste årene (etter 1972) hatt netto utflytting og negativ naturlig tilvekst. Det vesentlige av bebyggelsen i de to tettstedene er knyttet til kommunale avløpsnett. I Øvre Årdal passerer kloakkvannet Farnes renseanlegg bygget i 1954, som er et biologisk renseanlegg med filter og for- og ettersedimentering.

Renseanlegget er belastet med store mengder infiltrasjonsvann. Den biologiske delen fungerer dårlig og forsedimenteringen er overbelastet. Utløpet fra renseanlegget går ut i overflaten av Årdalsvatnet like øst for utløpet av Fardalselva. Årdalstangen har to utslipp av urensset kloakkvann på grunt vann i fjorden, et stort nord for øst og et lite på sørsiden.

Øvre Årdal får sin vannforsyning fra Tya. Vannet tas ut fra kraftstasjonen og blir klorert. Årdalstangen brukte tidligere Årdalsvatnet som drikkevannskilde, og det tas nå drikkevann fra grunnvannet i løsmassene på nordvestsiden av Hæreidselva.

Kommunalt søppel fra området samles til et forbrenningsanlegg på Geithus ved riksveien omtrent midt på Årdalsvatnet. Asken fraktes til en grovavfallsplass ved fjorden.

Området omkring Tyn ligger sentralt mellom Øst- og Vestlandet med god veiforbindelse og lett tilkomst. Det er en viktig innfallsport til, og ligger delvis innenfor Jotunheimen nasjonalpark og Utladalen landskapsvernområde. Området blir svært mye brukt til friluftsliv og turisme.

Tyn Hotell ved sørenden av Tyn har utslippstillatelse for 50 p.e. Hotellet har kjemisk-biologisk rensing. Ved nordenden av Tyn ligger Tynholmen Hotell. Det oppgis å ha kun utslipp av "vaskevann" via slamavskiller og sandfiltergrøft. I Tyas nedbørfelt forøvrig er det to turisthytter og flere større hyttefelter. I den delen av vassdraget som ligger i Vang kommune, er det totalt 333 eksisterende og 120 planlagte sengeplasser. Her er det også 86 godkjente hyttetomter, og det foreligger planer om ytterligere ca 190 hyttetomter.

I Utlas nedbørfelt er det en gjesteheim ved Vetti og dessuten 7-8 turisthytter. Det er flere hoteller/gjestgiverier/pensjonater både i Øvre Ardal og på Ardalstangen.

Både fjorden og vassdraget er viktige rekreasjons- og fiskeområder. Det er gode bestander av aure/sjøaure og noe laks i vassdraget. Laks- og sjøaure går til Skårhølen i Utlå. Ardalsvatnet er et viktig oppvekstområde. Tyn har en middels tett bestand av aure. Utenom Ardalsvatnet og Tyn har vassdraget en rekke større og mindre fiskevatn i høyereliggende strøk.

2.2.3 Jordbruk og reinsdrift

Det er lite jordbruk i området. Topografien og forurensning fra ASV legger sterke begrensninger på primærnæringen, og sysselsettinga i jordbruket gikk sterkt tilbake frem til 1970-tallet. Totalt jordbruksareal i kommunen er ca 1600 dekar. Av dette er ca 78 prosent fulldyrket. Gjennomsnittlig bruksstørrelse er ca 33 dekar. I tilknytning til vassdraget er det 4 gardsbruk med mjølkeproduksjon. Forøvrig drives det en del med sau, noe høns og gris til eget bruk. Ellers er det fruktdyrking i liten målestokk.

Tyadalføret utgjør den nordligste delen av Sletterust tamreinlags sommer-, høst- og høstvinterområde. Tamreindrifta har 1400 rein. Områdene vest for Tyin nyttes særlig intensivt til sommerbeite. Viktig bruk av området er knyttet til driving og slakting av rein sør og sørøst for Torolmen og flytting med rein over Tyin. Områdene øst for Tyin ligger innen Fram Tamreinlag.

2.2.4 Industrieforurensning

Den uten sammenligning største industribedrift i Øvre Ardal er aluminiumverket til ASV.

Aluminiumverket har ikke utslipp av forurenset prosessavløpsvann. Bedriften bruker imidlertid en stor mengde kjølevann som slippes i Tya-Ardalselva. Mengden er ca 1300 m³/time med temperatur ca 22°C.

Overvann og drensvann fra det store deponi av utrangerte ovnsbunner like øst for verksområdet tilføres også vassdraget.

Bedriften har et betydelig utslipp til luft. De viktigste komponentene i avgassene er fluorid, SO₂, støv og tjærestoffer (PAH). En betydelig del av disse utslippene antas avsatt i nedbørfeltet og vil bli ført til Ardalsvassdraget.

I Øvre Ardal er det foruten ASV tre mekaniske bedrifter (Ardal Stålindustri A/S, Ardal mekaniske verksted A/S og E. Sunde et. Co.), rutebilselskap (Ardal Billag A/S) med bilverksted og bensinstasjon, Vee Bensin og Bilrekvisita A/S, og i tillegg en trevarebedrift.

ASV's anlegg på Ardalstangen har utslipp til fjorden. På Ardalstangen er det også to mekaniske bedrifter (Alfred Andersen Mek. Verksted & Støberi A/S og Procon Maskin A/S). Her er det dessuten et vaskeri/kjemisk renseri som har avløp til fjorden. Giftige stoffer fraskilles og blir tatt hånd om.

2.3 Andre undersøkelser i Ardalsvassdraget

NIVA foretok i 1969-70 en undersøkelse av Ardalsvatnet som resipient for Øvre Ardal og som vannkilde for Ardalstangen vannverk (Kristiansen 1971). NIVA foretok videre 4 befaringer med prøvetaking og prøvefiske i tidsrommet 1970-72 i forbindelse med en skjønnsak om eventuelle skader på laks og sjøaure (Grande 1971a, 1971b, 1972 og 1974). Ardal og Sunndal Verk, ASV, la i 1969 frem planer om å dumpe gamle ovnsbunner i Sognefjorden (ASV-rapport 1969). I den anledning ble det gjort undersøkelser av Universitetet i Bergen og Oslo, Havforskningsinstituttet, SI og SINTEF. Dette vil bli nærmere omtalt i tilsvarende overvåkingsrapport om Ardalsfjorden.

2.4 Målsetting og program

2.4.1 Spesifikke mål

Det er gjennom undersøkelser hittil ikke påvist forurensninger i konsentrasjoner som antas å gi skader. Formålet med undersøkelsen er å få dette nærmere belyst ved en kjemisk og biologisk karakterisering av vassdrags-systemet. Undersøkelsene skal også gi referansedata for senere overvåking av vassdraget.

2.4.2 Program

Tabellene 2.1 og 2.2 viser analyseparametre og prøvetakingstider for undersøkelsene i Ardalsvassdraget 1983 og 1984. Prøvestedenes plassering i vassdraget er vist i figur 2.2.

I 1983 ble det tatt prøver i forbindelse med en befaring i september mens det i 1984 var en mer omfattende prøvetaking med flere parametre.

Tabell 2.1 Ardalsvatnet. Analyseparametre og prøvetakingstider 1983 og 1984.

Parametre	Prøvetakingsdyp (m)	6/9 83	9/5 84	6/6 84	11/7 84	21/8 84	17/9 84
Temperatur	1-150	x	x	x	x	x	x
Oksygen	1+150 1,5,9,20,50, 100,150	x				x	
pH, konduktivitet, turbiditet, farge, alkalitet, kalsium, sulfat, fluorid, aluminium	Blandprøve 0-10 + 20,50,100,150	x ¹⁾	x	x	x	x	x
Totalfosfor, løst molybdatreaktivt fosfor, totalnitrogen, nitrat	Blandprøve 0-10 + 20,50,100,150	x ¹⁾	x	x	x	x	x
Kalium, natrium, magnesium, klorid	Blandprøve 0-10 + 20,50,100,150					x	
Sink, kobber, kvikksølv, kadmium, bly	Blandprøve 0-10 + 20,50,100,150					x	
PAH (polyaromatiske hydrokarboner)	1+40	x					
Klorofyll	Blandprøve 0-10	x	x	x	x	x	x
Plantep plankton	Blandprøve 0-10	x	x	x	x	x	x
Dyreplankton	Håvtrekk (0,95µ) 0-500-0	x	x	x	x	x	x

1) Mindre antall parametre

Tabell 2.2 Utlea, Fardalselva, Ardalselva og Hæreidselva. Analyseparametre og prøvetakingstider 1983 og 1984 (se Fig. 2.2).

Parametre	Prøvetakingstider i 1983 og 1984						
	6/9 83	6/10 83	8-9/5 84	6/6 84	10/7 84	21/8 84	17/9 84
pH, konduktivitet, turbiditet, farge, alkalitet, kalsium, sulfat, fluor, aluminium			x	x	x	x	x
Total fosfor, løst molybdatreaktivt fosfor, total nitrogen, nitrat			x	x	x	x	x
Natrium, kalium, magnesium, klorid						x	
Begroing	x					x	
Moseprøver tungmetaller	x	x	x				x
fluorid		x					
PAH (polyaromatiske hydrokarboner)	x						

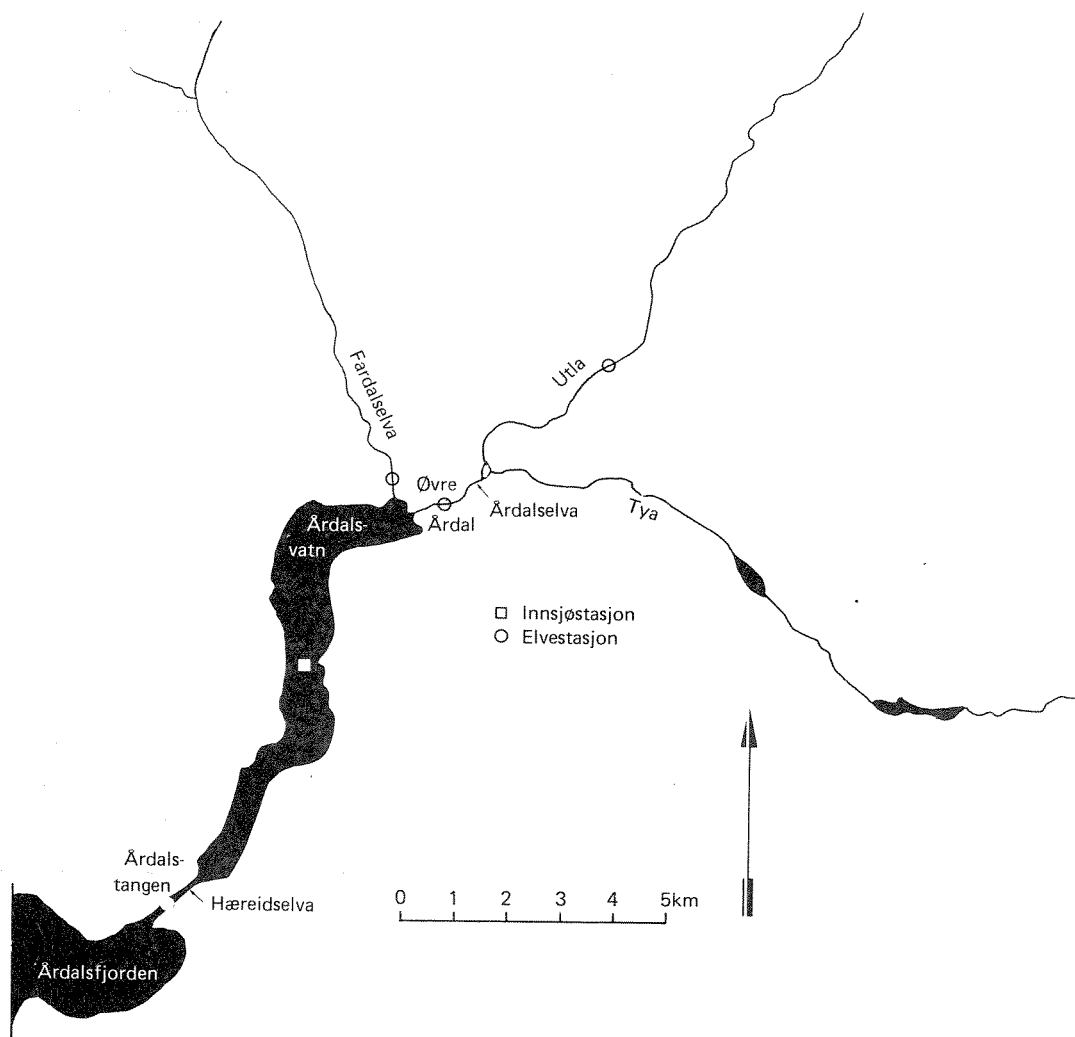


Fig. 2.2 Prøvetakingssteder i Årdalsvassdraget

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Klima

Det skal her gis en karakteristikk av været i undersøkelsesperioden basert på klimadata fra Tønjum og Lærdal og fra Øvre Ardal. Nærmeste klimastasjon er Lærdal. Fra Øvre Ardal har vi kun nedbørdata. Månedlig middeltemperatur fra Lærdal er vist i figur 3.1. Månedlig nedbør fra Øvre Ardal er vist i figur 3.2.

Området ligger i en overgangssone mellom kyst- og innlandsklima. Indre fjordstrøk på Vestlandet som Ardal og Lærdal, befinner seg i regnskyggen for de framherskende fuktige luftstrømmene fra vest og mottar derfor forholdsvis lite nedbør. Årsnormalene er 409 og 610 mm nedbør henholdsvis for Lærdal og Øvre Ardal. I fjellområdene er imidlertid nedbørmengdene adskillig større, opp mot 1500 mm i årsnedbør. Månedsmiddeltemperaturen varierer normalt fra $-2,7^{\circ}\text{C}$ i januar til $15,7^{\circ}\text{C}$ i juli (Lærdal).

Temperaturen i perioden august 1983 - september 1984 fulgte i hovedtrekkene et normalt mønster. August -83 var imidlertid noe kjølig, og det samme var tilfelle i januar og mars -84. Forøvrig var oktober -83, februar, april og mai -84 varmere enn normalt.

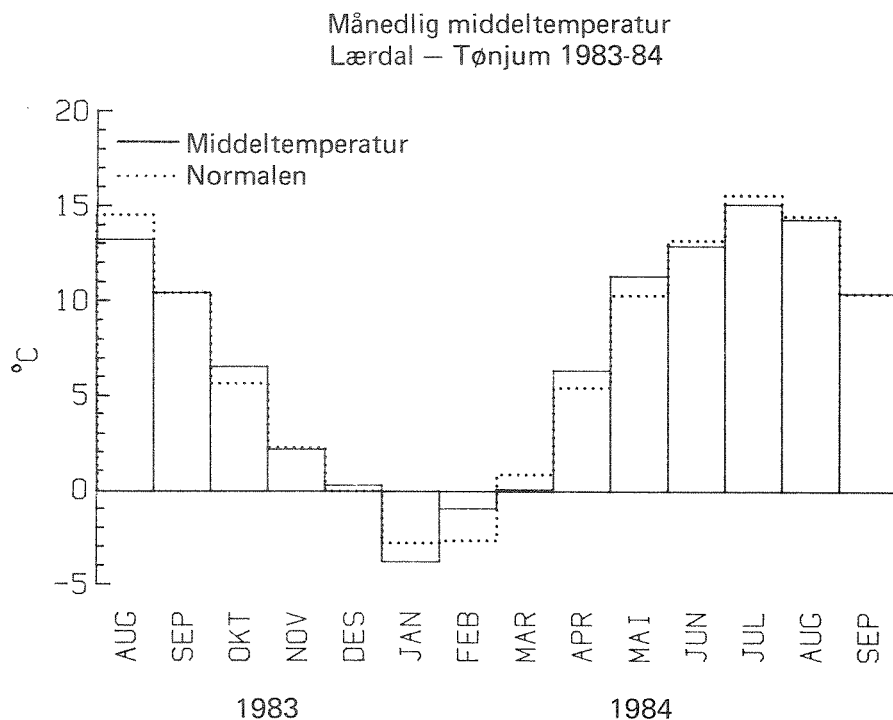
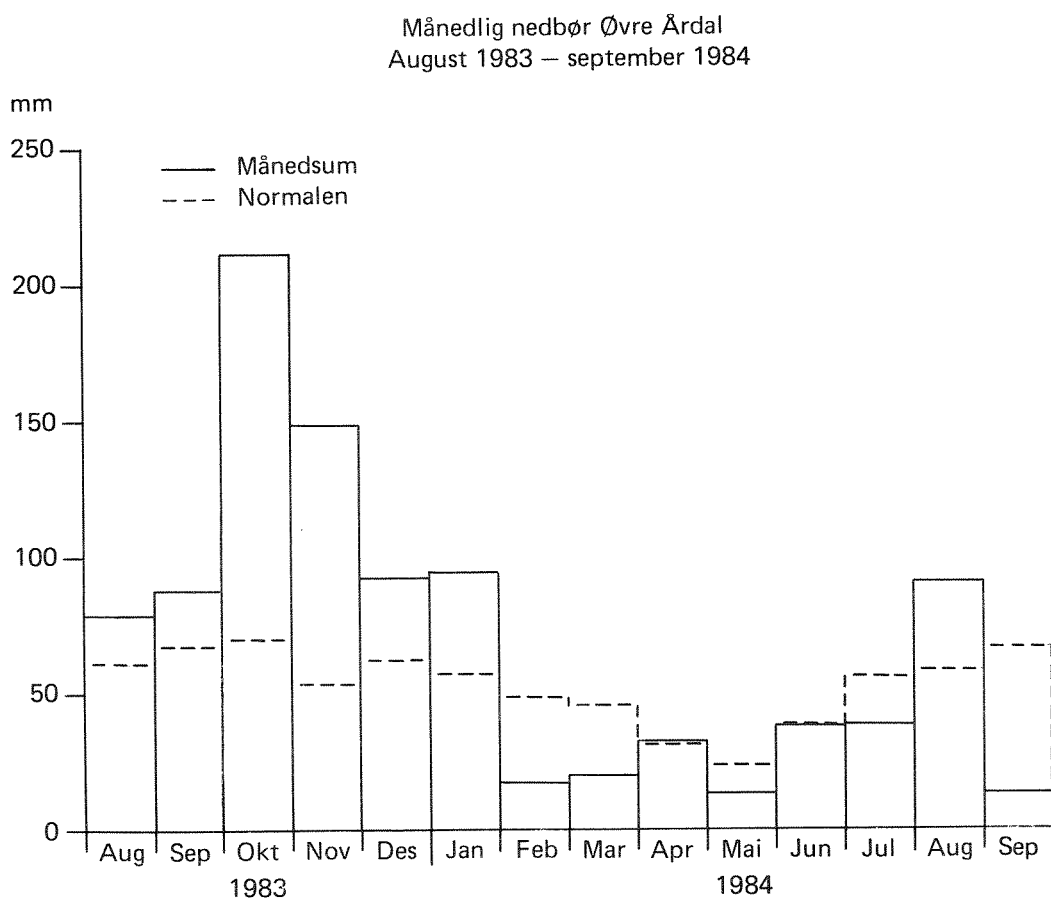


Fig. 3.1 Månedlig middeltemperatur i perioden august 1983 - september 1984 ved Lærdal-Tønjum.

I undersøkelsesperioden august 1983 - september 1984 falt det vel 1000 mm nedbør ved Øvre Årdal. Dette er ca 280 mm mer enn normalt. Mye nedbør var det fra sensommeren og ut høsten 1983, særlig oktober og november. Januar og august 1984 var også nedbørrike. Derimot var ettervinteren og våren samt september i 1984 utpreget tørre perioder.



Figur 3.2. Øvre Årdal. Månedlig nedbør for august 1983 - september 1984

3.2 Vannføring

I tabell 3.1 er normalvannføringen i 1930-60 listet opp samt månedsvannføringen (middelverdien) i 1973-75, 1981-83 og månedsvannføringen i perioden september 1983 - september 1984.

Reguleringen av Tyn har endret de hydrologiske forhold i Årdalsvassdraget. Det er en markert øking av vintervannføringen og en demping av vårflommen.

Det finnes ikke tilstrekkelig med vannføringsdata til å beregne en normalvannføring etter reguleringen. En sammenlikning mellom månedsvannføring fra undersøkelsesperioden og middelverdier over månedsvannføringene fra eksisterende data fra 1973-75 og 1981-83 indikerer at vannføringen var nær det normale i september og desember 1983 samt i januar-april, juni og august 1984. Det var høyere enn normalt i oktober-november 1983 og i mai 1984. Vannføringen var lavere enn normalt i juli og september 1984.

Tabell 3.1 Vannføringen i Hæreidselva målt ved Vm 609, Årdalsvatnet
Normalvannføring 1930-60, månedsmidler 1973-75 og 1981-83
samt månedsmidler i perioden september 1983 - september 1984.

	Normal vannføring m ³ /s 1930-60	Vannføring m ³ /s			
		1973-75	1981-83	1983	1984
Januar	11,1	26,5	26,2	-	26,5
Februar	9,0	22,9	26,2	-	23,3
Mars	8,6	23,1	24,8	-	22,3
April	12,9	25,9	28,7	-	29,9
Mai	61,3	57,4	81,1	-	99,2
Juni	131,5	104,0	92,6	-	101,3
Juli	111,3	98,8	77,5	-	55,3
August	16,4	62,1	64,4	-	61,9
September	51,9	61,8	56,6	62,4	32,9
Oktober	38,1	38,8	45,6	68,3	-
November	15,8	28,3	33,2	42,0	-
Desember	12,4	25,5	26,4	26,7	-
Året	44,6	48,05	48,7	57,1	-

Figur 3.3 viser vannføringen (døgnmiddel) ved utløpet av Ardalsvatnet (Vm 609) i undersøkelsesperioden september 1983 - september 1984.

Vannføringsvariasjonene er delvis bestemt ved reguleringen. Det er jevn vintervannføring og store variasjoner resten av året. Vannføringen om vinteren lå jevnt rundt $25 \text{ m}^3/\text{s}$ mens den lå mellom $50\text{-}110 \text{ m}^3/\text{s}$ resten av året. I oktober 1983 var det to flomtopper på 172 og $321 \text{ m}^3/\text{s}$. Vårflommen 1984 hadde en topp på $286 \text{ m}^3/\text{s}$.

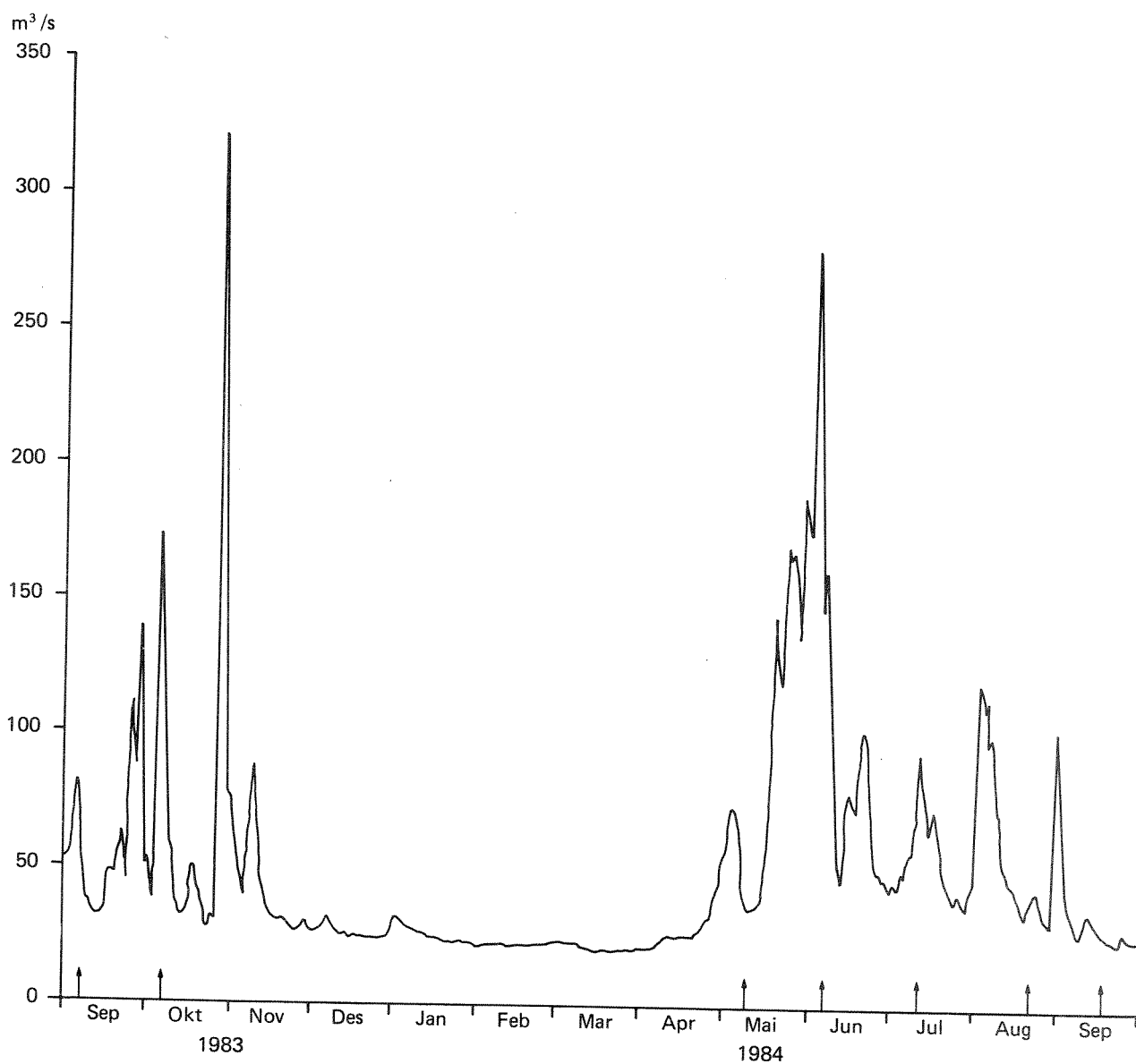


Fig. 3.3 Ardalsvatnet, Vm 609. Vannføring (døgnmiddel) i perioden september 1983 - september 1984 i Hæreidselva. Pilene angir prøvetakings-tidspunkter.

3.3 Fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Ardalsvassdraget

3.3.1 Innledning

Det ble foretatt en orienterende undersøkelse av Ardalsvassdraget i forbindelse med befaringer i september og oktober 1983, (Baalsrud 1984). I perioden mai-september 1984 ble en mer omfattende undersøkelse utført. Det innsamlede materialet omfatter fysisk-kjemiske analyser på vann samt klorofyll, planteplankton, dyreplankton og begroingsorganismer. Det ble også samlet inn mosemateriale for analyse av tungmetaller, fluor og PAH. En mer detaljert beskrivelse av prøvetakingsstasjoner, prøvetakingsfrekvens og parametre finnes i avsnitt 2.4.2.

Selv om det innsamlede materiale på enkelte områder er noe spinkelt, er det nok til å danne grunnlag for en beskrivelse av vannkvaliteten. Dette skyldes at forholdene i nedbørfeltet synes å være ukompliserte ettersom de forurensete aktivitetene i hovedsak er fordelt på to tettsteder med hvert sitt industriområde.

3.3.2 Fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Utlea, Fardalselva, Ardalselva og Hæreidselva

3.3.2.1 Fysisk-kjemiske forhold

pH og alkalitet

Vannet var svakt surt i alle elvene og bufferkapasiteten (alkaliteten) var lav, tabell 3.2. Dette er i samsvar med de geologiske forhold i nedbørfeltet. Laveste pH-verdier (mest surt) og alkalitet forekom som forventet under snøsmeltingen i juni.

Konduktivitet, turbiditet og filtrert farge

Vannets saltholdighet (konduktivitet) var meget lav og vannet kan således karakteriseres som utpreget bløtt. De laveste konduktivitetsverdiene ble målt i juni og august da vannmassene var preget av smeltevann fra høyfjellet. Det var høyere konduktivitetsverdier i mai og september da snøsmeltingen var mindre og overflateavrenning og grunnvannstilsig i høyere grad dominerte vannmassene.

Vannets innhold av partikler, turbiditet, varierte meget i Utlea og Ardalselva som var brepåvirkede, mens turbiditeten i Fardalselva var jevnt over

Tabell 3.2 Utla, Fardalselva, Ardalselva og Hæreidselva 1984.
pH, alkalitet, konduktivitet, turbiditet og filtrert farge

	Dato	pH	Alkalitet mekv/l	Konduktivitet mS/m	Turbiditet FTU	Farge (filtr.) mg Pt/l
Utla	840508	6,47	0,067	1,91	0,24	4,6
	840606	6,04	0,035	0,75	2,7	< 1
	840821	6,44	0,039	0,73	2,7	4,0
	840917	6,56	0,064	1,46	0,80	2,5
Fardalselva	840508	6,34	0,055	1,64	0,55	5,6
	840606	5,87	0,034	0,72	0,63	< 1
	840821	6,54	0,046	1,07	0,36	4,0
	840917	6,51	0,061	1,64	0,85	1,0
Ardalselva	840508	6,38	0,056	1,38	0,37	3,0
	840606	6,04	0,038	0,81	2,2	< 1
	840821	6,42	0,040	0,84	1,2	4,0
	840917	6,38	0,054	1,20	0,50	< 1
Hæreidselva	840509	6,30	0,052	1,55	0,30	2,4
	840606	6,26	0,046	1,39	0,74	< 1
	840821	6,44	0,042	1,04	0,98	4,0
	840917	6,45	0,051	1,14	0,98	1,0

lav. Om sommeren var de brepåvirkede elvene gråfarget og sterkt partikkelførende. Ardalsvatn virker utjevnende og forsinkende på partikkeltransporten i Hæreidselva.

Vannets farge var lav i alle elvene. Dette er en følge av at elvene drenerer karrige fjellområder med lite skog, myr og produktiv mark.

Næringsalter

Næringssaltene nitrogen og fosfor blir ofte kalt minimumsstoffer. De er av avgjørende betydning for vannforekomstenes økologiske balanse og stoffomsättning. Høye konsentrasjoner, som oftest på grunn av kloakkvann og menneskelige aktiviteter forøvrig, fører vanligvis til en uønsket stor begroing og dermed en forringelse av vannkvaliteten.

Det forekom høye konsentrasjoner av totalfosfor i elvene som følge av høyt partikkelinnhold, brepåvirkning. Dette er en vanlig foreteelse i brepåvirkede elver. Størsteparten av fosforet er da partikulært bundet og lite tilgjengelig for plantevekst.

Det ikke partikulært bundne fosforet, (løst molybdatreaktivt fosfor) som virker direkte stimulerende på plantevekst, forekom i lave konsentrasjoner. Totalnitrogen og nitrat forekom også i lave konsentrasjoner. Elvevannets lave innhold av nitrogen og fosfor viste at elvene er klart næringsfattige.

Tabell 3.3 Utla, Fardalselva, Ardalselva og Hæreidselva 1984.
Næringsalter () = usikker verdi

	Dato	Totalfosfor µg P/l	Løst molybdatreaktivt fosfor µg P/l	Totalnitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l
Utla	840508	2	0,5	210	103
	840606	14	1,0	200	74
	840821	1	< 0,5	110	22
	840917	(14,5)	(13,0)	150	45
Fardalselva	840508	3	1,0	185	66
	840606	5	1,5	140	39
	840821	6,5	1,0	110	9
	840917	1,5	0,5	110	24
Ardalselva	840508	(11,5)	(10,0)	200	96
	840606	9	0,5	195	67
	840821	6	2,0	140	38
	840917	2,0	1,0	160	62
Hæreidselva	840509	2,5	0,5	220	107
	840606	3,5	0,5	220	94
	840821	3,5	< 0,5	180	77
	840917	3,5	0,5	200	94

Makrokomponenter

Kalsium og sulfat er analysert 4 ganger i løpet av undersøkelsesperioden, mens øvrige makrokomponenter er analysert én gang, tabell 3.4.

Vannmassenes innhold av makrokomponenter var relativt lavt og vitner om at nedbørfeltet er dominert av forvittringsbestandig berggrunn. Variasjonen av kalsium og sulfat skyldes hvilken type av avrenning som dominerer vannmassene. Snøsmelting fra høyfjellet ga lave konsentrasjoner, mens overflateavrenning og grunnvannstilsig ga høyere konsentrasjoner. Tilførsel av sure komponenter fra nedbøren (sur nedbør) er liten i dette området (SFT 1984).

Tabell 3.4 Utla, Fardalselva, Ardalselva og Hareidselva 1984.

Makrokomponenter

	Dato	Kalsium mg Ca/l	Kalium mg K/l	Natrium mg Na/l	Magnesium mg Mg/l	Klorid mg Cl/l	Sulfat mg SO ₄ /l
Utla	840508	1,82					4,4
	840606	0,57					1,3
	840821	0,67	0,11	0,29	0,14	0,2	1,6
	840917	1,48					3,2
Fardalselva	840508	1,40					3,6
	840606	0,39					1,3
	840821	0,94	0,19	0,45	0,12	0,2	2,7
	840917	1,56					3,7
Ardalselva	840508	1,18					3,2
	840606	0,58					1,3
	840821	0,69	0,12	0,38	0,15	0,3	1,8
	840917	1,07					2,4
Hareidselva	840509	1,07					3,2
	840606	0,94					2,3
	840821	0,80	0,15	0,56	0,17	0,5	1,8
	840917	0,97					1,9

Fluorid og aluminium

Det var gjennomgående lave konsentrasjoner av fluorid, og normalt lave konsentrasjoner av aluminium (tabell 3.5).

Tabell 3.5 Utle, Fardalselva, Ardalselva og Hæreidselva 1984.
Aluminium og fluorid

	Dato	Aluminium µg Al/l	Fluorid mg F/l
Utle	840508	25	< 0,1
	840606	93	< 0,1
	840821	78	< 0,1
	840917	12	< 0,1
Fardalselva	840508	42	< 0,1
	840606	40	< 0,1
	840821	< 10	< 0,1
	840917	11	< 0,1
Ardalselva	840508	20	< 0,1
	840606	84	< 0,1
	840821	34	< 0,1
	840917	13	< 0,1
Hæreidselva	840509	27	< 0,1
	840606	40	< 0,1
	840821	18	< 0,1
	840917	25	< 0,1

3.3.2.2 Undersøkelser av tungmetaller, fluorid og PAH i moser fra Ardalselva og Hæreidselva

Fire ganger i løpet av undersøkelsesperioden ble det samlet inn mosemateriale for analyse av tungmetaller. Det ble tatt prøver fra elvemosen (Fontinalis) på to lokaliteter, Ardalselva og Hæreidselva (fig. 2.2). Analyseresultatene er listet opp i tabell 3.6.

Det er tidligere benyttet moser som integrerende mål for belastning av tungmetaller i Norge og utenlands. Metoden går i korthet ut på å analysere toppskuddene på elvemosen Fontinalis spp. på forskjellige tungmetaller. Konsentrasjonene av tungmetaller i vannmosen gir da et integrert bilde av konsentrasjonene av tungmetaller i det aktuelle elveavsnittet (Lingsten 1984). Tungmetallkonsentrasjoner som er for små til å bli målt i selve vannet, vil i mosene akkumuleres til målbare mengder.

Tabell 3.6 Konsentrasjon av tungmetaller i Fontinalis i Hæreidselva og Årdalselva 1983-1984. Tallene angir mg/kg tørrvekt.

		Kobber PPM	Sink PPM	Bly PPM	Kadmium PPM	Kvikksølv PPM
Årdalselva	9/9-83	83	34	20	0,2	0,07
"	6/10-83	79	39	18	0,2	0,07
"	8/5-84	116	67	59	0,3	0,06
"	17/9-84	115	60	30	0,2	< 0,05
Hæreidselva	6/9-83	64	54	16	0,5	0,08
"	6/10-83	76	66	14	0,5	0,12
"	9/5-84	81	65	28	0,3	0,07
"	17/9-84	68	71	22	0,4	< 0,05

Kobber

Kobberkonsentrasjonene lå ca 3-5 ganger over nivået (15-25 PPM) i upåvirkede områder. Konsentrasjonene var imidlertid meget lavere enn hva som er funnet i elver som er påvirket av gruveavrenning, f.eks. Glåma (Lingsten 1984). Sannsynligvis kommer kobberet fra kobberminerale i nedbørfeltet. I første halvpart av 18. århundre var det gruvevirksomhet i Grøndalsfjellet - Gruvefjellet som har avrenning til Fardalen og Seimsdalen. Resultatene indikerte en moderat påvirkning av kobber til begge elvene.

Sink

Det var noe høyere sinkverdier i Hæreidselva enn i Ardalselva. Imidlertid var verdiene i begge vassdragene meget lave ettersom de lå under de bakgrunnsnivåer som ellers er funnet ved undersøkelse i Norge og Sverige (Lingsten 1984).

Bly, kadmium og kvikksølv

Det finnes færre data for å bestemme bakgrunnsnivåene for bly, kadmium og kvikksølv enn for kobber og sink. Konsentrasjonene lå i de undersøkte elvene meget nær bakgrunnsnivået ifølge de data som finnes pr. i dag.

PAH og fluor

Det finnes meget få data for å bestemme bakgrunnsnivåene for PAH og fluor i biologisk materiale i ferskvann. Ved analyse av PAH i mosemateriale fra Ardalselva i september 1983 fant vi ca 3 ganger høyere verdier enn fra en referanseprøve fra Maridalen, Oslo, henholdsvis 990 og 335 µg/kg våtvekt. I marine områder er det målt betydelig høyere verdier i tang som er påvirket av utslipp fra aluminiumverk (Knutzen 1983). Dette tydet da på at PAH-utslippene fra aluminiumverket i Øvre Ardal i liten grad påvirker ferskvannsføremåstene ved tilsig fra PAH-nedfall i nedbørfeltet.

Fluoridinnholdet i moser fra Ardalselva og Hæreidselva (6/10-83) var 180 respektive 190 ppm (tørsubstans). Dette er høye verdier hvis man sammenligner med at naturlige fluoridnivåer i fôrplanter kan variere mellom 2-20 ppm (Årflot 1981). Vi kjenner imidlertid ingen verdier på ferskvannplanter fra upåvirkede områder. Bakgrunnsnivåer i tang ligger på omkring 10-20 mg/kg tørrvekt (Knutzen 1985). Resultatene indikerer dermed at begge elver var påvirket av fluorutslipp, men i hvilken grad kan vi ikke sikkert uttale oss om. Observasjonene aktualiserer at det samles inn moser til fluoridanalyser fra høyere opp i nedbørfeltet. Hensikten med dette ville være både å kartlegge forholdene bedre i nedbørfeltet, samt se om analyse av fluorid i moser er en mer ømfintlig overvåkingsparameter enn fluoridinnhold i vann. Det burde også tas mose- og vannprøver i andre nærliggende vassdrag.

3.3.2.3 Begroing

5. september 1983 og 21 august 1984 ble det ved to tidspunkter samlet inn materiale for begroingsanalyser i tilløpselvene til Ardalsvatn og i utløpselven fra fire stasjoner; st. H1 (Hæreidselva), st. U1 (Utlå v. bru ca 3 km oppstrøms samløp med Tya), st. Ar1 (Ardalselva før utløp i Ardalsvatnet) og st. F1 (Fardalselva v. bru (fig. 2.2)).

Hvert begroingselements dekningsgrad, det vil si den prosentvise dekning av synbar bunnflate i elva for hvert begroingselement, ble forsøkt vurdert ut fra skalaen:

1	<5% av synlig bunnareal dekket	
2	5-12%	"
3	12-25%	"
4	25-50%	"
5	50-100%	"

Figurene 3.4-3.5 viser dekningsgraden for de viktigste begroingselementene.

Tab. 8-9 i vedlegget lister opp funne organismer i de innsamlede begroingsprøver, med en gradering av hyppigheten for vedkommende organisme. På grunn av relativt dype elver (unntatt Fardalselva) var det bare den nærmeste strandsonen det var mulig å undersøke.

Figurene viser at det var en frodigere og tildels annen begroing i utløpselven i området ved stasjon H1 (Hæreidselva) enn i tilløpselvene. I september 1983 var begroingen dominert av blågrønnalgen Stigonema mamillosum og grønnalgen Hormidium rivulare, og med relativt mye av rødalgen Lemanea fluviatilis. I august 1984 ble begroingsprøvene samlet inn på et annet sted enn i 1983. Her ble grønnalgen Hormidium rivulare ikke registrert, derimot mindre forekomster av Hydrurus foetidus (Chrysophyceae). Også Lemanea fluviatilis ble registrert i spredte forekomster. Denne stasjonen var dominert av moser i 1984 med artene Fontinalis dalecarlica, Rhacomitrium aciculare og Hygrohypnum ochraceum. Dette var imidlertid de samme artene som ble registrert i 1983, men i større mengder i dette området av elven. Mengdevariasjonene av moser,

som er flerårige planter, på de to nærliggende prøvetakingsstedene, henger i første rekke sammen med ulike strømningsforhold. Først og fremst blågrønnalgen Stigonema mamillosum, men også grønnalgen Hormidium rivulare og rødalgen Lemanea fluviatilis er arter som vanligvis registreres i relativt rene, elektrolyttfattige vannforekomster. Heller ikke moseartene gir noen indikasjon på noen påvirkning av betydning i forurensende retning.

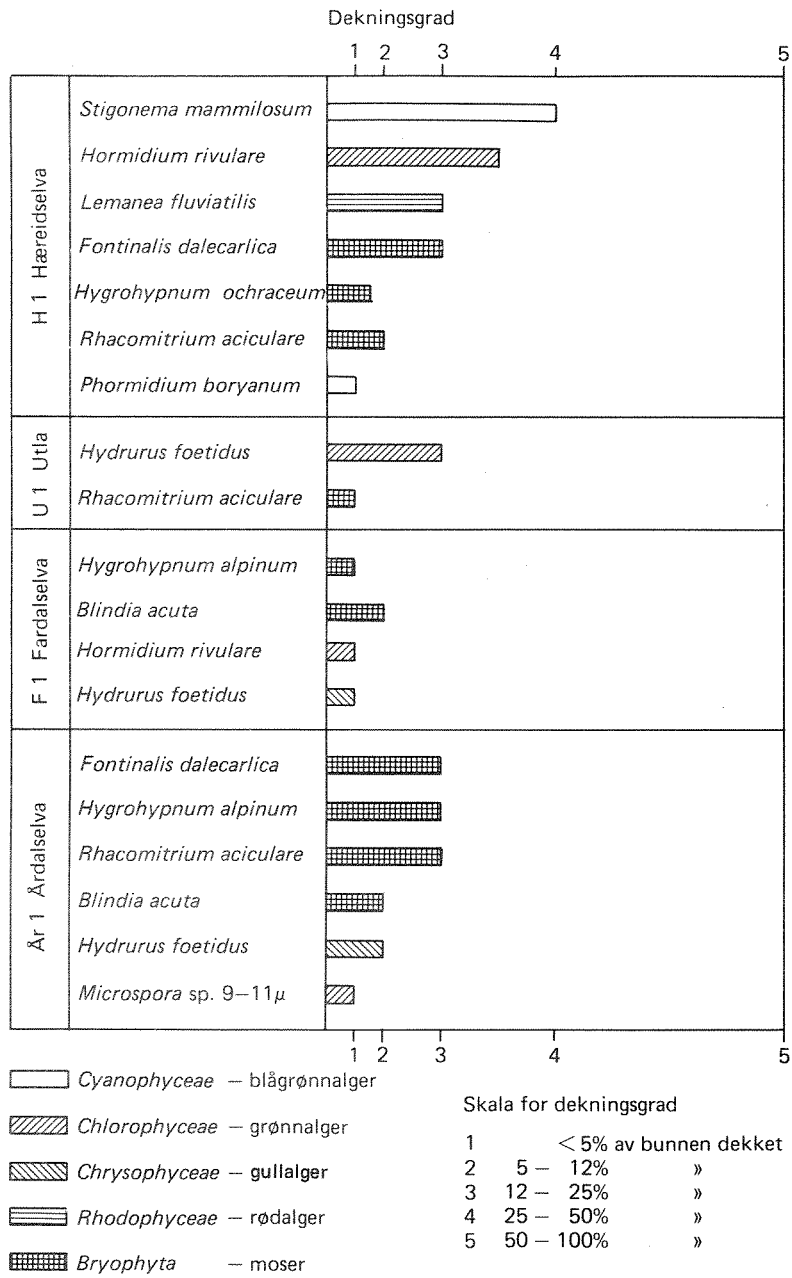
Hygrohypnum ochraceum er en moseart som finnes i et stort spektrum av vannkvaliteter, og dominerende forekomster av arten vil gjerne forekomme der det er en viss tilførsel av forurensninger. I Hæreidselva opptrådte imidlertid arten i relativt små bestander.

På stasjon U1 (Utle) var det mye slam i vannmassene og svært lite begroing. I 1983 ble det registrert en viss bestand av gullalgen Hydrurus foetidus (Chrysophyceae) mens denne ikke ble registrert i 1984. Da var det små bestander av grønnalgen (Chlorophyceae) Hormidium rivulare. Den beskjedne begroingen henger i første rekke sammen med det store partikkelinnholdet i vannmassene som fører til nedslamming av bunnen og dessuten har en slipeeffekt, samtidig som det hemmer lystilgangen, alt med negative effekter på begroing. De nevnte arter er vanlige i rentvannsforekomster.

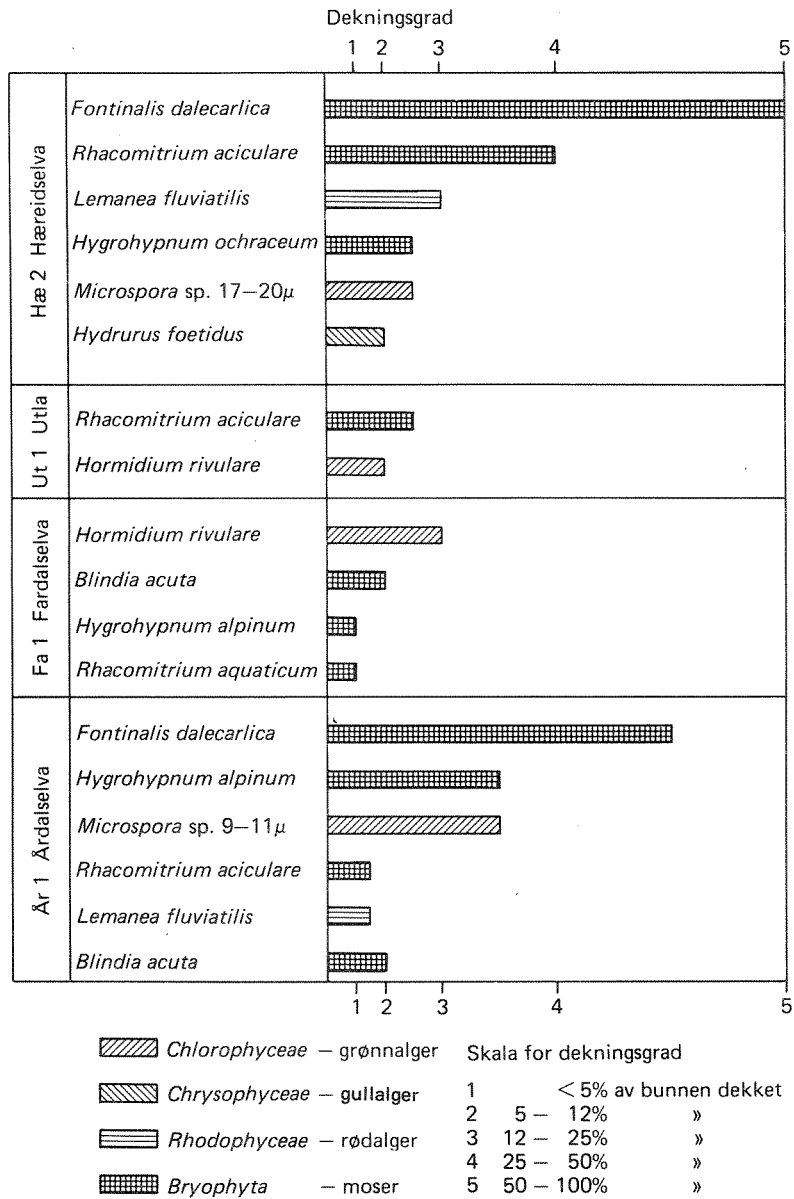
På stasjon Ar1 (Årdalselva), etter samløp mellom Tya og Utle, var begroings-samfunnet dominert av moser, først og fremst Fontinalis dalecarlica og Hygrohypnum alpinum, men også Rhacomitrium aciculare og Blindia acuta. Da prøvene ble samlet inn fra litt forskjellige steder de to prøvetakings-tidspunktene, er mengden noe forskjellig. Særlig Blindia acuta er svært sensibel mot forurensninger, fra næringssalter og organisk stoff. Forekomsten av denne arten viser at vannmassene var relativt upåvirkede av forurensning. En grønnalge, Microspora sp., ble registrert begge år, i 1983 i relativt store bestander. Enkelte arter innen denne slekten forekommer med store bestander i noe påvirkede vannmasser, andre i rene vannforekomster. Da det bare ble registrert sterile tråder har det ikke vært mulig å bestemme denne arten nærmere.

Stasjon Fa1 (Fardalselva) hadde ved begge prøvetakingstidspunktene en meget beskjeden begroing fordelt på enkelte felter i elva. I det hele tatt virket bunnen i denne elven svært uproduktiv. Også her ble mosen Blindia acuta registrert, noe som viser vannmassenes upåvirkete natur med hensyn til forurensninger.

Det analyserte begroingsmateriale fra de undersøkte elvestasjonene viser at vannmassene i tilløpselvene til Ardalsvatnet er som ventet relativt upåvirkede med hensyn til forurensninger. Utløpselven, Hæreidselva, hadde en betydelig kraftigere begroing enn tilløpselvene. Dette er vanlig et stykke nedenfor utløp av innsjøer. Det var imidlertid ingen elementer i begroingen som indikerte noen forurensende påvirkning av betydning. Særlig forekomsten av Stigonema mamillosum viser at vannmassene var lite påvirket av forurensninger.



Figur 3.4 Dekningsgrad for en del begroings-elementer i Årdalsvassdraget 5. september 1983.



Figur 3.5 Dekningsgrad for en del begroings-elementer i Årdalsvassdraget 21.august 1984.

3.3.2.4 Sammenfatning av fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Utle, Fardalselva, Årdalselva og Hæreidselva

Vannets saltholdighet (konduktivitet) var meget lav. Elvene var svakt sure og bufferkapasiteten var lav. Dette er i samsvar med de geologiske forhold i nedbørfeltet som er dominert av forvittringsbestandig berggrunn. Det ser ikke ut til at Årdalsvassdraget var påvirket av sur nedbør.

Elvene var partikkelførende, særlig Utle og Årdalselva som er brepåvirkede.

Fosfor (ikke partikulært bundet) og nitrogen forekom i lave konsentrasjoner. Tilløpselvene til Årdalsvatn og Hæreidselva er næringsfattige.

Det var gjennomgående lave konsentrasjoner av fluorid og aluminium i vannet, mens fluoridinnholdet i vannmoser kan indikere at Årdalselva og Hæreidselva var noe påvirket av fluorutslipp. Erfaringer fra saltvannsforurensning med fluor har antydning at konsentrasjonene i tang stiger mer enn proporsjonalt med vannets innhold av fluorid (Knutzen 1980). Muligens kan dette også forklare det tilsynelatende manglende samsvar mellom lavt fluoridinnhold i vann og sannsynligvis forhøyede verdier i moser.

Tungmetallinnhold i vannmosen Fontinalis ble også undersøkt. Resultatene viste at sink, bly, kadmium og kvikksølv forekom i lave konsentrasjoner, mens kobber lå 3-5 ganger høyere enn bakgrunnsnivået. Dette kan skyldes kobberforekomster i nedbørfeltet.

Vannmosens innhold av PAH viste 3 ganger høyere verdier enn i en referanseprøve. Dette kan tyde på at PAH-utslippene fra aluminiumverket i Øvre Årdal har en viss påvirkning på ferskvannsføremåtene via tørravsetning og nedbør.

Det analyserte begroingsmaterialet (alger og moser) fra de undersøkte elvestasjonene viste at vannmassene i tilløpselvene var upåvirkede med hensyn til effekter av organisk stoff og næringssalter. Selv om utløpselven, Hæreidselva, hadde en kraftigere begroing enn tilløpselvene, var det heller ikke noen elementer i begroingen som indikerte noen forurensende påvirkning av betydning.

3.3 Fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Ardalsvatnet 1983-84

3.3.1 Fysisk-kjemiske forhold

De viktigste analyseresultatene er presentert i tabeller i teksten mens øvrige data finnes i vedlegget. Det er i hovedsak analyseresultater fra de øverste 10 m som vurderingen av de fysisk-kjemiske forhold er basert på. Generelt sett var det små variasjoner mellom overflatevannet (0-10 m) og bunnvannet.

Temperatur, siktedyp og farge

I mai 1984 var Ardalsvatnet under fullsirkulasjon (tabell 3.9). Ved de øvrige prøvetakingstilfellene var innsjøen mer eller mindre sjiktet med et lag av varmere vann øverst (epilimnion) som i liten grad blandes med det kaldere vannet i dyplagene (hypolimnion). Dette har betydning bl.a. for tilgangen av næringssalter til planktonalgenes produksjon av organisk stoff og tilførsel av oksygen til dyplagene.

Temperaturen i overflatelaget var ikke varmere enn 12-13⁰C i undersøkelsesperioden, m.a.o. vannet er kaldt og Ardalsvatnet vil ikke engang i varme somre oppnå noe særlig høyere temperaturer i noen lengre periode. Dette skyldes at Ardalsvatnet er meget dypt og at overflatelaget blir tilført kaldt, tildels brepåvirket vann fra tilløpselvene.

Siktedypet varierte mellom ca. 6-8 m når innsjøen var påvirket av brepartikler, mens siktedypet var 13 m i mai 1984, dvs. før snøsmeltingen begynte i høyfjellet. Disse siktedyp ligger i det område som er naturlig for denne type innsjøer.

Innsjøens farge bestemmes subjektivt ved å se mot en hvit metallskive i halvt siktedyp. Når innsjøen var brepåvirket var fargen grønn, men den var blålig grønn når den ikke var brepåvirket. Dette bekreftet at Ardalsvatnet ikke var vesentlig belastet med partikler av organisk opprinnelse. Innsjøens farge og siktedyp varierer med vannmassenes innhold av brepartikler.

Tabell 3.9 Ardalsvatnet 1983-84. Vanntemperatur, siktedyp og farge

Dyp (m)	Vanntemperatur °C					
	5/9-83	9/5-84	6/6-84	10/7-84	21/8-84	17/9-84
1	10,6	3,1	7,3	11,6	13,0	10,7
3	10,5	3,0	6,6	11,0	12,5	10,7
5	10,3	3,0	5,9	10,5	12,2	10,6
7	10,2	3,0	5,9	9,7	12,2	10,5
9	10,1	3,0	5,5	9,6	12,1	10,5
20	9,8	3,0	5,0	8,9	11,2	10,0
25				7,9	9,6	
30				6,8		9,7
40	9,0					7,0
50		3,0	4,8	5,8	6,2	5,7
100		3,0	4,5	5,1	5,6	4,9
150	5,4	3,0	3,7	4,8	5,0	4,7
Siktedyp m	6,0	13	8,25	7,5	6,25	6,5

Farge grålig grønn blålig grønn grålig grønn ————— grålig grønn

Oksygen

Vannets innhold av oksygen var høyt og vannet var mettet med oksygen på alle dyp august 1984 (tabell 3.10). På 150 m dyp var oksygenmetningen 87%. Dette er normalt for oligotrofe innsjøer etter at innsjøen har vært lagdelt om sommeren.

Oksygenverdiene viste at vannmassen i Ardalsvatnet i liten grad får tilført lett nedbrytbart organisk stoff.

Tabell 3.10 Ardalsvatnet 1983-84. Vannets innhold av oksygen

Dyp (m)	Oksygen mg O/l	
	5/9-83	21/8-84
1	11,97	10,56
5		11,46
9		11,25
20		11,38
50		12,57
100		12,62
150	11,00	12,47

Surhetsgrad og alkalitet

Vannets surhetsgrad (pH) varierte mellom 6,2 og 6,7 (tabell 3.11). Dette viser at Årdalsvatn har en svakt sur vanntype.

Alkaliteten lå rundt 0,050 mekv/l (tabell 3.11). Dette viste at bufferkapasiteten var lav og at Årdalsvatn er følsomt for forsurening.

Tabell 3.11 Årdalsvatnet 1984. Blandprøve 0-10 m
pH, alkalitet, konduktivitet, turbiditet og filtrert farge

Parameter \ Dato	9/5	6/6	10/7	21/8	17/9
pH	6,24	6,19	6,21	6,67	6,27
Alkalitet, mekv/l	0,055	0,047	0,049	0,049	0,46
Konduktivitet, mS/m	1,49	1,45	1,05	1,01	1,01
Turbiditet FTU	0,64	0,88	0,75	1,0	0,91
Farge filtrert, mg Pt/l	3,1	< 1	3,5	6,0	1,0

Ledningsevnen (konduktiviteten) som gir et mål for oppløste salter var lav i Årdalsvatnet. Konduktiviteten ligger sannsynligvis rundt 1,5 mS/m størstparten av året. Når vannmassene fra tilløpselvene dominerer overflatelaget synker konduktiviteten til rundt 1 mS/m.

Vannets innhold av partikler (turbiditet) var relativt høy. Tilløpselvene fører ut brepartikler til Årdalsvatnet.

Vannets innhold av løste organiske stoffer, humusstoffer o.l., var meget lavt. Dette ga lave verdier på filtrert farge.

Næringsalter

Årdalsvatn hadde gjennomgående lave fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner (tabell 3.12). Dette viste innsjøens næringsfattige (oligotrofe) karakter. De svakt forhøyede verdiene av fosfor og nitrogen i bunnvannet ved enkelte anledninger er normalt.

Tabell 3.12 Ardalsvatn 1983-1984. Blandprøve 0-10 m.
Næringsalter

Parameter \ Dato	5/9 83	9/5 84	6/6 84	10/7 84	21/8 84	17/9 84
Totalfosfor, µg P/l	4,5	3,5	3,5	3,5	5	4,5
Løst molybdatreaktivt fosfor, µg P/l	2	1,0	0,5	0,5	1	1,0
Totalnitrogen, µg N/l	160	225	375	190	170	170
Nitrat, µg N/l	60	99	96	48	45	57

Makrokomponenter

Vannets innhold av mineralsalter var som vanlig i de fleste norske innsjøer, meget lavt (tabell 3.13). Overflatevannet (0-10 m) var preget av vann fra tilløpselvene, og dermed lavere konsentrasjoner enn dypvannet, se tabeller i vedlegget. Konsentrasjonene av natrium, klorid og sulfat indikerte at disse salter tildels er nedbørtransportert, hvilket er vanlig i kystnære områder.

Tabell 3.13 Ardalsvatn 1984. Blandprøve 0-10 m.
Makrokomponenter

Parameter \ Dato	9/5 84	6/6 84	10/7 84	21/8 84	17/9 84
Kalsium, mg Ca/l	1,09	0,95	0,77	0,74	0,78
Kalium, mg K/l				0,15	
Natrium, mg Na/l				0,54	
Magnesium, mg Mg/l				0,16	
Klorid, mg Cl/l				0,5	
Sulfat, mg SO ₄ /l	3,2	2,8	1,9	1,9	2,1

Aluminium og fluorid

Vannets innhold av aluminium var på et forventet lavt nivå (tabell 3.14). Fluoridkonsentrasjonene var lave og var i samme størrelsesorden som tidligere (Natvig et. al 1973). Ut fra våre analyser kan det ikke påvises at fluoridkonsentrasjonene i Årdalsvatn var påvirket av fluorutslipp fra Øvre Ardal. (Kfr. imidlertid kap. 3.3.2.2 om en viss (sannsynlig) overkonsentrasjon av fluorid i moser.)

Tabell 3.14 Årdalsvatn 1984. Blandprøve 0-10 m.

Aluminium og fluor

Parameter \ Dato	9/5 83	6/6 84	10/7 84	21/8 84	17/9 84
Aluminium, µg Al/l	39	47	19	28	18
Fluor, mg F/l	0,14	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Tungmetaller

Tungmetallkonsentrasjonene i Årdalsvatn var gjennomgående lave (tabell 3.15). De høyere konsentrasjonene av kobber i de øverste 20 m, beror sannsynligvis på kontaminering. Forventede konsentrasjoner burde ligge på 2-5 µg Cu/l. Det er ingenting som tyder på at Årdalsvatn var påvirket av tungmetallbelastning.

Tabell 3.15 Årdalsvatn 21/8 1984.

Tungmetaller () = usikker verdi

Dyp m	Sink µg Zn/l	Kobber µg Cu/l	Kvikksølv µg Hg/l	Kadmium µg Cd/l
0-10	< 10	(20,5)	< 0,5	0,15
20	10	(6,8)	< 0,5	0,17
50	< 10	3,1	0,5	< 0,10
100	< 10	4,3	0,5	< 0,10
150	< 10	4,8	< 0,5	0,10

PAH

PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) ble analysert på vann fra 1 m og 40 m dyp i september 1983. Konsentrasjonene var på ca 120 ng/l. Dette er innenfor det konsentrasjonsområde som ellers er observert ved (fåfallig) analyser av norsk overflatevann som bare er diffust belastet (Berglind og Gjessing 1980, Knutzen 1984). PAH er vesentlig knyttet til partikler, slik at det kan være vanskelig å påvise forurensning direkte i vannet (bedre i sedimenter eller biologiske indikatorer). I dette tilfellet må det antas at analysene av moseprøver gir et mer pålitelig bilde - mao. at det sannsynligvis er en moderat belastning ved utvasking av nedfall fra nedbørfeltet.

Farnes kloakkutslipp

I forbindelse med innsamlingen av materiale til begroingsanalyse fra elvene, ble det også samlet inn prøve av et grønt belegg på steinene ved hovedutslippet for kommunalt avløpsvann i Årdalsvatn. Analysen viste at det var en parenkymatisk grønnalge, som ikke ble nærmere bestemt. Årsaken til denne begroingen var klart utslippet på stedet, men denne begroingen hadde, så vidt en kunne se, svært begrenset utstrekning i området. Helt lokalt var vannet gråfarget av kloakkutslippet.

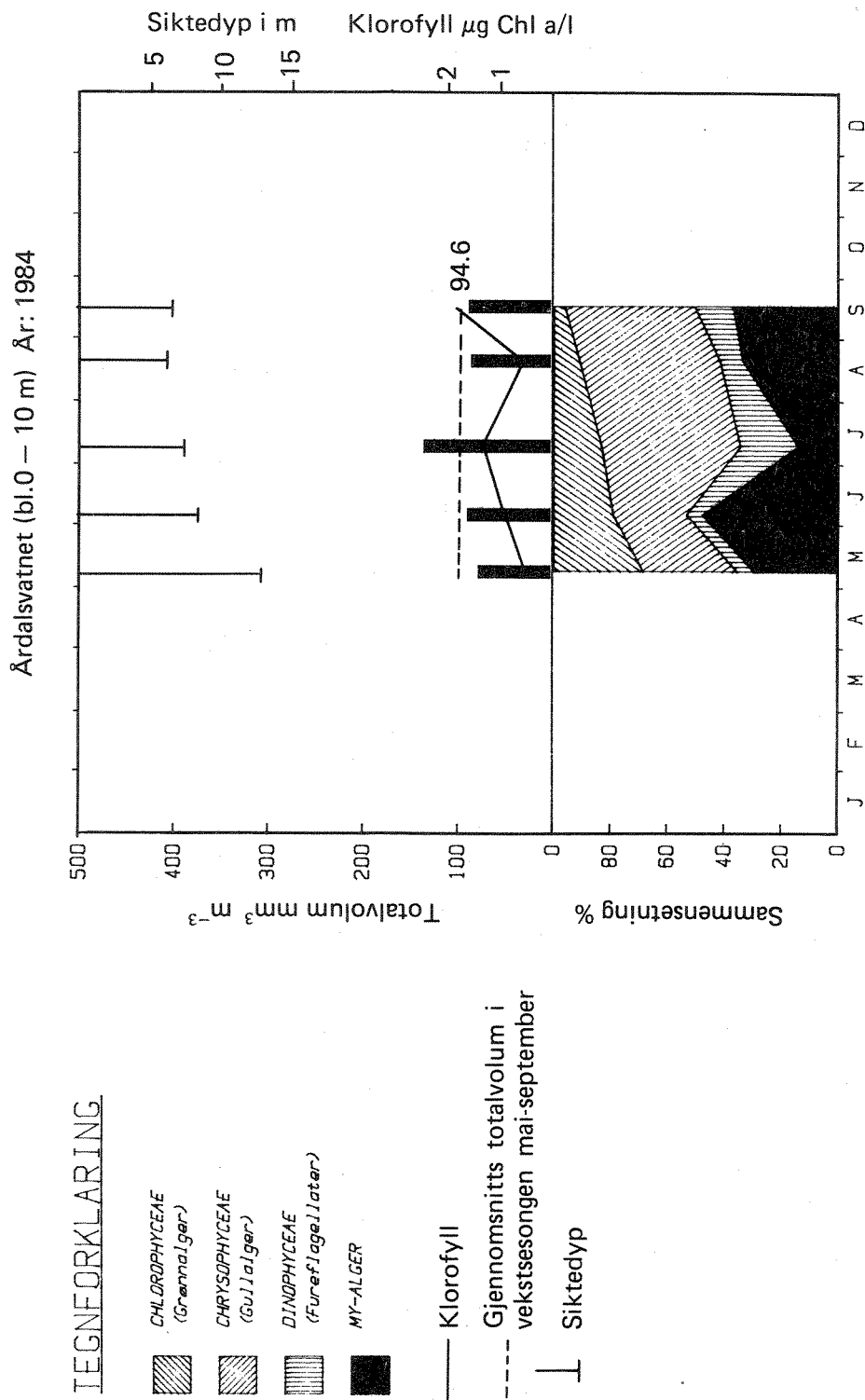
3.3.2 Biologiske forhold

3.3.2.1 Planteplankton

Prøver for analyse av planteplankton ble samlet inn som blandprøver fra vannsjiktet 0-10 m dyp. I alt ble det samlet inn og analysert prøver fra flere tidspunkter i vekstsesongen 1984. Analyseresultatene er vist i figur 3.6 og i tabell 10 og 11 i vedlegget. I figuren er det satt inn de tilsvarende observasjons- og analyseresultatene for siktedyp og klorofyll og verdien for gjennomsnittsvolumet av planteplankton basert på observasjonene i vekstsesongen. For sammenligningens skyld er det tatt med analyseresultatet av en enkelt prøve samlet inn 5. september i 1983 (tabell 3.17). Ved bedømmelse av vannkvalitet ut fra planteplanktonanalyser er følgende forhold viktige for bedømmelsen: Største registrerte totalvolum i vekstsesongen (mai-sept.), gjennomsnittsvolum i vekstsesongen, variasjoner i prosentvis sammensetning av de viktigste algegruppene og mengdeforhold av viktige indikatorarter.

Største registrerte totalvolum i 1984 var $135 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ mens gjennomsnittet for sesongen var $94,6 \text{ mm}^3/\text{m}^3$. Totalvolumet kan selvsagt ha vært høyere til tider da det ikke ble samlet inn prøver. Det registrerte maksimum og gjennomsnittsverdien for algevolumet viser imidlertid at vannmassene er svært næringsfattige. Sammensetningen viser at gruppen gullalger (Chrysophyceae) er mest fremtredende det meste av vekstsesongen. Selv om det ikke er noen dominans av spesielle indikatorarter for oligotrofi, viser arter som Dinobryon crenulatum, Dinobryon cylindricum v. alpinum og Chrysoikos skujai blant gullalgene og Peridinium inconspicuum blant dinoflagellater (Dinophyceae) og mangelen av arter som indikerer mesotrofe og eutrofe forhold, at vannmassene i Årdalsvatnet er lite belastet med næringsalter. Verdiene for totalvolum, volum for de viktigste gruppene og artssammensetning (5. september 1983 (tabell 3.17)), er godt overensstemmende med tilsvarende analyseresultater fra 1984. Verdiene for siktedyp og klorofyll støtter opp under konklusjonen at det ikke kan registreres noen begynnende eutrofierende utvikling i Årdalsvatnet.

Som figuren viser følger ikke siktedypvariasjonene variasjonene av planteplankton. Dette viser at siktedypet er påvirket av andre partikler i vannmassene, brepartikler og annet erosjonsmateriale, og ikke i nevneverdig grad av planteplanktoninnholdet.



Figur 3.6 Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Årdalsvatnet i 1984. Til sammenligning er satt inn tilsvarende verdier for klorofyll og siktedyp.

3.3.2.2 Dyreplankton i Årdalsvatnet 1984

Månedlige prøver av dyreplankton ble samlet inn i perioden mai - september ved hjelp av vertikale håvtrekk fra 0 - 50 metersonen. Håvens maskevidde var 95 µm. Da håvtrekk er lite egnet som kvantitativ metode, presenteres resultatene i form av semikvantitative data gitt som antall individer av krepsdyrplankton pr. prøve (tabell 12 i vedlegget og figur 3.7). Mengden av hjuldyr er grovt anslått (rikelig, vanlig osv.).

6 arter/slekter av hjuldyr ble funnet. Keratella hiemalis, Kellicottia longispina og Conochilus unicornis forekom nokså vanlig i hele perioden, mens de tre øvrige syntes å ha mer kortvarig opptreden i vannmassene. Størst forekomst av hjuldyr totalt sett var det antagelig i august. Ingen av de registrerte artene var klart dominerende i faunaen, og samtlige er vanlig forekommende i næringsfattige innsjøer.

Til sammen 5 arter av planktonkreps (3 hoppekreps og 2 vannlopper) ble funnet i 1984. Planktonet kan med andre ord karakteriseres som artsfattig. Størst tetthet av dyr ble funnet i sommermånedene i forbindelse med økning i vanntemperaturen og mengden av planteplankton. Krepsdyrplanktonet var sterkt dominert av hoppekrepsen Cyclops scutifer med hensyn til individantall. Forøvrig var vannloppene Bosmina longispina og Holopedium gibberum vanlige, og disse representerte trolig 40 - 60 prosent av planktonkrepsbiomassen i juli-august da de ble funnet i størst antall.

C. scutifer er en svært vanlig art med stort utbredelsesområde. Den er ofte dominerende i næringsfattige, "kalde" innsjøer med hardt beitetrykk fra fisk (Løvik & Kjellberg 1982). Arten synes også å tåle stor vanngjennomstrømning forholdsvis bra (Larsson 1978, Haraldstad (red.) 1983). Holopedium - eller gelékrepsen - regnes som en sikker indikatorart for næringsfattige (oligotrofe) innsjøer (Pejler 1983). Arts sammensetningen forøvrig bekrefter også dette inntrykket.

Calanoide hoppekreps forekom svært sparsomt. Det ble bare funnet noen få individer av Heterocope saliens, mens gruppa Diaptomidae ikke var

representert i det hele tatt. Stor vanngjennomstrømming i overflatelaget og i tillegg beiting fra planktonspisende fisk og Cyclops er trolig de viktigste årsakene til at disse har vanskelig for å klare seg i Ardalsvatnet. Liknende forhold er dokumentert i flere innsjøer i Vossevasdraget (Haraldstad (red.) 1983).

Ved en undersøkelse i august 1971 ble Daphnia longispina funnet å være vanlig forekommende i dyreplanktonet (Grande 1971b). Enkelte individer av arten ble også funnet i september 1983. D. longispina ble imidlertid ikke registrert i 1984. Daphnier er kjent for å være lite tolerante overfor sure vannmasser (Raddum et al. 1980). Det er imidlertid ved denne undersøkelsen ikke målt så lave pH-verdier at dette skulle være utslagsgivende for forekomst av Daphnia, selv om det ikke kan utelukkes at dette kan ha forekommet. Fraværet av D. longispina skyldes trolig en kombinasjon av flere faktorer som lav temperatur, stor vanngjennomstrømming, svakt surt vann og eventuelt beiting fra pelagisk aure (kfr. Klemetsen 1967/68, Larsson 1978, Raddum et al. 1980, Haraldstad 1983).

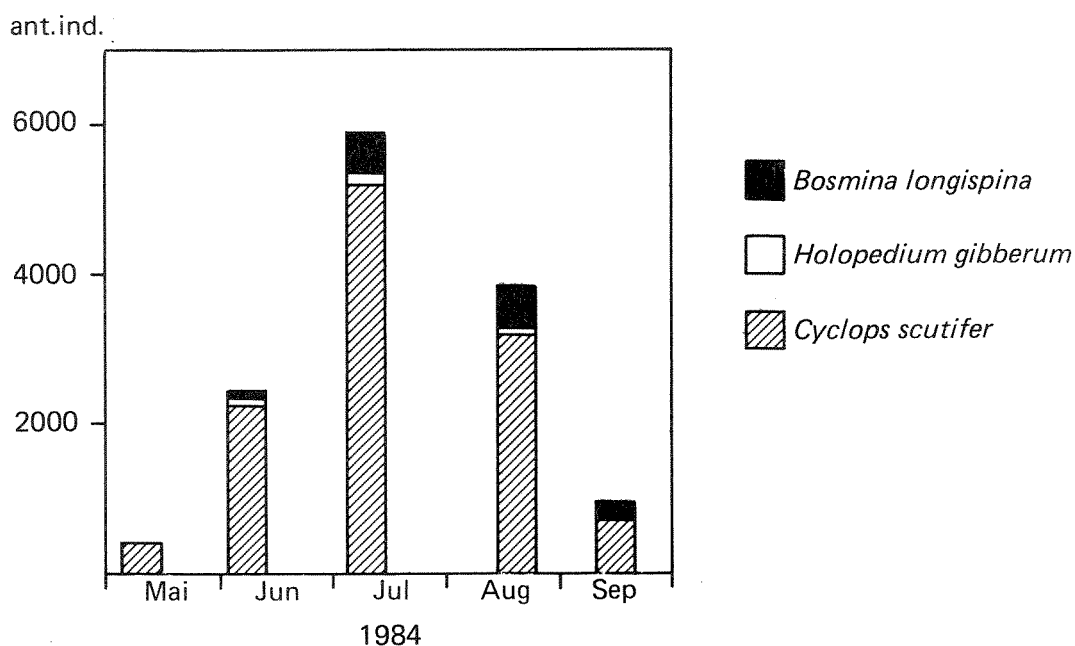


Fig. 3.7 Årdalsvatnet 1984. Forekomst av krepsdyrplankton, basert på semikvantitative data gitt som antall individer pr. håvtrekk fra 0-50 m - sonen

3.3.3 Sammenfatning av fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Ardalsvatn

Ardalsvatnet har en svakt sur vanntype og bufferkapasiteten er lav. Ardalsvatnet er følsomt mot forsurening.

Oksygenforholdene i innsjøen er meget gode og vannet er ikke belastet med organisk stoff.

Under snøsmeltingen i høfjellet fører tilløpselvene ut brepartikler i Ardalsvatn som da har turbide vannmasser.

Tungmetallkonsentrasjonene i Ardalsvatn var gjennomgående lave og vannets innhold av aluminium var på et forventet lavt nivå. Fluoridkonsentrasjonene var lave og i samme størrelsesorden som ved tidligere undersøkelser.

Ardalsvatn hadde gjennomgående lave fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner. Dette viste innsjøens næringsfattige (oligotrofe) karakter, noe som også plante- og dyreplanktonundersøkelsene bekrefter.

4. LITTERATURLISTE

- Baalsrud, K. 1984. Overvåking av Ardalsvassdraget. Fremdriftsrapport 1983. Notat 0-8000233, 4. mai 1984. NIVA, Oslo, 21 s.
- Berglind, L. og Gjessing, E. Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging av PAH-tilførsler til norske vannforekomster. Rapport A3-25 fra Norsk institutt for vannforskning. 48 s.
- Folke- og bustadsteljing 1980. 1424 Årdal. Statistisk Sentralbyrå.
- Grande, M. 1971a. Hydrobiologiske undersøkelser i Ardalsvassdraget. NIVA-rapport 0-90/70.
- Grande, M. 1971b. Hydrobiologiske undersøkelser i Ardalsvassdraget 1971. Rapport 0-90/70. NIVA, Oslo 16 s.
- Grande, M., 1972. Hydrobiologiske undersøkelser i Ardalsvassdraget 1972. NIVA-rapport 0-90/70.
- Grande, M., 1974. Hydrobiologiske undersøkelser i Ardalsvassdraget. NIVA-rapport 0-90/70, 1974.
- Haraldstad, Ø. (red.) 1983. Vosseprosjektet. Ferskvannsøkologisk forskning i Vossevassdraget 1972-1982. Rapport nr. 11 - 1983, 1-83.
- Klemetsen, A. 1967/1968. On the feeding habits of the population of brown trout (Salmo trutta L.) in Jølstervann, West Norway, with special reference to the utilization of planktonic crustaceans. *Nytt Mag. Zool.*, 50-67.
- Knutzen, J. 1980. Effekter av fluorid og polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra et aluminiumsverk med sjøvannsvasking av røykgasser. S. 69-76 i K. Pedersen (red.): Norsk institutt for vannforskning. Arbok 1979. Oslo 1980. 109 s.

- Knutzen, J. 1983. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk. Kontrollundersøkelser 1981-1982. Rapport 0-68019 VI fra Norsk institutt for vannforskning, 23 s.
- Knutzen, J. 1984. Undersøkelse av forurensning med PAH og metaller i Heddalsvatnet 1982-83. Rapport 0-82063 fra Norsk institutt for vannforskning. 39 s.
- Knutzen, J. 1985. Bakgrunnsnivåer av utvalgte metaller og andre grunnstoffer i tang. Øvre grense for "normalinnhold", naturbetingede variasjoner, opptaks- og utskillelsesmekanismer. Rapport 0-83091 II fra Norsk institutt for vannforskning. Under trykking.
- Kristiansen, H. 1971. Undersøkelser av Årdalsvatn som resipient for Øvre Årdal og vannkilde for Årdaltangen vannverk. Rapport 0-22/67. NIVA, Oslo, 32 s.
- Larsson, P. 1978. The life cycle dynamics and production of zooplankton in Øvre Heimdalsvatn. *Holarct. Ecol.* 1, 162-218.
- Lingsten, L. 1984. Moser som metallindikatorer i noen norske ferskvannsføremster. Rapport 0-8007602. NIVA, Oslo, 37 s.
- Løvik, J.E. & Kjellberg, G. 1982. Glåma i Hedmark. Delrapport om dyreplankton. Undersøkelser i tidsrommet 1978-80. Norsk institutt for vannforskning, 0-78045, 1-58.
- Natvig, H., Askevold, R. og Goffeng, J. 1973. Fluorinnhold i norske vannforsyninger. Helsedirektoratet, Oslo.
- Pejler, B. 1983. Zooplanktic indicators of trophic and their food. *Hydrobiologia* 101, 111-114.
- Raddum, G.G., Hobæk, A., Lømsland, E.R. and Johnsen, T. 1980. Phytoplankton and zooplankton in acidified lakes in South Norway. *Proc., Int. conf. ecol. impact acid precip.*, 332-333.

Samla plan for vassdrag 1984. Sogn og Fjordane fylke. Vassdragsrapport 302. Ardalsvassdraget.

Statens forurensningstilsyn, 1984. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1983. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 162/84, SFT, Oslo.

Arflot, O. 1981. Fluor og fluorider hos mennesker, dyr og planter. Landbruksforlaget, Oslo.

ASV-rapport, 1969. En utredning om våre avfallsproblemer.

5. VEDLEGG

Tabell 1. Ardalsvatn 5. september 1983. Fysisk/kjemiske analyseresultater

Para- meter Dyp (m)	pH	Kondu- ktivitet µS/m	Turbi- ditet FTU	Filtr. farge mg Pt/l	Alka- litet mekv/l	Fluor mg F/l
1	6,23	1,00	0,86	25,5	0,045	0,13
150	6,25	1,78	0,52	7,5	0,057	< 0,1

Para- meter Dyp (m)	Kalsium mg Ca/l	Kalium mg K/l	Natrium mg Na/l	Magnesium mg Mg/l	Klorid mg Cl/l	Sulfat mg SO ₄ /l
1	0,75	0,10	0,50	0,16	0,5	1,4
150	1,15	0,18	1,15	0,29	1,7	< 0,1

Para- meter Dyp (m)	Total- fosfor µg P/l	Løst molybdat- reaktivt fosfor µg P/l	Total- nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l
1	3,5	-	150	-
0-10	4,5	2,0	160	60
150	6,5	-	230	-

Para- meter Dyp (m)	Kobber µg Cu/l	Sink µg Zn/l	Bly µg Pb/l	Kadmium µg Cd/l	Kvikksølv µg Hg/l
1	1,5	< 10	< 0,50	< 0,1	< 0,04
0-10	(18)	(30)	0,50	0,1	< 0,04
150	2,0	< 10	< 0,50	< 0,1	< 0,04

Tabell 2. Ardalsvatn 9. mai 1984. Fysisk/kjemiske analyseresultater

Para- meter Dyp (m)	pH	Konduk- tivitet mS/m	Turbi- ditet FTU	Filtr. farge mg Pt/l	Alka- litet mekv/l	Kalsium mg Ca/l	Sulfat mg SO ₄ /l
0-10	6,24	1,49	0,64	3,1	0,055	1,09	3,2
20	5,25	1,49	0,45	3,1	0,054	1,10	3,1
50	6,24	1,48	0,22	3,1	0,052	1,09	3,1
100	6,24	1,49	0,45	3,3	0,052	1,08	3,2
150	5,61	1,81	0,85	2,8	0,046	1,09	3,2

Para- meter Dyp (m)	Total- fosfor µg P/l	Løst molybdat- reaktivt fosfor µg P/l	Total- nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l	Fluor mg F/l	Aluminium µg Al/l
0-10	3,5	1,0	225	99	0,14	39
20	3,5	1,0	265	98	0,13	27
50	3,0	0,5	190	98	0,14	28
100	3,0	0,5	205	98	0,14	27
150	6,0	4,0	210	108	0,14	39

Tabell 3. Ardalsvatn 6. juni 1984. Fysisk/kjemiske analyseresultater

Para- meter Dyp (m)	pH	Konduk- tivitet mS/m	Turbi- ditet FTU	Filtr. farge mg Pt/l	Alka- litet mekv/l	Kalsium mg Ca/l	Sulfat mg SO ₄ /l
0-10	6,19	1,45	0,88	< 1	0,047	0,95	2,8
20	6,28	1,36	0,88	< 1	0,046	0,95	2,4
50	6,25	1,36	0,82	< 1	0,047	0,98	2,4
100	6,25	1,43	0,75	< 1	0,046	0,94	2,3
150	6,30	1,49	0,58	1,4	0,047	0,99	2,2

Para- meter Dyp (m)	Total- fosfor µg P/l	Løst molybdat- reaktivt fosfor µg P/l	Total- nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l	Fluor mg F/l	Aluminium µg Al/l
0-10	3,5	0,5	375	96	< 0,1	47
20	4,0	0,5	215	97	< 0,1	38
50	5,0	0,5	265	97	< 0,1	48
100	5,0	0,5	240	99	< 0,1	35
150	4,0	0,5	215	99	< 0,1	46

Tabell 4. Ardalsvatn 10. juli 1984. Fysisk/kjemiske analyseresultater

Para- meter Dyp (m)	pH	Konduk- tivitet mS/m	Turbi- ditet FTU	Filtr. farge mg Pt/l	Alka- litet mekv/l	Kalsium mg Ca/l	Sulfat mg SO ₄ /l
0-10	6,21	1,05	0,75	3,5	0,049	0,77	1,9
20	6,26	1,06	0,84	1,0	0,046	0,79	1,9
50	6,21	1,28	0,57	4,5	0,047	0,90	2,1
100	5,97	1,42	0,62	4,5	0,047	0,97	2,3
150	6,23	1,49	0,46	3,5	0,050	1,00	2,4

Para- meter Dyp (m)	Total- fosfor µg P/l	Løst molybdat- reaktivt fosfor µg P/l	Total- nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l	Fluor mg F/l	Aluminium µg Al/l
0-10	3,5	0,5	190	48	< 0,1	19
20	3,5	< 0,5	200	56	< 0,1	20
50	6,5	1,5	200	86	< 0,1	23
100	3,0	0,5	210	94	< 0,1	23
150	3,0	0,5	200	94	< 0,1	17

Tabell 5. Ardalsvatn 21. august 1984. Fysisk/kjemiske analyseresultater

Para- meter Dyp (m)	pH	Konduk- tivitet mS/m	Turbi- ditet FTU	Filtr. farge mg Pt/l	Alka- litet mekv/l	Kalsium mg Ca/l	Sulfat mg SO ₄ /l
0-10	6,67	1,01	1,0	6,0	0,049	0,74	1,9
20	6,45	1,01	1,1	6,0	0,043	0,73	1,8
50	6,27	1,35	0,57	6,0	0,043	0,89	2,4
100	6,28	1,48	0,49	2,0	0,044	0,98	2,5
150	6,34	1,67	0,73	4,0	0,046	1,01	2,7

Para- meter Dyp (m)	Total- fosfor µg P/l	Løst molybdat- reaktivt fosfor µg P/l	Total- nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l	Fluor mg F/l	Aluminium µg Al/l
0-10	5,0	1,0	170	45	< 0,1	28
20	3,5	< 0,5	160	47	< 0,1	32
50	5,0	0,5	210	89	< 0,1	21
100	4,0	0,5	230	96	< 0,1	27
150	4,0	0,5	270	101	< 0,1	22

Tabell 6. Ardalsvatn 21. august 1984. Fysisk/kjemiske analyseresultater

Para- meter Dyp (m)	Kalium mg K/l	Natrium mg Na/l	Klorid mg Cl/l	Magnesium mg Mg/l
0-10	0,15	0,54	0,5	0,16
20	0,14	0,54	0,5	0,16
50	0,18	0,82	0,9	0,22
100	0,19	0,93	1,1	0,24
150	0,22	1,15	1,4	0,26

Para- meter Dyp (m)	Kobber $\mu\text{g Cu/l}$	Sink $\mu\text{g Zn/l}$	Kadmium $\mu\text{g Cd/l}$	Kvikksølv $\mu\text{g Hg/l}$
0-10	(20,5)	< 10	0,15	< 0,5
20	6,8	10	0,17	< 0,5
50	3,1	< 10	< 0,010	0,5
100	4,3	< 10	< 0,10	0,5
150	4,8	< 10	0,10	< 0,5

Tabell 7. Ardalsvatn 17. september 1984. Fysisk/kjemiske analyseresultater

Para- meter Dyp (m)	pH	Konduk- tivitet mS/m	Turbi- ditet FTU	Filtr. farge mg Pt/l	Alka- litet mekv/l	Kalsium mg Ca/l	Sulfat mg SO ₄ /l
0-10	6,27	1,01	0,91	1,0	0,046	0,78	2,1
20	6,22	1,05	1,0	1,0	0,045	0,79	2,1
50	6,14	1,33	0,94	2,0	0,042	0,91	2,2
100	6,12	1,48	0,56	2,0	0,047	0,97	2,4
150	6,12	1,65	0,58	2,0	0,049	1,02	2,4

Para- meter Dyp (m)	Total- fosfor µg P/l	Løst molybdat- reaktivt fosfor µg P/l	Total- nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l	Fluor mg F/l	Aluminium µg Al/l
0-10	4,5	1,0	170	57	< 0,1	18
20	4,5	1,5	150	60	< 0,1	12
50	3,5	3,5	200	99	< 0,1	18
100	4,0	3,0	200	108	< 0,1	33
150	3,5	2,5	200	111	< 0,1	34

Tabell 8. Registrerte begroingsarter i prøver samlet på stasjoner i Årdalsvassdraget 5. september 1983

ART	Hæredselva (H1)	Utla (U1)	Fardalselva (F1)	Årdalselva (A1)
De viktigste artene mengdemessig er angitt med dekningsgrad (skala på figur). Andre registrerte arter er markert med x uten nærmere angivelse av hvor fremtredende de var i begroingen.				
<u>Cyanophyceae (blågrønnalger)</u>				
Chamaesiphon confervicola		x	x	x
Clastidium setigerum	x			
Lyngbya sp. (b = 1 µm)			x	
cf. Phormidium boryanum	1			
Scytonema mirabile				x
Stigonema mamillosum	4			
Tolypothrix distorta v. penicillata	x			
<u>Chlorophyceae (grønnalger)</u>				
Bulbochaete sp.	x			
Closterium sp.		x		
Cosmarium sp.		x		
Hormidium rivulare	3-4	x	1	x
Microspora sp. (b = 9-11 µm)	x		x	1
Spirogyra sp. (b = 23 µm)				x
Staurastrum sp.		x		
<u>Bacillariophyceae (kiselalger)</u>				
Tabellaria flocculosa		x	x	x
<u>Rhodophyceae (rødalger)</u>				
Lemanea fluviatilis	3		x	
<u>Chrysophyceae (gullalger)</u>				
Hydrurus foetidus	x	3	1	2
<u>Bryophyta (moser)</u>				
Blindia acuta			2	2
Fontinalis dalecarlica	3			3
Hygrohypnum alpinum			1	3
Hygrohypnum ochraceum	1-2			
Rhacomitrium aciculare	2	1		3
Rhacomitrium aquaticum			x	

Tabell 9. Registrerte begroingsarter i prøver på stasjoner i Årdalsvassdraget 21. august 1984

ART	Hæredselva (H1)	Utla (U1)	Fardalselva (F1)	Årdalselva (A1)
De viktigste artene mengdemessig er angitt med dekningsgrad (skala på figur). Andre registrerte arter er markert med x uten nærmere angivelse av hvor fremtredende de var i begroingen.				
<u>Cyanophyceae (blågrønnalger)</u>				
Chamaesiphon confervicola	x	x	x	x
Lyngbya sp. (b = 1 µm)				x
Stigonema mamillosum	x			
Tolypothrix distorta v. penicillata	x		x	
<u>Chlorophyceae (grønnalger)</u>				
Bulbochaete sp.	x			
Cosmarium sp.	x			
Hormidium rivulare	x	2	3	x
Microspora sp. (b = 9-11 µm)	x	x	x	3-4
Microspora sp. (b = 17-20 µm)	2-3			
Penium cf. polymorphum		x	x	x
Spondylosium planum	x			
Staurastrum sp.	x	x	x	
<u>Bacillariophyceae (kiselalger)</u>				
Achnanthes minutissima	x			
Ceratoneis arcus			x	x
Cymbella ventricosa	x		x	
Diatoma hiemale v. mesodon	x			
Eunotia exigua			x	x
Fragilaria virescens v. capitata	x			
Frustula rhomboides				x
Tabellaria flocculosa	x	x	x	x
<u>Rhodophyceae (rødalger)</u>				
Batrachospermum sp	x			
Lemanea fluviatilis	3			1-2
<u>Chrysophyceae (gullalger)</u>				
Hydrurus foetidus	2	x	x	
<u>Bryophyta (moser)</u>				
Blindia acuta			2	2
Fontinalis dalecarlica	5			4-5
Hygrohypnum alpinum			1	3-4
Hygrohypnum ochraceum	2-3			
Rhacomitrium aciculare	4	2-3		1-2
Rhacomitrium aquaticum			1	

Tabell 10. Kvantitative planteplanktonprøver fra Ardalsvatnet
(b1.0-10 m). Volum mm³/m³

GRUPPER/ARTER	Dato=>	830905

Chlorophyceae (Grønnalger)		
Carteria sp.1 (1=7-9)		2.3
Koliella sp.		5.0
Monomastix sp.		.2
Oocystis submarina v.variabilis		.6
Staurodesmus triangularis v.subhexagonus		2.3
Tetrastrum triangulare		.5
Staurodesmus indentatus		.9
Sum		11.9
Chrysophyceae (Gullalger)		
Chrysoikos skujai		.9
Craspedomonader		.2
Cyster av chrysophyceer		.2
Dinobryon borgei		.5
Dinobryon crenulatum		.4
Dinobryon sociale v.americanum		.6
Kephyrion spp.		1.6
Phaeaster aphanaster		.2
Små chrysomonader (<7)		14.1
Store chrysomonader (>7)		8.1
Ubest.chrysomonade		.9
Ubest.chrysophyce		1.1
Sum		28.9
Cryptophyceae		
Cryptomonas marssonii		1.7
Cryptomonas spp. (1=24-28)		1.6
Katablepharis ovalis		.3
Rhodomonas lacustris		7.7
Sum		11.3
Dinophyceae (Fureflagellater)		
Gymnodinium cf.lacustre		7.1
Peridinium inconspicuum		3.7
Ubest.dinoflagellat		1.2
Sum		12.0
My-alger		
Sum		19.6

Total		83.7
=====		

Tabell 11. Kvantitative planteplanktonprøver fra Årdalsvatnet
 (bl. 0-10 m). Volum mm³/m³

GRUPPER/ARTER	Dato=>	B40509	B40606	B40710	B40821	B40917
Chlorophyceae (Grønnalger)						
<i>Chlamydomonas</i> sp. (l=10)		10.0	-	-	-	-
<i>Chlamydomonas</i> sp. (l=8)		-	.2	-	.3	-
<i>Cosmarium</i> sp. (l=8,b=8)		-	-	-	.2	-
<i>Cosmarium</i> sp.2 (l=10,b=12)		-	2.1	-	-	-
<i>Crucigenia quadrata</i>		-	-	-	.2	-
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> v. <i>minutum</i>		-	-	-	.8	.6
<i>Euastrum</i> sp. (l=10,b=10)		-	-	1.6	-	-
<i>Koliella</i> sp.		14.2	15.4	19.5	1.4	1.9
<i>Monomastix</i> sp.		.2	-	.3	-	-
<i>Oocystis submarina</i> v. <i>variabilis</i>		.2	-	-	2.5	1.1
<i>Staurodesmus extensus</i>		-	1.1	-	-	-
<i>Tetraedron minimum</i> v. <i>tetralobulatum</i>		.0	-	.1	.2	.2
Ubest.cocc.gr.alge (<i>Chlorella</i> sp.?)		-	.2	-	2.4	-
Sum		24.7	18.9	21.4	7.9	3.7
Chrysophyceae (Gullalger)						
<i>Bitrichia chodatii</i>		-	-	.2	1.4	.2
<i>Chrysoikos skujai</i>		1.5	-	3.2	.2	.2
<i>Craspedomonader</i>		.2	-	-	-	.3
Cyster av chrysophyceer		-	.2	1.3	-	1.8
<i>Dinobryon borgei</i>		-	-	-	.1	-
<i>Dinobryon crenulatum</i>		-	-	.4	.6	.5
<i>Dinobryon cylindricum</i> var. <i>alpinum</i>		.5	1.4	7.9	-	-
<i>Dinobryon suecicum</i>		-	.1	-	-	-
<i>Kephyrion</i> spp.		-	-	.5	.1	.2
Løse celler <i>Dinobryon</i> spp.		-	-	.7	-	-
Små chrysoomonader (<7)		14.3	11.9	24.6	22.4	22.6
Store chrysoomonader (>7)		9.1	9.1	22.3	16.2	10.6
Ubest.chrysoomonade		-	.3	-	-	3.1
Ubest.chrysophyceer		-	-	-	.4	-
Sum		25.5	23.0	60.9	41.4	39.4
Bacillariophyceae (Kiselalger)						
<i>Rhizosolenia longiseta</i>		-	-	7.5	-	.1
Sum		-	-	7.5	-	.1
Cryptophyceae						
<i>Katablepharis ovalis</i>		-	-	2.9	-	.1
<i>Rhodomonas lacustris</i> (v. <i>nannoplantica</i>)		-	-	-	1.1	.6
Sum		-	-	2.9	1.1	.8
Dinophyceae (Fureflagellater)						
Cyster av dinoflagellater		-	-	1.6	-	.4
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lacustre</i>		2.7	2.2	22.3	4.6	3.3
<i>Gymnodinium</i> sp.1 (l=14-15)		-	-	-	-	3.3
<i>Peridinium inconspicuum</i>		-	2.2	1.1	-	2.5
Ubest.dinoflagellat		1.9	.5	.2	2.2	2.1
Sum		4.6	4.9	25.3	6.7	11.6
My-alger						
Sum		22.6	42.2	16.9	27.9	31.8
Total						
		77.4	89.0	135.0	85.0	87.4

Tabell 12. Forekomst av dyreplankton i Ardalsvatnet 1984.

Semikvantitative data for planktonkreps gitt som antall individer pr. håvtrekk fra 0-50 m - sonen.

Gruppe, art	Dato	9.5	6.6	10.7	21.8	17.9
<u>HJULDYR (Rotatoria)</u>						
Keratella hiemalis Carlin		++	++	++	++	(+)
Keratella cochlearis (Gosse)		+	(+)	(+)	++	
Kellicottia longispina (Kellicott)		+(+)	+	+	+	(+)
Polyarthra spp.				+	++	
Conochilus unicornis Rousselet		+	(+)	+	+	++
Collotheca spp.		(+)	+	(+)		
<u>KREPSDYR (Crustacea)</u>						
<u>Hoppekreps (Copepoda)</u>						
Heterocope saliens (Lilljeborg) ad.					2	
cop.				10		
naup.		1				
sum		1		10	2	
Cyclops scutifer G.O. Sars	ad.	4	140	470	145	10
	cop.	148	900	2370	120	5
	naup.	256	1210	2350	2935	710
	Sum	408	2250	5190	3200	725
Harpacticoida ubest.	Sum		20			
Hoppekreps totalt		409	2270	5200	3202	725
<u>Vannlopper (Cladocera)</u>						
Holopedium gibberum Zaddach		7	70	170	60	
Bosmina longispina Leydig		11	100	530	575	230
Vannlopper totalt		18	170	700	635	230
Krepsdyrplankton totalt		427	2440	5900	3837	945

Mengdeangivelse for hjuldyr:

- +++ rikelig
- ++ vanlig
- + mindre vanlig
- (+) sjelden