



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 609/95

Oppdragsgiver

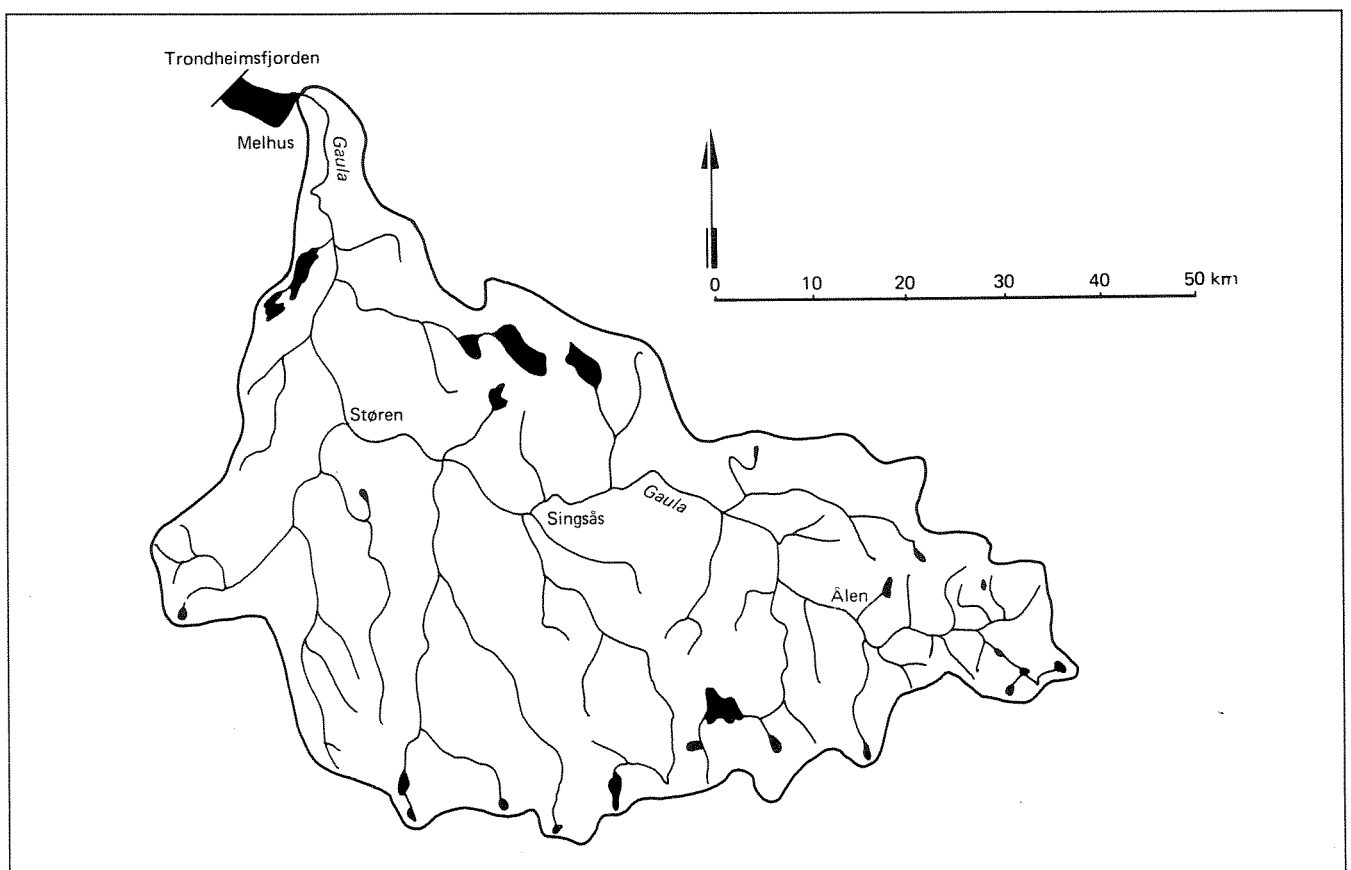
Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon NIVA, LFI

Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag

Vannkjemiske og biologiske
undersøkelser

Årsrapport for 1994



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-90051	Undernr.:
Løpenr.: 3286	Begr. distrib.:

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

Rapportens tittel: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og biologiske undersøkelser. Årsrapport for 1994. (Overvåkingssrapport nr. 609/95). TA-nr. 1223/1995.	Dato: 22.06. 1995 Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Vassdrag
Forfatter(e): Tor S. Traaen Jo Vegar Arnekleiv Eigil R. Iversen Eli-Anne Lindstrøm	Geografisk område: Sør-Trøndelag
	Antall sider: 48 Opplag:

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:
I 1994 ble det utført vannkjemisk og biologisk overvåking i øvre deler av Gaula for å studere effektene av forurensningsbegrensende tiltak ved Kjøli og Killingdal gruver. Arlig transport av kobber ved Reitan er redusert fra ca 14 tonn i 1986/87 til 2.3 tonn i 1993 og 1.3 tonn i 1994. På grunn av lav vannføring i 1994 var kobberkonsentrasjonene i annet halvår gjennomgående noe høyere enn i 1993. Dette har trolig forsinket etableringen av nye arter i den øvre del av elva. Høsten 1994 ble det allikevel registrert høyere artsantall av bunndyr og større tetthet av fisk enn i 1991. Rett nedstrøms tilløpene av de sure metallholdige gruvebakkene er det fremdeles giftvirkninger på organismene i elva. I den lakseførende delen av elva er giftvirkningene opphørt, og ved Eggafossen er det nå etablert en normal flora og fauna, inkludert en god ungfiskbestand av laks.

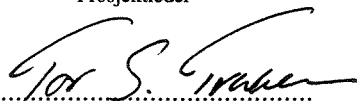
4 emneord, norske

1. Gruveforurensning
2. Tungmetaller
3. Begroing
4. Fisk og bunndyr

4 emneord, engelske

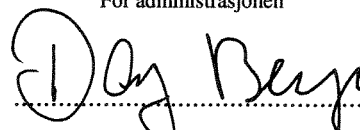
1. Mine pollution
2. Heavy metals
3. Periphyton
4. Fish and bottom animals

Prosjektleder



Tor S. Traaen

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN 82-577-2810-1



Statlig program for
forurensningsovervåking

O - 9 0 0 5 1

OVERVÅKING AV GAULA, SØR-TRØNDELAG

Vannkjemiske og biologiske undersøkelser

ÅRSRAPPORT 1994

Saksbehandler: Tor S. Traaen

Medarbeidere: Eli-Anne Lindstrøm

Eigil Rune Iversen

Jo Vegar Arnekleiv (LFI)

Norsk Institutt for Vannforskning

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	3
2. INNLEDNING	6
3. VANNKJEMI OG HYDROLOGI	10
3.1 VANNKJEMISKE RESULTATER.....	10
3.2. TRANSPORTBEREGNINGER AV KOBBER OG SINK.....	15
4. BEGROING.....	16
4.1. METODER.....	16
4.2. RESULTATER	16
4.3. DISKUSJON OG SAMMENFATNING	22
5. BUNNDYR.....	24
5.1 INNLEDNING	24
5.2 METODER.....	24
5.3 RESULTATER	25
5.3.1 Bunndyrsammensetning og mengder	25
5.3.2 Artssammensetning.....	28
6. FISK	32
6.1 METODER.....	32
6.2 RESULTATER	32
LITTERATUR.....	35
VEDLEGG.....	37

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Under Statlig Program for Forurensningsovervåking ble det i årene 1986-1987 gjennomført en undersøkelse av biologiske og vannkjemiske forhold i Gaula. Gaulas øvre deler var sterkt skadet av tungmetall- forurensninger fra de nedlagte gravene ved Kjøli og Killingdal. Totalt var ca. 33 km av elva fra nedstrøms Storbekken til Eggafossen fisketom, og både alge- og bunndyrsamfunnene var sterkt skadet.

I 1989-90 ble det utført omfattende forurensningsbegrensende tiltak ved gruveområdene. Ved Kjøli ble veltene overdekket med plastduk og morenemasse for å hindre utvasking av tungmetaller. Ved Killingdal ble de mest forurensende veltene fylt ned i gruvass dagåpning, og fra midten av oktober 1990 opphørte pumping av vann fra graven. Videre ble det laget dreneringsgrøfter rundt veltene.

I mars 1990 ble det startet en enkel vannkjemisk overvåking ved 3 målestasjoner i øvre Gaula for å studere effektene av tiltakene i gruveområdene. Fra 1991 ble prøvetakingen utvidet til 5 stasjoner i hovedvassdraget, samt sidevassdraget Skuru. I 1993 og 1994 ble det også tatt stikkprøver av Rugla.

I 1994 økte middelkonsentrasjonene av kobber noe i forhold til i 1993. Årsaken var trolig lange perioder med lav vannføring og dårlig fortykning. Vannføringsveide konsentrasjonene av tungmetaller har imidlertid gått ned for hvert år etter at de forurensningsbegrensende tiltakene ble gjennomført. Vannføringsveide årsmiddelverdier for kobber var 61 µg/l i 1986-1987, 30 µg/l i 1990, 16 µg/l i 1991, 12 µg/l i 1992, 9.9 µg/l i 1993 og 8.5 µg/l i 1994.

Årlig transport av kobber og sink ved Reitan var i 1994 nede i hhv 1.3 og 8.2 tonn. Dette var en nedgang fra 2.3 tonn kobber og 10 tonn sink i 1993. Til sammenlikning var transportene i 1986/87 12-16 tonn kobber og 27-33 tonn sink. Fra 1986/87 til 1994 er kobbertransporten redusert med ca. 91 % og sinktransporten med ca. 73 %.

I 1991/92 ble det registrert en markert normalisering av begroingsamfunnet i elva. Senere har denne utviklingen bare delvis fortsatt. Selv om samfunnet nedstrøms Storbekken (G2) viste ytterligere tegn på normalisering i 1994 var det fremdeles preget av redusert mangfold med overvekt av moderat metalltolerante arter. Ved Grubekken (G3) og Reitan (G4) hadde det sogar skjedd en liten forverring av forholdene. Okerbelegget var mer påfallende enn i 1991/92 og artsmangfoldet noe mindre. Dessuten hadde moderat metalltolerante arter som var i ferd med å etablere seg i 1991/92, ikke fått økt forekomst. Så lenge det forekommer episoder med kobberverdier over 10-15 µg/l, trolig i kombinasjon med forhøyde verdier av sink, vil artsmangfoldet være redusert. I 1991/92 bar begroingsamfunnet ved Ålen (G5) noe preg av generelle forurensninger. Dette inntrykket ble bekreftet i 1994. Forøvrig er begroingsamfunnet i denne del av vassdraget fremdeles i ferd med å normaliseres. Hvorvidt redusert mangfold vesentlig skyldes generelle forurensninger eller høyt metallinnhold er vanskelig å vurdere. Sannsynligvis er begge forurensningstyper av betydning. Ved Eggafossen (G6) og Singsås (G7) er trolig begroingen nå helt normalisert hva tungmetaller angår. Andre typer forurensning ble heller ikke registrert i denne del av vassdraget.

Resultatet av bunndyrundersøkelsene viser at forholdene i Gaula er betydelig forbedret i 1992 og 1994 som følge av gjennomførte tiltak. Det foregår en betydelig rekolonisering av bunndyr på tidligere totalskadde lokaliteter mellom Storbekken og Ålen. Eksempelvis er antall arter av døgn- og steinfluer registrert på de to mest skadde lokalitetene nedenfor Storbekken fra Kjølvi (st. G2 og G3) økt fra 1 art i 1986/87 til 11 arter i 1991/92 og 14 arter i 1994. Både mengden bunndyr og artsantallet på elvestrekningen mellom Storbekken og Ålen er imidlertid fortsatt lavere enn på referansestasjonen og det en kan forvente i uforurenset elv. Bunnfaunaen på stasjon G6, Haltdal, er fullt restituert, og en kan neppe lenger spore effekter av tungmetaller på bunndyr og fisk videre nedover Gaula.

Det ble ved elektrofiske påvist ørret på tidligere fisketomme områder mellom Ålen og Reitan både i 1992 og 1994. Resultatene indikerer en liten forbedring fra 1992 til 1994 i det tettheten av ørret på lokalitetene G4, G4d og G5c var økt. Ørreten er i ferd med å reetablere bestander på de minst forurensa lokalitetene, men foreløpig synes det ikke å være naturlig rekruttering av noe omfang på strekningen, og reetablering skjer ved nedvandring av fisk fra sidebekker. Det vil sannsynligvis enda ta noen år å bygge opp igjen ørretbestanden i elva. Nedenfor Grubekken (G3) ble det heller ikke i 1994 registrert fisk, noe som antas å skyldes økt giftighet av kobber i utfellingssonen mellom gruvevannet fra Killingdal og vannet i Gaula.

Ved Eggafossen, øverst i lakseførende strekning, ble det registrert en klar økning i tetthet av ungfisk, særlig laks, fra 1986 til 1994. Tettheten av laksunger er nå like stor her (75 ind./100 m²) som på andre gode lokaliteter i Gaula. I lakseførende del av Gaula er det nå trolig ikke giftvirkninger på fisk lenger.

Resultatene viser at forholdene i Gaula er betydelig forbedret som følge av tiltakene. Undersøkelsene har vist at det foregår en betydelig rekolonisering av flora og fauna på tidligere totalskadde lokaliteter.

Siden forurensningene hittil er redusert for hvert år siden anleggsvirksomheten ved gruveområdene ble avsluttet, kan det være grunn til å håpe på at forholdene i Gaula kan forbedres ytterligere i årene fremover.

Vannkvalitet i Gaula, 1986 - 1994.

Lokalitet	St.nr.	1986/87	1990	1991	1992	1993	1994
Oppstrøms Storbekken	G1	I	I	I	I	I	I
Rett nedstrøms Storbekken	G1b	V	V	IV	III	III	III
3 km nedstrøms Storbekken	G2	V	IV	IV	III	III	III
Rett nedstrøms Sya	G2b	V	IV	III	III	II	II
Rett oppstrøms Grubekken	G2c	V	III	III	II	II	II
Rett nedstrøms Grubekken	G3	V	IV	IV	III	III	III
Reitan	G4	V	IV	IV	III	III	III
Ålen	G5	IV	IV	III	III	III	III
Eggafossen	G6	IV	III	III	III	II	III
Singsås	G7	III	II	II	II	II	II

Tilstandsklasser for kobber (etter SFT-veiledning nr.92:06):

I	"God"	<2 µg/l
II	Mindre god	2-5 µg/l
III	Nokså dårlig	5-15 µg/l
IV	"Dårlig"	15-50 µg/l
V	Meget dårlig	>50 µg/l

2. INNLEDNING

Under Statlig Program for Forurensningsovervåking ble det i årene 1986-1987 gjennomført en undersøkelse av biologiske og vannkjemiske forhold i Gaula. Gaulas øvre deler var sterkt skadet av tungmetall- forurensninger fra de nedlagte gravene ved Kjøli og Killingdal. Totalt var ca. 33 km av elva fra nedstrøms Storbekken til Eggafossen fisketom, og både alge- og bunndyrsamfunnene var sterkt skadet.

I 1986-1987 var den årlige transporten i Gaula ved Reitan ca 27-33 tonn sink og ca. 12-16 tonn kobber. Undersøkelsene viste at det var vannets kobberinnhold som var mest kritisk for livet i elva.

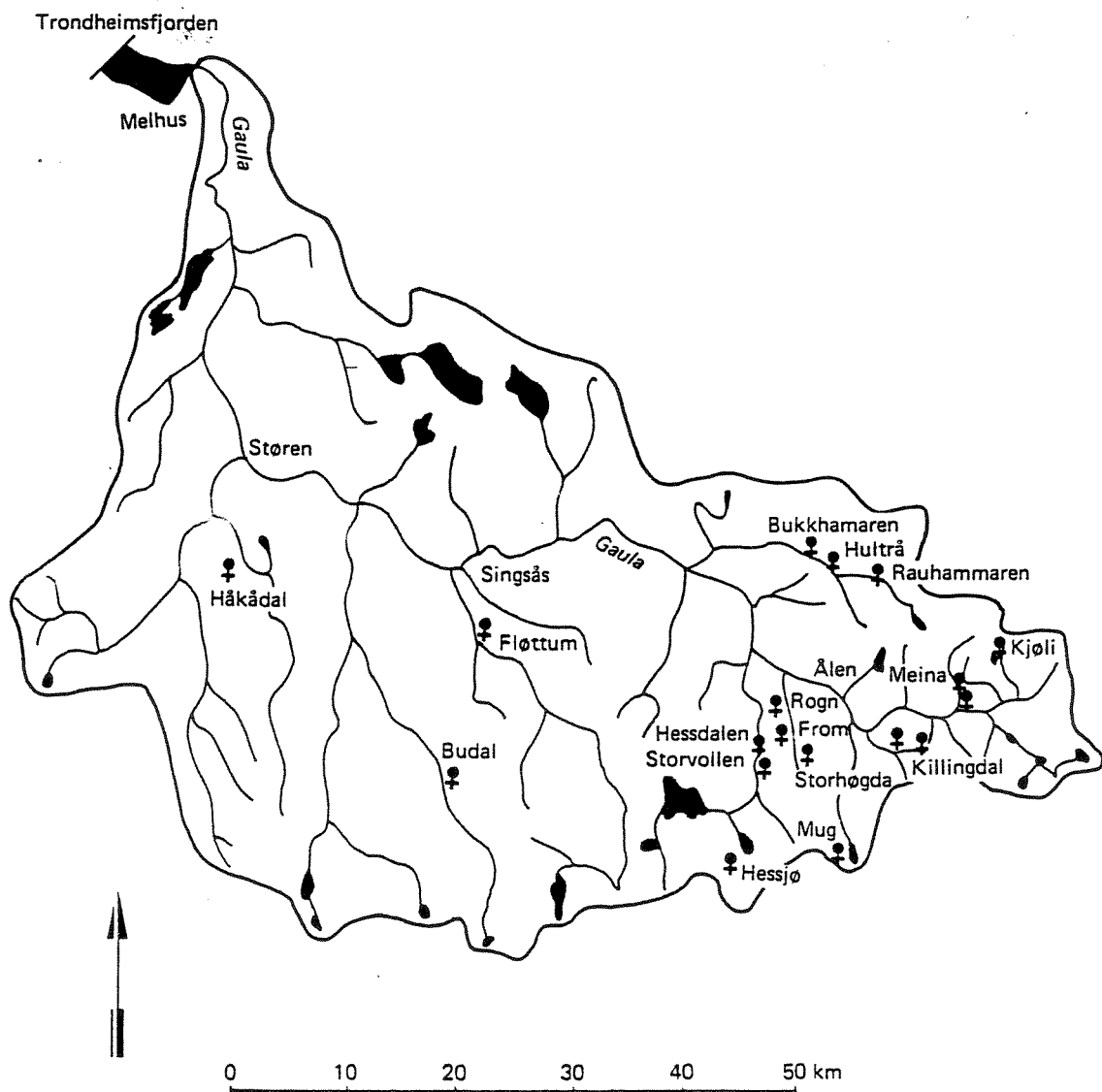
I 1989-90 ble det utført omfattende forurensningsbegrensende tiltak ved gruveområdene. Ved Kjøli ble veltene overdekket med plastduk og morenemasse for å hindre utvasking av tungmetaller. Ved Killingdal ble de mest forurensende veltene fylt ned i gruvas dagåpning. Fra midten av oktober 1990 opphørte pumping av vann fra gruva. Sigevann fra området ble ledet til gruva, og på grunn av høy temperatur nede i gruva regnet man med å kunne fordampe tilsiget ved å holde ventilasjonsanlegget i gang. Senere har det vist seg at gruva begynner å fylles med vann.

Beliggenheten av gamle gruver i Gaulas nedbørfelt er vist i figur 2.1. Figur 2.2 viser navn på de viktigste sidevassdragene. Målestasjonene for undersøkelsene i 1986/87 og 1990-94 er vist i figur 2.3.

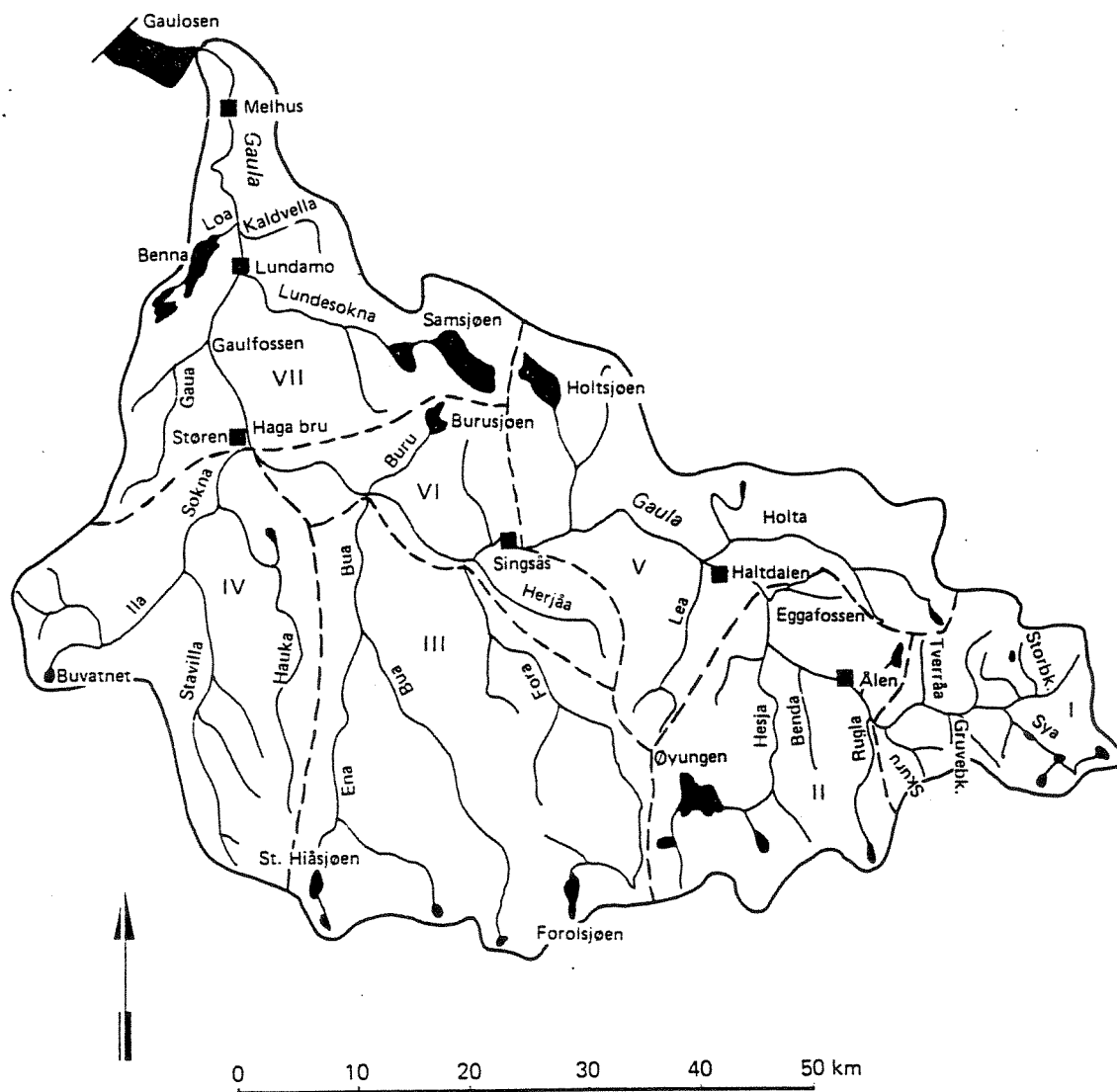
I mars 1990 ble det startet en enkel vannkjemisk overvåking ved 3 målestasjoner i øvre Gaula. Øverste stasjon, G2, ligger ca 3 km nedstrøms Storbekken fra Kjøli. Neste stasjon, G3, ligger ca 1 km nedstrøms Gruvbekken fra Killingdal. Stasjon G4 ligger ved Reitan, ca 2 km nedstrøms sideelva Skuru. Skuru mottar tungmetaller fra Nye Killingdal Gruver i Bjørgenåsen. I 1991-1994 ble også tatt prøver ved stasjonene G5 (Ålen) og G6 (Eggafossen). Det ble også tatt en del stikkprøver i Skuru og Rugla (1993-1994). Prøvene ble analysert på følgende parametre: Kobber og sink (alle stasjonene), pH, konduktivitet, turbiditet, sulfat (G2 - G4).

I 1991 og 1992 ble det tatt prøver av begroing, bunndyr og fisk på den berørte elvestrekningen. Nye biologiske undersøkelser ble utført i 1994.

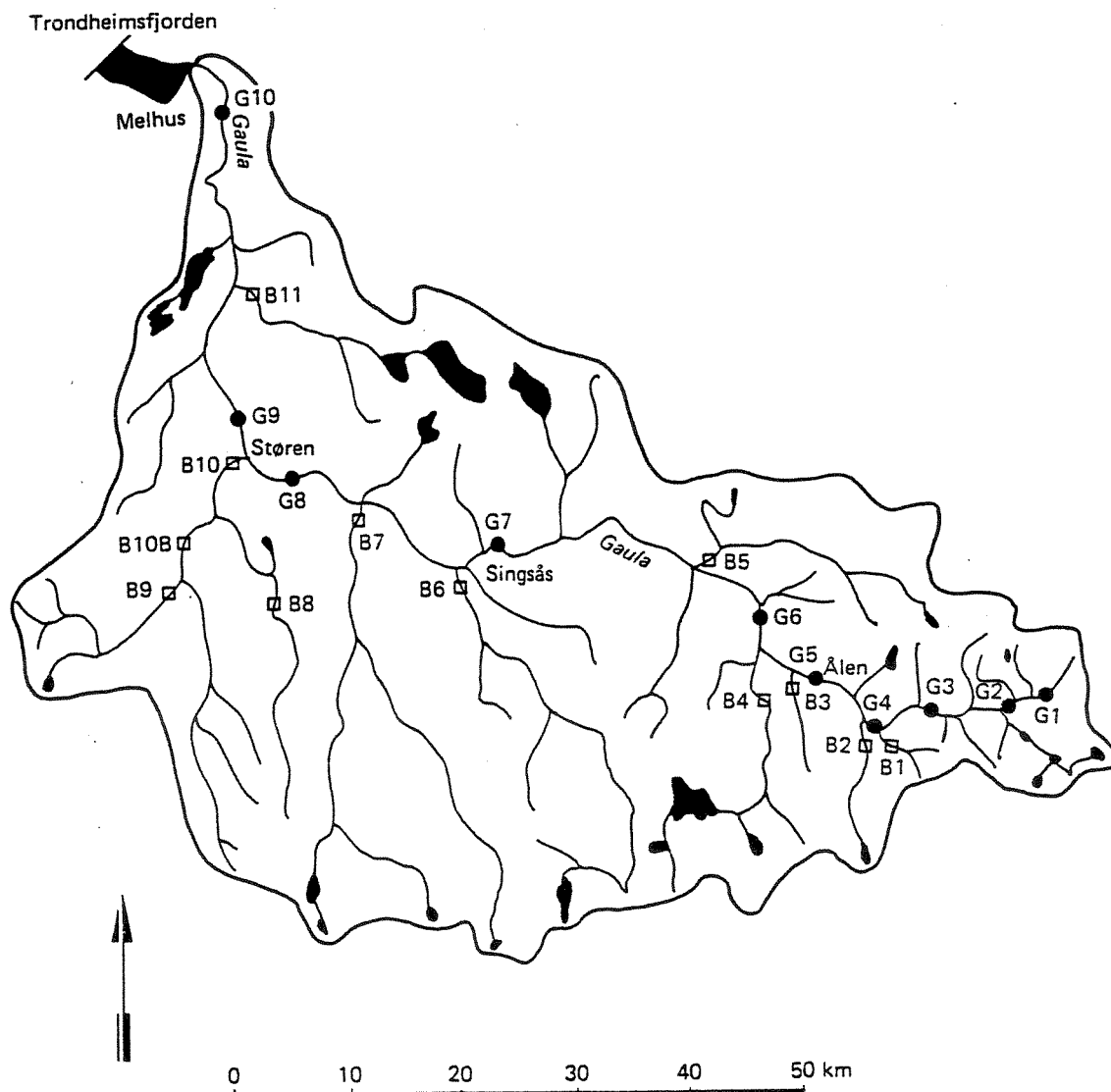
Undersøkelsene er finansiert og administrert av Statens Forurensningstilsyn, SFT.



Figur 2.1. Nedlagte gruver i Gaulas nedbørfelt.



Figur 2.2. De viktigste sidevassdragene til Gaular.



Figur 2.3. Prøvetakingstasjoner i Gaular.

I 1991-1994 ble det tatt prøver ved stasjonene G2 til G6, samt stikkprøver i Skuru (B1) og Rugla (B2).

3. VANNKJEMI OG HYDROLOGI

3.1 Vannkjemiske resultater.

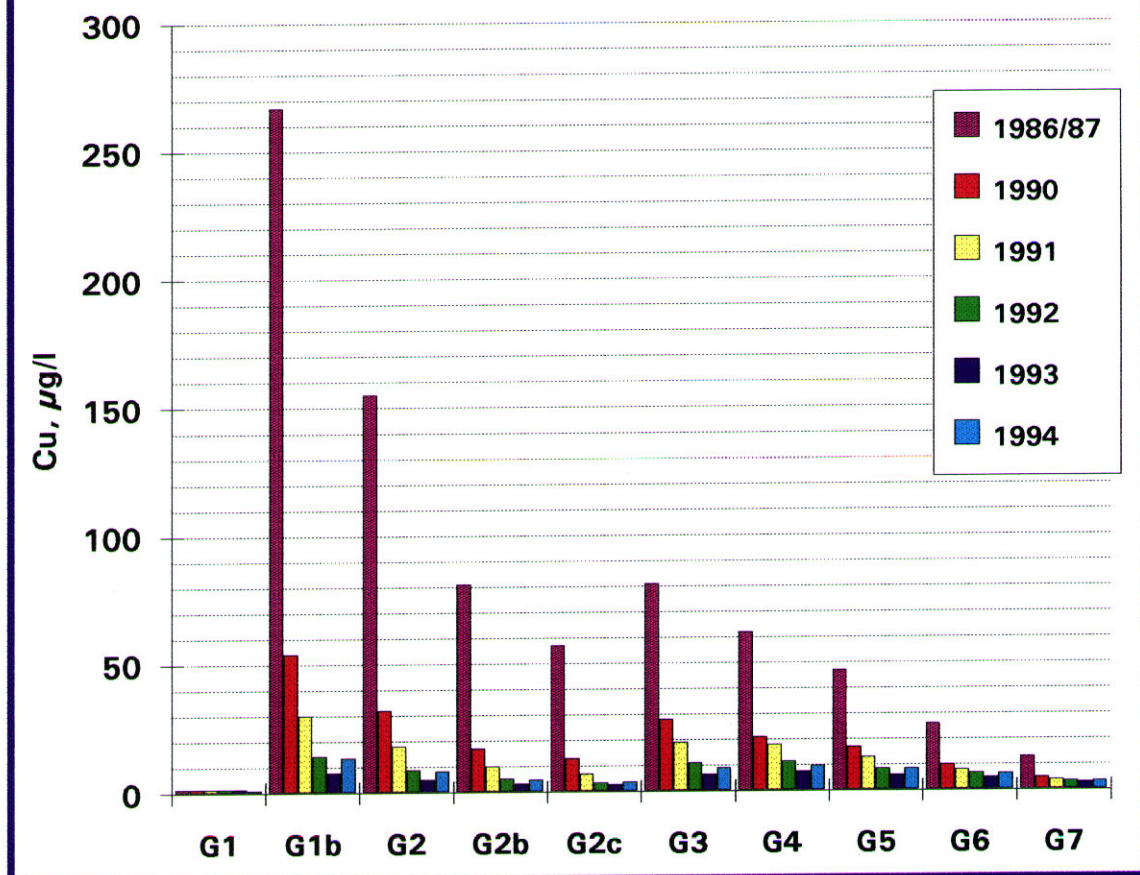
Kjemiske analyseresultater er vist i vedlegg.

Figur 3.1 viser middelkonsentrasjoner av kobber for perioden juni t.o.m. desember på 10 steder i øvre Gaula fra oppstrøms Storbekken og ned til Singsås. Perioden juni til desember er valgt for å sammenligne prøvestasjonene fordi vi i denne perioden har god prøvedekning på stasjonene. For de øvre stasjonene er prøvetettheten lav på ettervinteren og våren på grunn av vanskelig tilgjengelighet. På steder hvor det ikke er tatt målinger er konsentrasjonen beregnet ut fra teoretisk fortykning fra nærmeste stasjon hvor det er tatt målinger. Det fremgår av figur 3.2 at nedgangen i konsentrasjonen av kobber fra 1986/87 til 1990 var meget markert og at konsentrasjonene gikk ytterligere ned i 1991, 1992 og 1993. Nedstrøms Storbekken var reduksjonen i 1993 nær 97 % sammenlignet med 1986/87. I 1993 var middelverdien for kobber i perioden juni til desember lavere enn 8 µg/l på alle stasjonene i hovedvassdraget. I 1994 var middelkonsentrasjonene av kobber fra juni til desember gjennomgående noe høyere enn i 1993. Årsaken til dette var trolig at vannføringen var 30% lavere i 1994 enn i 1993 (figur 3.2), slik at fortykningen var mindre. Vannføringsveid middelverdi av kobber for hele 1994 ved stasjon G4 (Reitan) var imidlertid lavere enn i 1993; 8.2 µg/l i 1994 mot 9.9 µg/l i 1993. Denne nedgangen skyldes at kobberkonsentrasjonen var lavere under vårflommen i april-mai 1994 enn i 1993. For perioden juni til desember gikk vannføringsveid middelverdi opp fra 8.0 µg/l i 1993 til 8.5 µg/l i 1994.

Variasjoner i konsentrasjonene for kobber og sink fra stasjon G4 (Reitan) for årene 1986-1987 og 1990 -1994 er vist i figur 3.3.

I mars og april 1990 var gruveområdene fremdeles preget av anleggsvirksomhet, noe som medførte høye tungmetallkonsentrasjoner i Gaula. Fra 1991 ble denne effekten vesentlig redusert. Eksempelvis var de registrerte maksimalkonsentrasjonene av kobber ved Reitan (G4) 100 µg/l i 1990, 50 µg/l 1991, 38 µg/l i 1992, 23 µg/l i 1993 og 18.2 µg/l i 1994. Det er positivt at maksimalkonsentrasjonen gikk ned også i 1994, selv om vannføringen gikk ned og middelkonsentrasjonen fra juni og ut året gikk noe opp. Det er også et godt tegn at konsentrasjonene av kobber og sink under vårflommen var lavere i 1994 enn tidligere år.

Middelverdier av kobberkonsentrasjoner i Gaula i perioden juni til desember



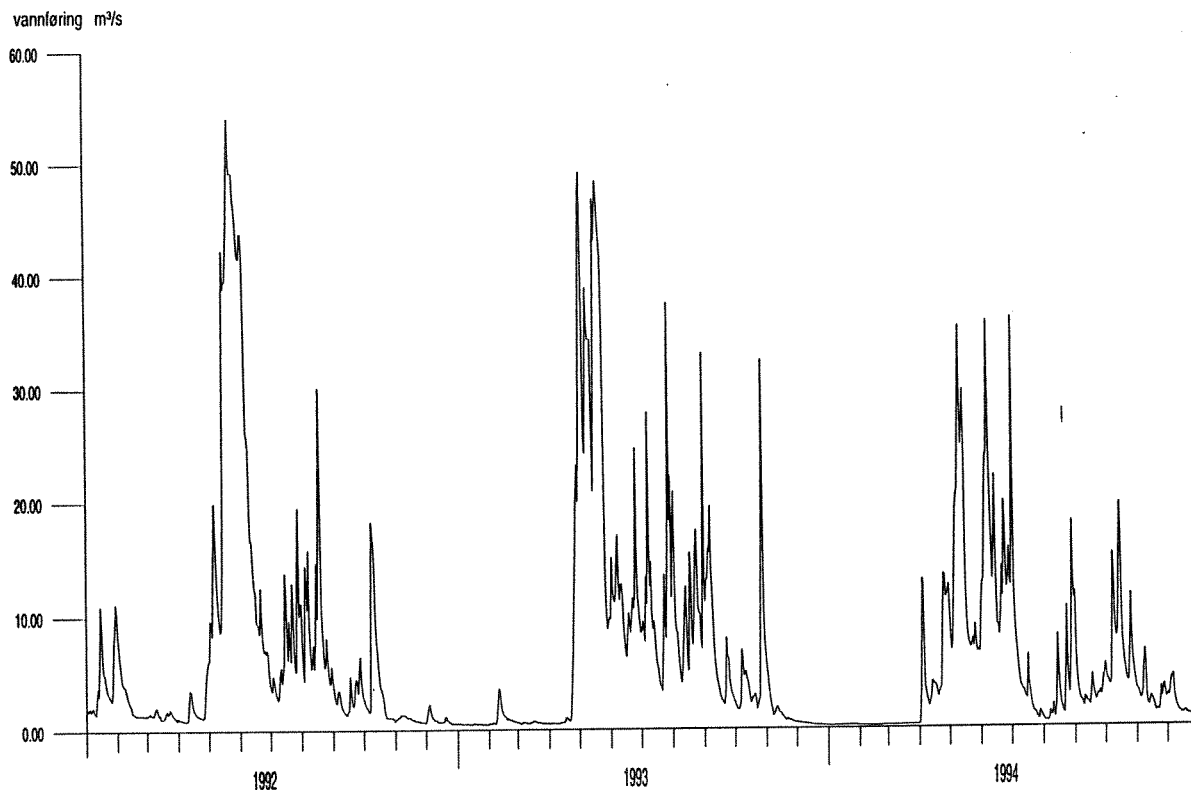
Figur 3.1. Middelverdier av kobberkonsentrasjoner i øvre deler av Gaula for perioden juni t.o.m. desember i 1986/87 og 1990 - 1994.

Stasjonsbetegnelser: G1: oppstrøms Storbekken. G1b: rett nedstrøms Storbekken.

G2: 3km nedstrøms Storbekken. G2b: Nedstrøms Sya. G2c: oppstrøms Grubekken.

G3: nedstrøms Grubekken. G4: Reitan. G5: Ålen. G6: Eggafossen. G7: Singsås.

Konsentrasjoner på steder uten målinger er beregnet ut fra teoretisk fortykning fra stasjoner med målte verdier. Dette gjelder stasjonene G1b, G2b og G2c (alle årene), st. G5 og G6 i 1990, og st.G7 i 1990-94.



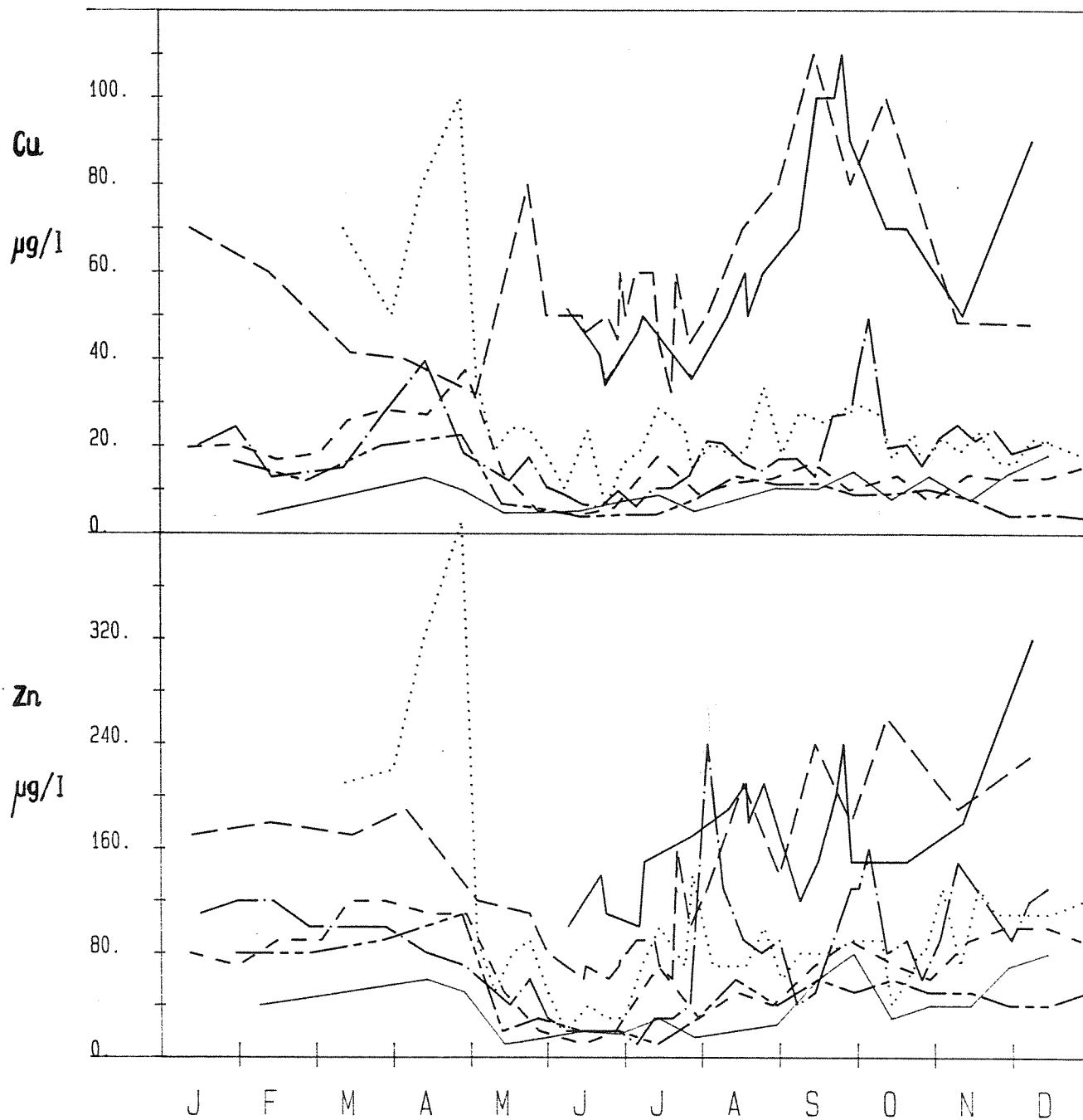
Figur 3.2. Vannføringskurve for Gaula ved Reitan (Killingdal vannmerke) 1992-1994. Data og figur fra NVE, Region Midt-Norge.

Konsentrasjonene av sink er også redusert, men i noe mindre grad enn kobber. Ved Reitan (st. G4) var midlere vannføringsveid sinkkonsentrasjon (for hele året) redusert med ca 78% fra 1986/87 til 1994, mens kobberkonsentrasjonen var redusert med ca 87%. Hovedårsaken til dette er at avrenningen fra Kjøli, som har hatt den største reduksjonen i kobberavrenning, aldri har bidratt til sinkforurensningen.

Stikkprøvene av Skuru, som drenerer avrenning fra nye Killingdal gruver, viste at elva fremdeles var sterkt forurenset av kobber og sink. I 1994 var høyeste registrerte verdier 83 µg/l Cu og 220 µg/l Zn. Økningen i maksimalkonsentrasjonene fra 1993 skyldes trolig lavere vannføring i 1994. Skuru er en betydelig bidragsyter til metallforurensningene i Gaula. I 1994 var Skurus andel av kobberforurensningene ca 40%, det samme som i 1993.

—— 1986
..... 1990
- - - - 1992
- - - - 1987
—— 1991
- - - - 1993
—— 1994

Gaula st.4



Figur 3.3. Konsentrasjoner av kobber og sink i Gaula ved Reitan for årene 1986, 1987 og 1990 - 1994.

Stikkprøver fra Rugla, som får avrenning fra den nedlagte Mug-gruva, viste kobberverdier i 1994 fra 4 til 15 µg/l, mot 3 -8 µg/l i 1993. Kobberkonsentrasjonene i Rugla ligger på omtrent samme nivå som ved Ålen i hovedvassdraget. Forurensningen i Rugla er derfor såpass høy at Rugla ikke bidrar til fortynning av kobberforurensningen i hovedvassdraget.

Tabell 3.1 viser en beregning av de enkelte kildenes bidrag til kobberkonsentrasjonen ved Reitan (st. G4) i 1986/87 og 1990-93. Beregningene er basert på middelveidier for perioden juni-desember og teoretisk fortynning fra ovenforliggende stasjoner ut fra nedbørfeltens størrelse.

Tabell 3.1. Beregning av ulike kilders bidrag til kobberkonsentrasjonen ved Reitan (st. G4).
Beregningene er basert på middelveidier for perioden juni t.o.m. desember.

Utslippskilde	Kobber, µg/l ved G4					
	1986/87	1990	1991	1992	1993	1994
Kjøli via Storbekken	39	8	4	1.9	0.9	1.8
Killingdal via Grubekken	16	10	8	4.7	2.7	3.3
Killingdal via Skuru	7	5	7	2.4	2.3	3.4
Samlet bidrag fra gruvene	62	23	19	9.0	5.9	8.5
Bakgrunn	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2
Beregnet konsentrasjon, G4:	64	25	21	10.5	7.4	9.7
Målt konsentrasjon, G4:	62	21	18	11.7	7.5	9.9

Det er en rimelig god overensstemmelse mellom beregnede og målte konsentrasjoner ved G4. Dette gjør det rimelig å anta at de beregnede bidrag fra de ulike kildene gir et godt estimat. Beregningene for 1994 tyder på at Kjøli gruver bare bidro med ca 20% av kobberforurensningen ved Reitan, mens de øvrige 80% kom fra de 2 kildene fra Killingdal gruver. Forholdet mellom bidragene fra de ulike kildene variere episodisk og sesongmessig. Reduksjonene i konsentrasjonene av kobber er ikke nødvendigvis lik reduksjonene i materialtransporten, da denne er avhengig av avrenningen i det enkelte år. Det er dog konsentrasjonene i elva og ikke transportverdier eller prosentvise reduksjoner som er avgjørende for de biologiske forhold i elven.

3.2. Transportberegninger av kobber og sink.

Transportverdier for kopper, sink og sulfat er beregnet på årsbasis fra juni 1986 til mai 1987, og for årene 1987 og 1990 - 1994 (tabell 4.1). Transportberegningene er utført for stasjon G4, Reitan. Denne stasjonen fanger opp de samlede utslipp fra Kjøli og Killingdal gruver. Vannføringsdata for Reitan (Killingdal vannmerke) i 1990-1994 er generert ut fra data fra Eggafossen. Målinger i 1986/87 viste god samvariasjon for vannføringene mellom Eggafossen og Reitan. Vannføringsdata er skaffet til veie av NVE.

Tabell 3.2. Årlige transportverdier av kobber, sink og sulfat ved Reitan (St.G4) for årene 1986 - 1994.

Periode	Kobber tonn / år	Sink tonn / år	Sulfat tonn / år	Vannføring 10 ⁶ m ³ / år
juni 1986 - mai 1987	12	27	1075	189
1987	16	33	1414	272
1990	6.9	23	889	219
1991	3.3	11	560	211
1992	2.6	10	508	223
1993	2.3	10	536	231
1994	1.3	8.2	382	162

Årlig transport av kobber ved Reitan ble redusert med 43% fra 1993 til 1994, sinktransporten med 18% og sulfattransporten med 29%. Det fremgår av tabellen at transportverdiene er sterkt influert av vannføringen. Lav vannføring i 1994 var sterkt medvirkende til de lave transportverdiene. Konsentrasjonene av kobber er mindre påvirket av vannføringen enn transportverdiene. Vannføringsveide årsmiddelverdier for kobber var 61 µg/l i 1986-1987, 30 µg/l i 1990, 16 µg/l i 1991, 12 µg/l i 1992, 9.9 µg/l i 1993 og 8.5 µg/l i 1994. Den vannføringsveide konsentrasjonen av kobber gikk altså noe ned fra 1993 til 1994 selv om middelverdien av konsentrasjonsmålingene gikk noe opp. Fordi transportverdiene kan variere mye fra år til år avhengig av de hydrologiske forhold, vil trolig konsentrasjonsendringene gi et sikrere grunnlag for å bedømme effekten av de tekniske tiltakene i gruveområdene. Forholdene i elva med hensyn på forurensning må sies å ha vært tilnærmet like i 1993 og 1994.

Hvis man legger til grunn den prosentvise fordelingen mellom kildene som ble beregnet i kapittel 3.1 og trekker fra en beregnet bakgrunnstransport i 1994 på ca 0.2 tonn fra transportverdien for kobber ved Reitan i 1993 (tabell 3.2), blir bidraget fra Kjøli ca 0.2 tonn og fra gamle og nye Killingdal gruver hhv. 0.4 og 0.5 tonn.

Transportverdiene av kobber var rekordlave i 1994. Det gjenstår å se om dette representerer en varig forbedring i forhold til 1993 eller om reduksjonen i hovedsak skyldes lav vannføring i 1994.

4. Begroing.

4.1. Metoder.

Begroingsprøver ble samlet ved en befarng i vassdraget 21. august 1994. Det ble samlet prøver på stasjonene G1 til G7. Prøvene ble samlet etter en lang periode med tørt og varmt vær. Derfor var vannstanden usedvanlig lav og forholdene noe uvanlige.

Metodikk for innsamling og bearbeiding av begroing er beskrevet tidligere i en rapport om Gaula (Traaen et al. 1988). I hovedsak gjøres en kvalitativ kartlegging av begroingssamfunnet. I felt vurderes hvor stor del av elveleiet som er dekket av de ulike begroingsorganismer (dekningsgrad). I laboratoriet analyseres prøvene i mikroskop, organismene artsbestemmes og mengden av de ulike organismene angis.

4.2. Resultater

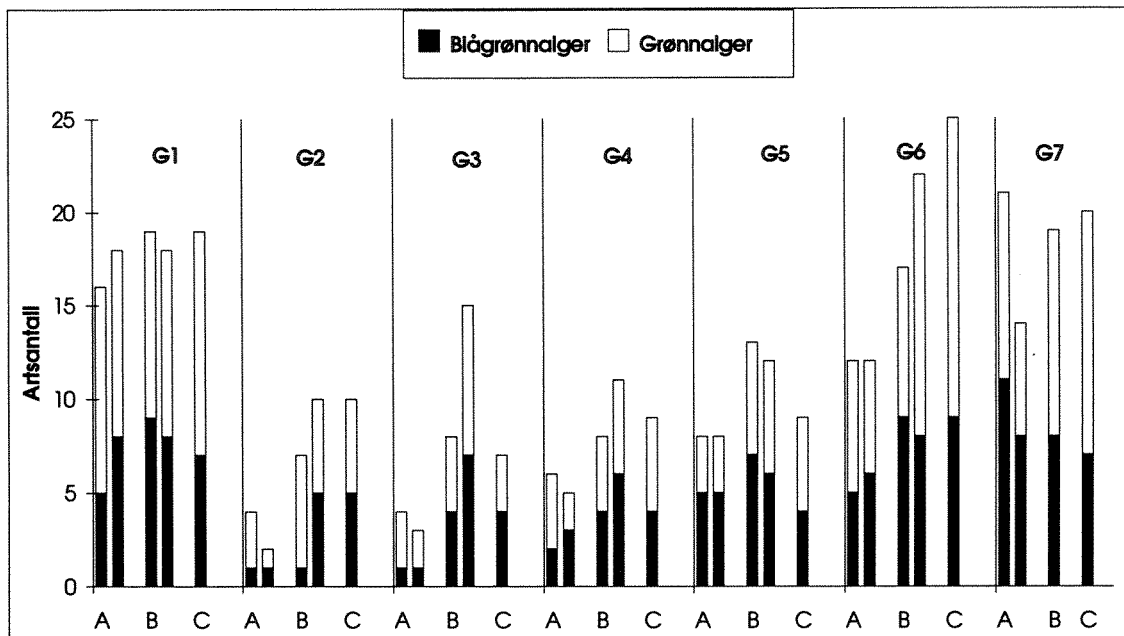
Resultatene av begroingsundersøkelsene er vist i vedlegget, der tabell 4.1 viser begroingens artsammensetning og mengdemessige forekomst. Tabell 4.2 viser prosentvis forekomst av kiselalger i kiselalgeprøvene.

Generelt inntrykk av begroingen i 1994

På referansestasjonen oppstrøms Storbekken (G1) så begroingen ut som tidligere. Den var variert og hadde frisk farge. Fra Storbekken (G2) til Grubbekken (G3) så forholdene ut til å være ytterligere bedret siden 1991/92. Okerslammet var tilnærmet forsvunnet og vanlige begroingsorganismer var i ferd med å etableres. Som i 1991/92 var okerslammet mest markert nedstrøms Grubbekken (G3). Her var slambelegget betydelig i 1994. Som tidligere var det liten begroing ved Reitan (G4), et okerbelegg var imidlertid tydelig og så ut til å ha større forekomst enn i 1991/92. Det brunsvarte algebelegget på stasjonen ved Ålen (G5), som tidligere dekket store deler av elveleiet, forekom nå bare som små brunsvarte flekker. Trådformede grønnalger hadde dessuten fått økt forekomst. Fra Eggafossen (G6) ned til Singsås (G7) var begroingen tilsynelatende lite endret. Ved Eggafossen var veien omlagt siden 1992. Det var hugget en rekke trær i stasjonsområdet, disse ga tidligere delvis skygge på stasjonen. Det var dessuten anlagt en stor grusvoll delvis ute i elva rett nedstrøms stasjonen.

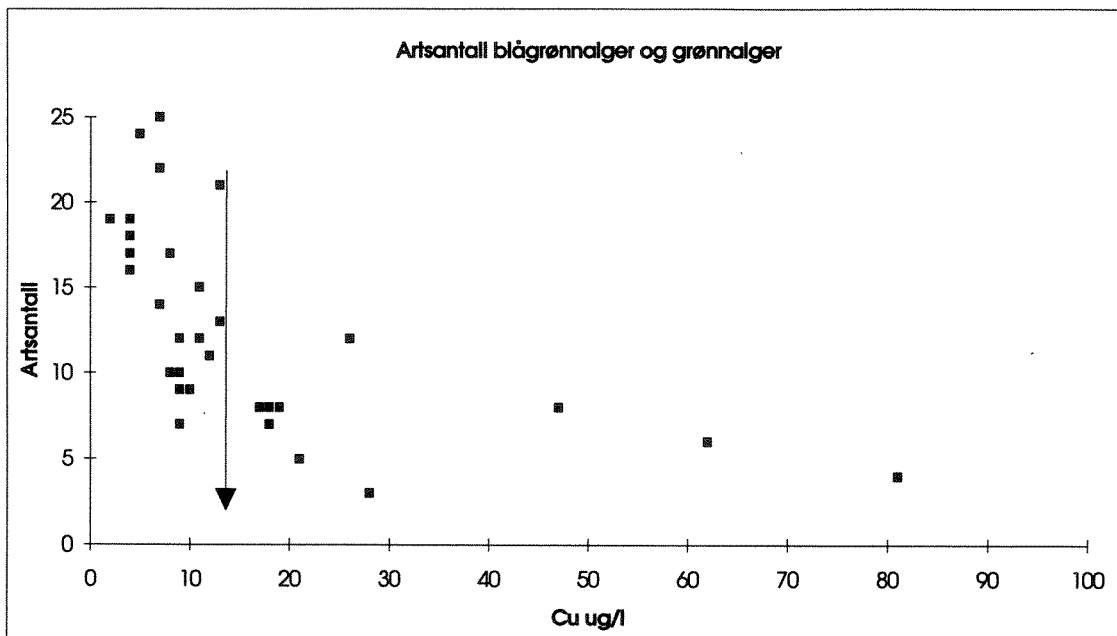
Artsmangfold

Figur 4.1. viser artsantall av blågrønnalger og grønnalger i august/september i perioden 1986 til 1994. Fordi blågrønnalger og grønnalger er grundigst bearbeidet, er disse framstilt i figuren. På referansestasjonen (G1) har arts mangfoldet vært tilnærmet uendret gjennom hele undersøkelsen. På de andre stasjonene økte artsantallet (blågrønnalger og grønnalger) med fra 4 til 7 arter fra 1986/87 til 1991/92. Fra 1991/92 til 1994 var det igjen en reduksjon i arts mangfoldet på stasjonene Grubbekken (G3), Reitan (G4) og Ålen (G5). Reduksjonen var mest markert nedstrøms Grubbekken. Ved Eggafossen (G6) hadde artsantallet økt ytterligere siden 1992. Ved Singsås var arts mangfoldet uforandret siden 1994.



Figur 4.1. Artsmangfold av blågrønnalger og grønnalger i Gaula i august/september. A: 1986/87 - B: 1991/92 - C: 1994.

Figur 4.2 viser artsantall som funksjon av kobberkonsentrasjonen i vannet. Her er data fra alle undersøkelser i perioden 1986-94 tatt med. De høyeste kobberverdiene er ikke tatt med, da er arts mangfoldet under enhver omstendighet lavt. Figuren viser markert nedgang i arts mangfold når kobberinnholdet overstiger 10-15 $\mu\text{g/l}$. Det tilsier at området fra Storbekken til Ålen (G2 til G5) vil ha redusert arts mangfold så lenge vannets kobberinnhold fortsetter å komme opp i 10-15 $\mu\text{g/l}$ i perioder.



Figur 4.2. Artsmangfold av blågrønner og grønner som funksjon av kobber. Pilen viser konsentrasjonsområdet der mangfoldet avtar markert. Gaula 1986-1994.

Noen begroingsorganismers forekomst i 1986/87, 1991/92 og 1994

I tabell 4.1 er noen begroingsorganismer gruppert etter forekomst i Gaula 1986/87. Organismenes utvikling i vassdraget siden 1986/87 kommenteres. Tre arter er framstilt i figur 4.3, disse omtales til sist.

Gruppe 1 (86/87: bare øverst i vassdraget, oppstrøms innløp Storbekken)

Calothrix ramenskii; etablert en liten forekomst i 1991/92 ved Grubbekken/Reitan, ikke registrert i 1994.

Schizothrix lacustris; etablert på alle lokaliteter, unntatt ved Storbekken (G2) i 1991/92, forekomsten noe mindre i 1994.

De andre artene i gruppe 1 hadde pr 1994 ikke etablert seg nedstrøms Storbekken

Gruppe 2 (86/87: øverst og nederst i vassdraget, men ikke i områder med moderat til betydelig tungmetallforurensning)

Clastidium setigerum; etablert på tre "nye" stasjoner 1991/92, ikke registrert i 1994.

Mougeotia d/e; økt forekomst, har etablert seg på to "nye" stasjoner både i 1991/92 og 1994.

Gruppe 3 (86/87: i områder med sterk tungmetallpåvirkning, Kl IV)

Ulothrix subtilis; trolig forsvunnet fra fire lokaliteter i 1991/92, ikke registrert i 1994.

Mougeotia a; har økt forekomst nedstrøms Storbekken (G2) i 1994.

Gruppe 4 (86/87: nederst i vassdraget, fra og med betydelig metallpåvirkede områder, Kl III)

Microspora palustris med varietet *minor*; har vekslende forekomst, beveget seg oppover til to "nye" stasjoner i 1991/92, ble ikke registrert i 1994.

Phormidium cf. *autumnale* (3-4 μ); beveget seg oppover til "nye" stasjoner i 1991/92.
Chamaesiphon confervicola; uendret

Gruppe 5 (86/87: bare nederst i vassdraget, fra moderat tungmetallpåvirkede områder, Kl II)
Bortsett fra *Microspora amoena* (se nedenfor) er forekomsten av arter i denne gruppen uendret.

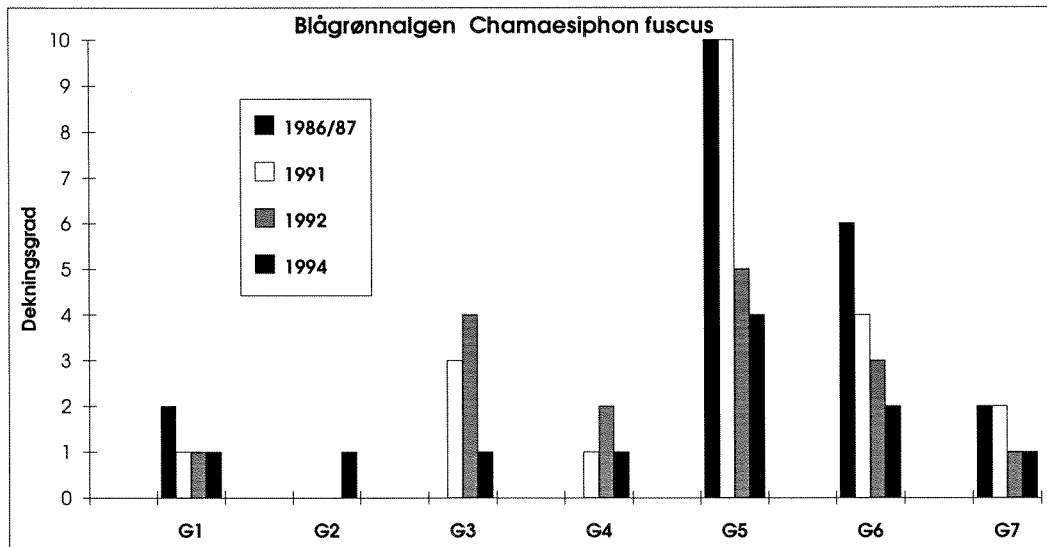
"nye": Begroingsorganismer, som ikke ble observert i 1986/87

Scytonematopsis starmachii (blågrønnalge); Etablert på stasjoner der det tidligere var sterk tungmetallforurensning, G2, G3 og G4. I Norge vokser *Scytonematopsis* vanligvis på sure næringsfattige lokaliteter. Observasjoner de senere år tyder på at den er i ferd med å få økt forekomst flere steder i Europa. Hva årsaken i så fall kan være, er kunnskapen for liten til å si noe om. Denne hadde forøvrig mindre forekomst i 1994 enn i 1991/92.

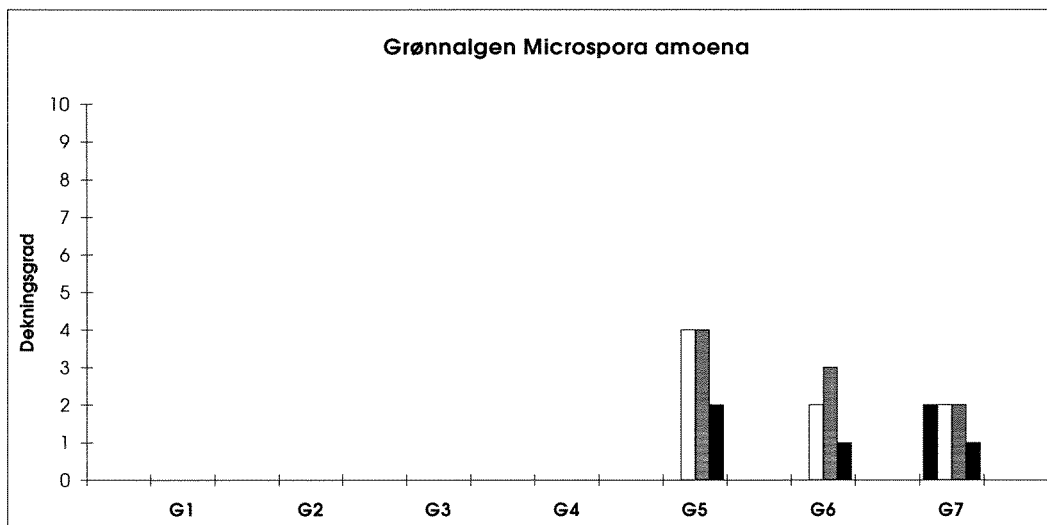
Homoeothrix janthina (blågrønnalge); Vekslede forekomst. Relativt stor forekomst ved Ålen (G5) i 1991/92 tyder på noe forurensningstilførsler. I 1994 ble den ikke registrert i vassdraget.

Vaucheria sp. (gulgrønnalge); I 1994 hadde *Vaucheria* markert forekomst ved Ålen. Det må sees i sammenheng med forurensninger som etter alt å dømme tilføres denne lokaliteten.

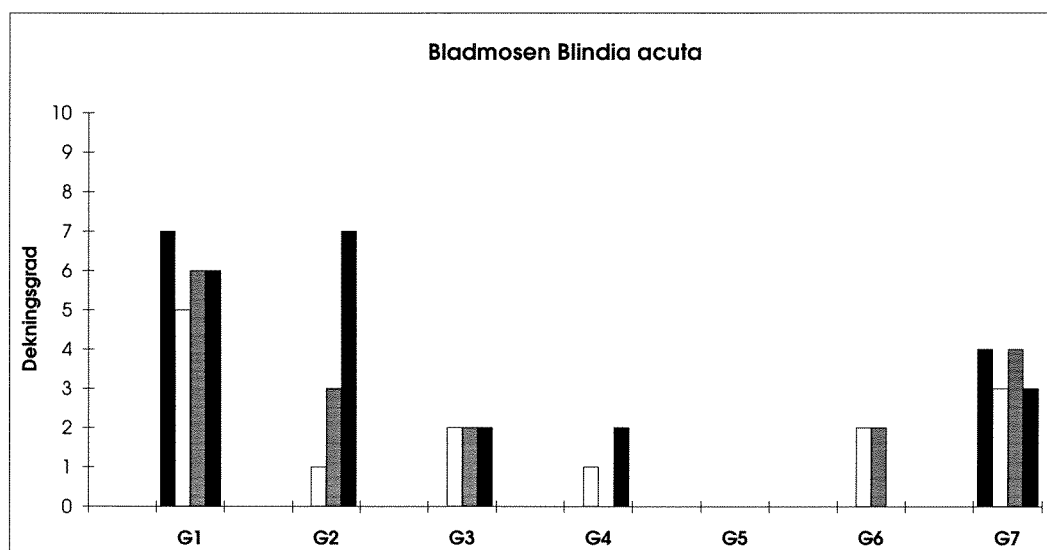
Figur 4.3A. viser forekomsten av blågrønnalgen *Chamaesiphon fuscus* i perioden 1986-94. Fra å danne et massivt brunsvart belegg ved Ålen i 1986/87 er forekomsten gradvis redusert. I 1994 hadde den tilnærmet normal forekomst ved Ålen og dannet nå små brunsvarte flekker. Samtidig hadde den etablert seg på stasjoner oppstrøms Ålen (G2, G3 & G4). Den ser ut til å klare seg i moderat tungmetallforurensede vassdrag, og er da i stand til å utvikle unormale bestander hva mengde angår. Den ser imidlertid ut til å forsvinne når kobberkonsentrasjonen går over en viss verdi. I figur 4.4 er *C. fuscus* framstilt som funksjon av kobberinnholdet i Gaula i perioden 1986-94. Figuren viser at *C. fuscus* øker i mengde med økende kobberkonsentrasjoner inntil en øvre grense på 50-60 $\mu\text{g/l}$. Når denne grensen overskrides forsvinner *C. fuscus*. Liknende observasjoner er gjort i Orkla (Grande & Romstad 1989). Her har den unormalt stor forekomst i et sidevassdrag der kobberkonsentrasjonen er ca. 50 $\mu\text{g/l}$.



A



B

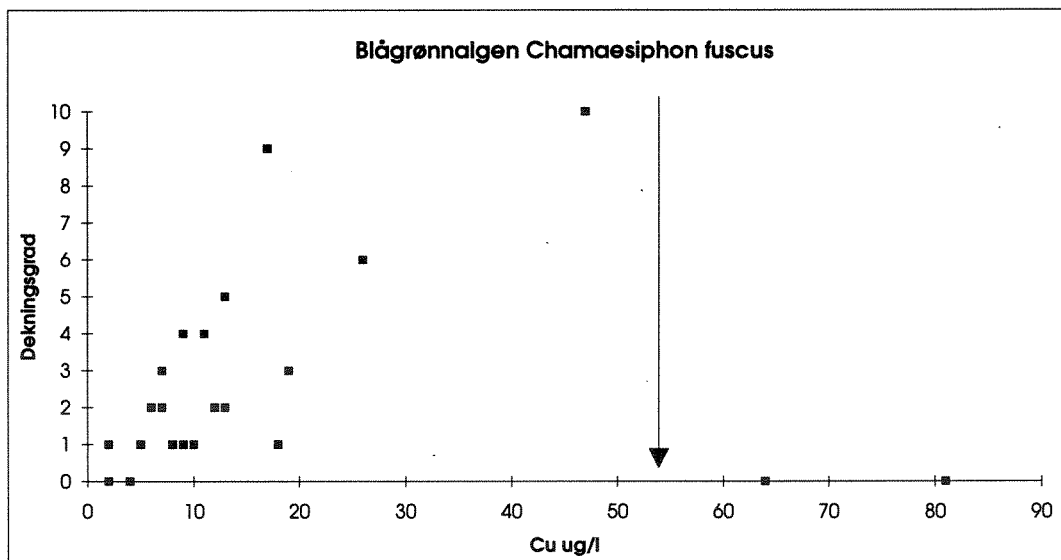


C

Figur 4.3 A-C. Dekningsgrad av tre begroingsorganismer. Dekningsgrad angis normalt i skala fra 1-5, i figuren er den økt lineært til 10. Gaula 1986-94.

Figur 4.3B viser forekomsten av grønnalgen *Microspora amoena*. Vekslende forekomst fra år til år i nedre deler av Gaula tyder på at *M. amoena* reagerer på flere forhold enn tungmetaller. Relativt stor forekomst av *Microspora* ved Ålen (G5) tilsier noe høyt næringssaltinnhold i denne del av vassdraget.

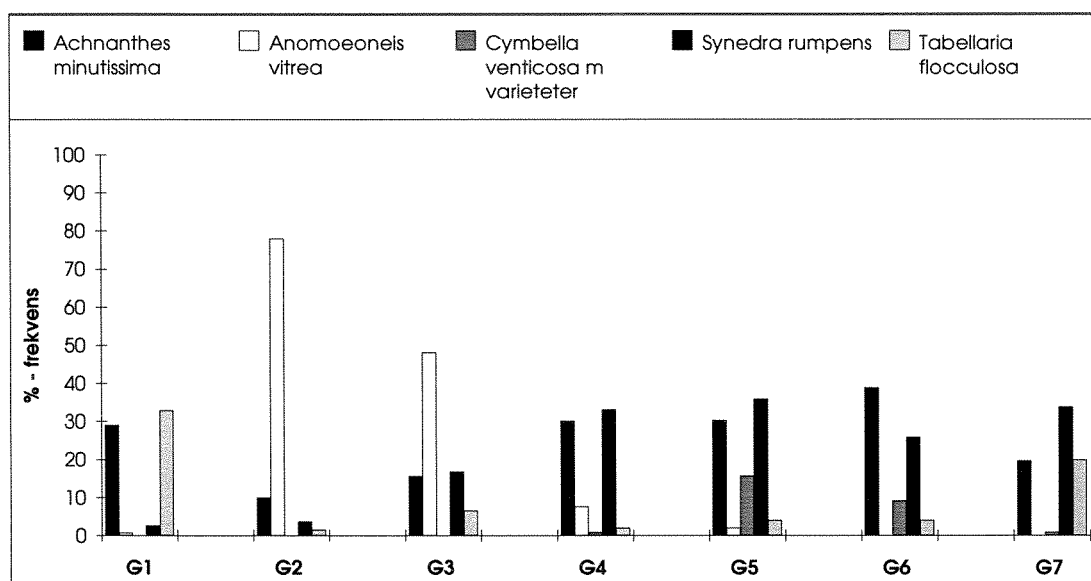
Figur 4.3C viser forekomsten av mosen *Blindia acuta*. I 1994 hadde den etablert seg på alle stasjoner unntatt Ålen (G5). *Blindia* er ømfintlig for generell forurensning, det er trolig grunnen til at den ikke har etablert seg ved Ålen. Fra Storbekken (G2) til Reitan (G4) er *Blindia* foreløpig eneste markerte og lett synlige begroingsorganisme. Nedstrøms Storbekken har forekomsten av *Blindia* økt siden 1992, og den forekommer nå i minst to størrelseskategorier. Dels er den kortvokst, ca 1cm høy, og dels av normal høyde, 3-4 cm. Det tilsier at den er under etablering nedstrøms Storbekken, og at den opptrer med flerårige forekomster. Ved Gruvbekken (G3) og Reitan (G4) har forekomsten av *Blindia* ikke økt siden 1992.



Figur 4.4. Forekomst av *Chamaesiphon fuscus* som funksjon av kobber. Pilen indikerer konsentrasjonsområdet der *Chamaesiphon* forsvinner. Gaula 1986-94.

Kiselalgesamfunnet

Tabell 4.2 (vedlegg) viser resultatene av kiselalgeanalysene. Også for kiselalgesamfunnet var det store forskjeller mellom stasjonene. På referansestasjonen (G1) var samfunnet variert og artsrikt. Fra og med Storbekken (G2) ble artsmangfoldet dramatisk redusert og noen få tolerante arter, f.eks. *Achnanthes minutissima*, *Synedra rumpens* og *Tabellaria flocculosa*, utgjorde nærmere 100 % av kiselalgeveksten. Figur 4.5 som viser forekomsten av de fem vanligste artene i august 1994, illustrerer de markerte forskjellene mellom kiselalgesamfunnet på de ulike stasjonene.



Figur 4.5. Frekvens av fem kiselalger med stor forekomst i Gaula i 1994.

Andre observasjoner i 1991/92

Også i 1994 hadde begroingen ved Ålen (G5) et visst innhold av organismer som lever av lett nedbrytbart organisk materiale (Traaen et al. 1993). Det bekrefter at elva tilføres andre forurensninger enn tungmetaller ved Ålen, bl.a. lett nedbrytbart organisk materiale. I 1994 ble forøvrig den næringskrevende gulgrønnalgen *Vaucheria* observert for første gang i Gaula, også dette ved Ålen. En del arter som tidligere har vært vanlige i vassdraget, ble ikke registrert i 1994. Det kan ha sammenheng med de spesielle klimatiske forhold sommeren 1994 med usedvanlig varmt og tørt vær i lang tid.

4.3. Diskusjon og sammenfatning

St. G1: Referansestasjonen oppstrøms Storbekken

Begroingssamfunnet på referansestasjonen øverst i vassdraget ga samme visuelle inntrykk og bestod stort sett av de samme organismer som ved tidligere observasjoner. Dette samfunnet er karakteristisk for nøytrale lite forurensede lokaliteter. At noen organismer som vanligvis har vokst på denne lokaliteten, eks blågrønnalgen *Rivularia bioeletiana* og kiselalgen *Didymosphenia geminata* ikke ble funnet i 1994, kan være en tilfeldighet.

St. G2 til G4: Strekingen nedstrøms Storbekken til Reitan/Killingdal

Den markerte bedringen på stasjonene G2 (nedstrøms Storbekken), G3 (nedstrøms Grubekken) og G4 (Reitan/Killingdal) som ble registrert i 1991/92, kunne bare delvis registreres i 1994. Rett nedstrøms Storbekken (G2) var begroingssamfunnet fortsatt i fred med å normaliseres. Okerslammet var nesten forsvunnet og vanlige begroingsorganismer i ferd med å etableres. Nedstrøms Grubekken (G3) og ved Reitan (G4) var okerslammet mer markert enn i 1991/92 og hadde nå større forekomst enn rett nedstrøms Storbekken (G2). Dessuten hadde vanlige begroingsorganismer ikke økt i mengde, og artsmangfoldet var noe lavere enn i 1991/92. Totalt tilsier dette en liten, men tydelig forverring av tilstanden siden 1991/92. På hele strekingen var artsmangfoldet fremdeles lavere enn oppstrøms Storbekken (G1), og samfunnet var preget av organismer som tåler moderat høye konsentrasjoner av kobber, eks mosen *Blindia acuta*.

Observasjonene i 1994 bekrefter tidligere anslag vedrørende konsentrasjoner av kobber og artsmangfold. Dette reduseres når kobberkonsentrasjonene, trolig kombinert med forhøyede sinkforekomster, overstiger 10-15 µg/l i perioder. Så lenge det opptrer kobberkonsentrasjoner av denne størrelse, vil mangfoldet i denne del av vassdraget være redusert i forhold til et upåvirket vassdrag.

St. G5: Ålen

Selv om det massive brunsvarte belegget av blågrønnalgen *Chamaesiphon fuscus* var tilnærmet forsvunnet i 1994, var dette vassdragsavsnittet fremdeles preget av tungmetallforurensning i moderat grad. Artsmangfoldet hadde økt noe siden 1986/87, men var fremdeles lavere enn det som er naturlig for Gaula. Et ustabil samfunn med varierende nyetableringer av næringskrevende alger, f.eks. gulgrønnalgen *Vaucheria* og av organismer som lever av organisk materiale bl.a. bakterien *Sphaerotilus*, tyder dessuten på moderat belastning med generelle forurensninger. Dette behøver som nevnt i forrige rapport (Traaen 1993) ikke skyldes økte tilførsler av næringssalter. Reduksjoner i tungmetalltilførslene kan ha bidratt til at organismer, som tidligere var hemmet i sin vekst, nå klarer å etablere seg i området.

St. G6 til G7: Strekingen Eggafossen til Singsås

Ifølge begroingsamfunnet var Gaula ikke merkbart påvirket av tungmetaller ved Eggafossen (G6) eller Singsås (G7) i 1994. Artsmangfoldet var som normalt for vassdraget, og begroingssamfunnet viste ingen tegn på forurensning av noe slag. Betydelige inngrep i forbindelse med veganlegg ved Eggafossen kan på sikt føre til endringer i begroingsamfunnet. Det har i tilfellet ikke sammenheng med noen forurensning i elva.

Sammenfattende kommentar

I 1991/92 ble det registrert en markert normalisering av begroingsamfunnet i elva. Senere har denne utviklingen bare delvis fortsatt. Selv om samfunnet nedstrøms Storbekken (G2) viste ytterligere tegn på normalisering i 1994 var det fremdeles preget av redusert mangfold med overvekt av moderat metalltolerante arter. Ved Grubbekken (G3) og Reitan (G4) hadde det sogar skjedd en liten forverring av forholdene. Okerbelegget var mer påfallende enn i 1991/92 og artsmangfoldet noe mindre. Dessuten hadde moderat metalltolerante arter i ferd med å etableres i 1991/92, ikke fått økt forekomst. Så lenge det forekommer episoder med kobberverdier over 10-15µg/l i kombinasjon med forhøyde verdier av sink, vil artsmangfoldet være redusert. I 1991/92 bar begroingsamfunnet ved Ålen (G5) noe preg av generelle forurensninger. Dette inntrykket ble bekreftet i 1994. Forøvrig er begroingsamfunnet i denne del av vassdraget fremdeles i fred med å normaliseres. Hvorvidt redusert mangfold vesentlig skyldes generelle forurensninger eller høyt metallinnhold er vanskelig å vurdere. Sannsynligvis er begge forurensningstyper av betydning. Ved Eggafossen (G6) og Singsås (G7) er trolig begroingen nå helt normalisert hva tungmetaller angår. Andre typer forurensning ble heller ikke registrert i denne del av vassdraget.

5. BUNNDYR

5.1 Innledning

Undersøkelser av bunndyr kan i likhet med andre biologiske parametre gi informasjon om forholdene i vannforekomstene. Da faunaen er avhengig av vassdraget som levested over lengre tidsrom vil studier av bunndyrsamfunnets oppbygging og artssammensetning gi informasjon om leveforholdene over tid.

I Gaula ble bunndyr brukt i vannkvalitetsovervåkingen i 1986/87 , 1991/92 (Traaen m.fl. 1988, 1993) og 1994, og det er foreslått en bunndyrovervåking annet hvert år for å følge utviklingen i bunndyrbestandene etter at tiltak er gjennomført for å begrense tungmetalltilførslene. Dette kapitlet oppsummerer utviklingen av bunnfaunaen på de samme stasjoner som ble undersøkt i 1986/87 og 1991/92 etter at ny prøverunde er utført i 1994.

For å bruke bunndyr som indikatorer på forurensning bør organismene artsbestemmes siden selv arter innen samme slekt kan vise ulik toleranse overfor samme forurensning (Resh & Unzicker 1975). For Gaula er det lagt vekt på døgnfluer, steinfluer og vårfluer siden disse er svært vanlige i reint rennende vann og har arter med antatt lave toleransegrenser for metallforurensning.

Det er foretatt flere undersøkelser på bunndyr i tilknytning til gruveforurensning. Nedenfor et utslipp, der giftvirkningen gradvis avtar, vil artene komme tilbake i forhold til deres toleranse. Foruten Gaula er norske undersøkelser som omhandler arter foretatt bl.a. i Folla (Aanes 1980, jf. også Grande 1991) og i Skorovassdraget (Lien m.fl.1983, Grande m.fl. 1985).

5.2 Metoder

Til innsamling av bunndyr ble sparkemetoden benyttet (Hynes 1961, Brittain og Saltveit 1984). Det ble brukt en håv med sider 25 cm og maskevidde 0,50 mm. Innsamlingen ble tatt på tid i 5 min. pr. prøve.

Stasjonene for innsamling av bunndyr er i hovedsak de samme som for den fysisk-kjemiske delen av undersøkelsen og er vist i figur 2.3. I tillegg er det tatt bunndyrprøver fra tre supplerende stasjoner (G4b, G4c og G4d) mellom Reitan (G4) og Ålen (G5). Alle stasjonene ble også undersøkt i 1986/87.

Innsamlingene er foretatt i juni og september 1994.

5.3 Resultater

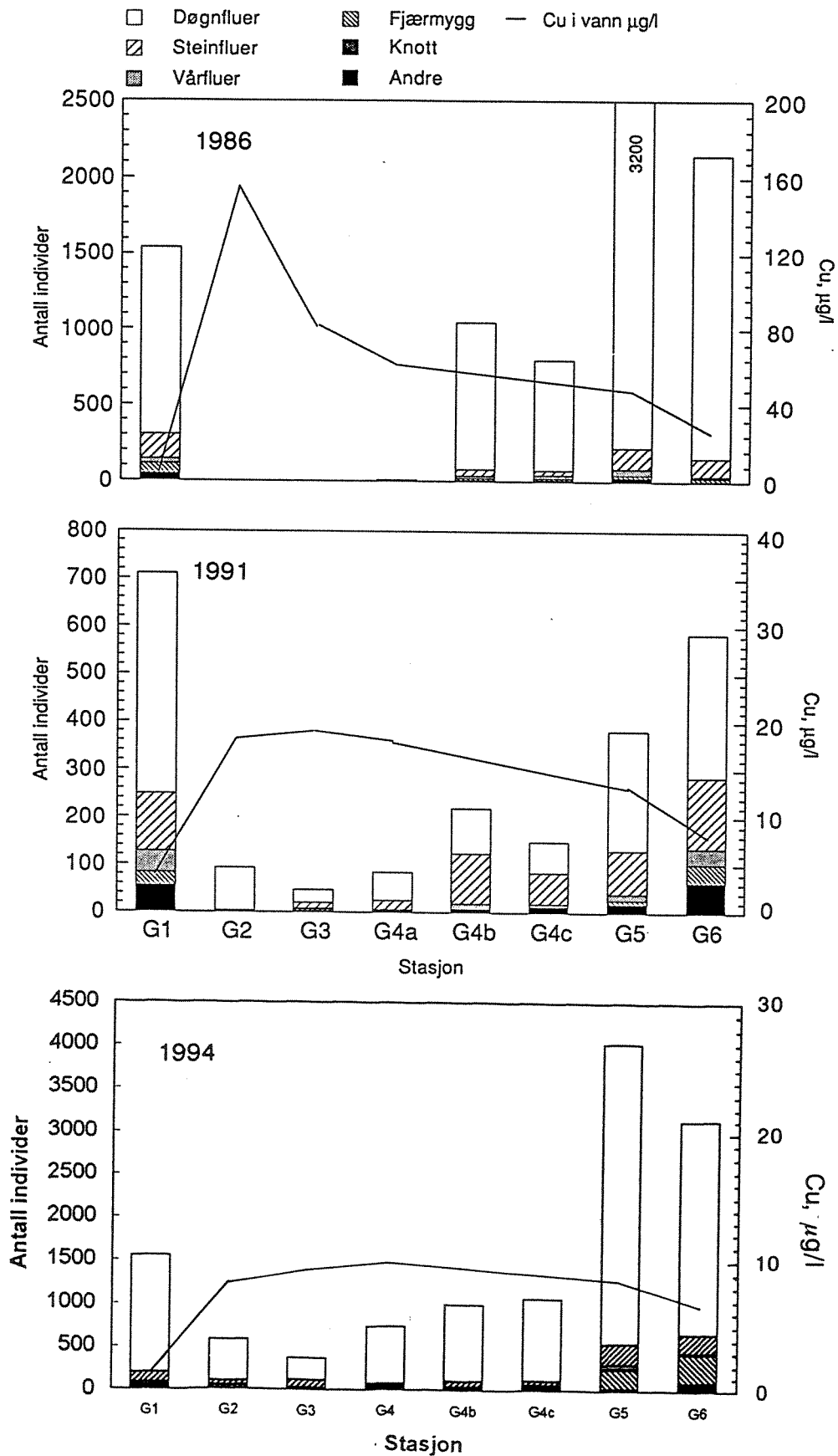
5.3.1 Bunn dyrsammensetning og mengder

Figurene 5.1-5.2 viser bunnfaunasammensetningen på 8 stasjoner i øvre Gaula i 1986/87, 1991/92 og 1994. Middelerverdien av kobberkonsentrasjonen på stasjonene i de tre periodene er også plottet inn på figurene. Detaljer om faunasammensetningen er gitt i tabellene 5.1 og 5.2 (se vedlegg).

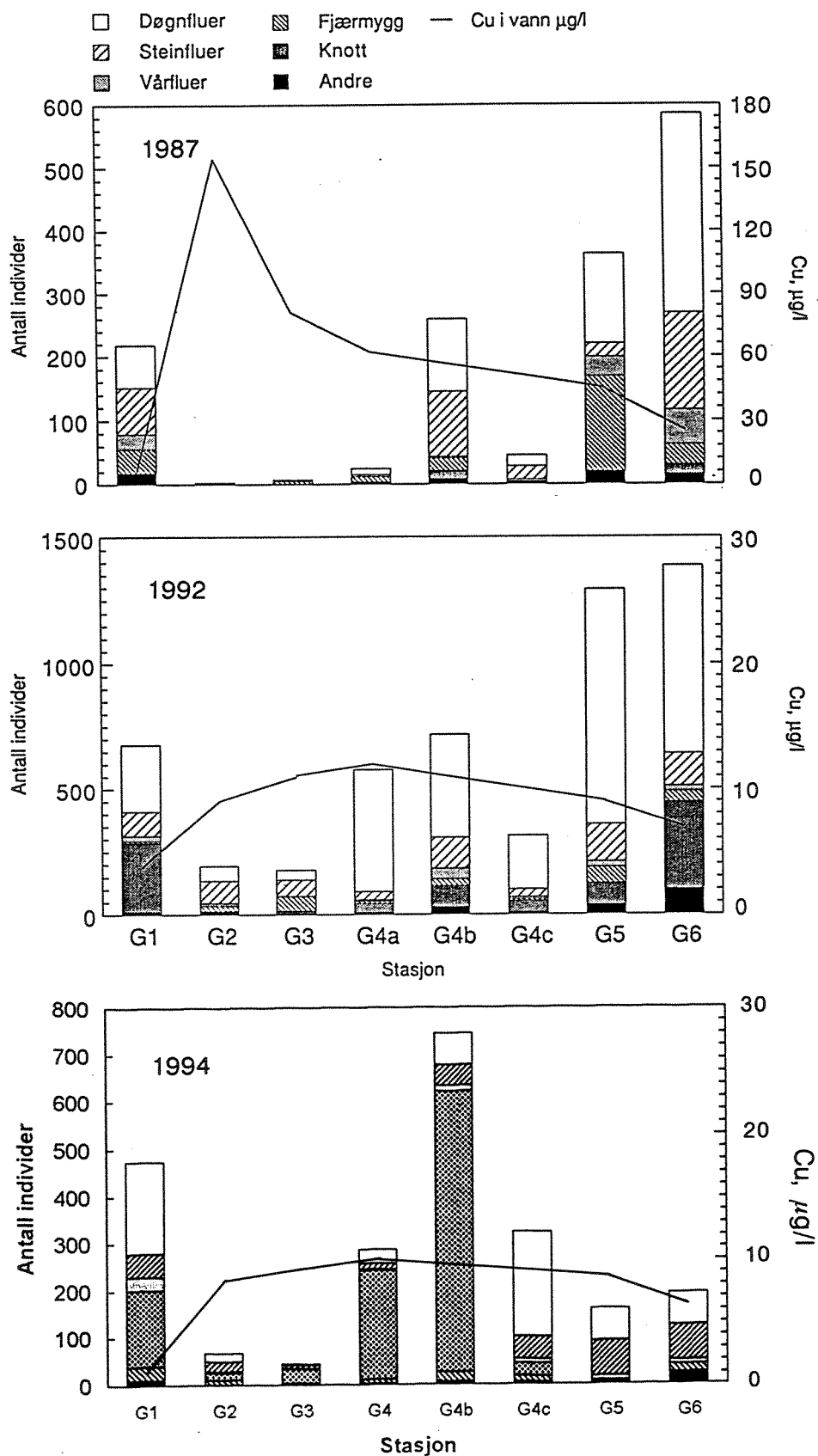
På referansestasjonen (G1) ovenfor gruveforurensningen i Gaula, var faunasammensetningen mye lik i de tre periodene, med døgnfluer, steinfluer, vårfluer og tovinger som de dominerende insektordnene. Knottlarver kom inn i betydelig antall i vårprøvene 1992 og 1994, men var ikke tilstede i høstprøvene. Faunasammensetning og mengder er slik en kan forvente i klarvannselver ellers i området.

Resultatene viser en klar reetablering av faunaen på de elvestrekningene som i 1986/87 måtte betraktes som nærmest "død elv". Reetableringen var i gang på stasjon G2 høsten 1991 og fortsatte videre nedover vassdraget. Mens det i 1986/87 bare ble påvist slengere av dyr (enkeltindivider) i høstprøvene fra stasjon G2, G3 og G4, viser høstprøvene fra 1991 gjennomsnittlig 75 individer pr. prøve fra stasjonene, og 4-7 dyregrupper til stede (tabell 5.1, se vedlegg). Vurdert ut fra høstprøvene er utviklingen fra 1991 til 1994 ytterligere noe forbedret idet den prosentvise mengden bunndyr på stasjon G2-G4 i forhold til referansestasjonen (G1) er noe større i 1994. Det synes ikke å være markerte endringer i faunasammensetningen om høsten mellom de to årene, men døgnfluelarver hadde en noe større dominans på alle stasjoner i 1994. Døgnfluer er forøvrig den dyregruppen som i størst antall rekoloniserer den skadede elvestrekning, men det var også et betydelig antall steinfluer og fjærmygg tilstede på stasjon G2-G4 både i 1992 og 1994.

Mengden bunndyr er lavere i vårprøvene enn høstprøvene, men prøvene viser en tilsvarende utvikling av bunndyrbestandene som høstprøvene. På grunn av artenes livssyklus er døgnfluer mindre dominerende i vårprøvene, men det er de samme dyregrupper som synes å reetablere seg først på stasjonene G2-G4; døgnfluer, steinfluer og fjærmygg. Knottlarver var svært fåtallig i vårprøvene i 1987, men kom inn med et betydelig antall i prøvene fra 1992. I 1994 var andelen knott enda større og knottlarver dominerte faunaen på stasjon G4 og G4b. Imidlertid utgjorde knottlarver en stor andel av bunnfaunaen også på referansestasjonen G1 disse to åra. Vårprøvene indikerer at det er små endringer i faunasammensetning og mengde fra 1992 til 1994. Selv om de fleste dyregruppene er til stede er bunndyrmengdene fortsatt lavere på st. G2-G4 enn det en skulle forvente i helt rein elv, jfr. også tetthetene på referansestasjonen og stasjon G6 (figur 5.1-5.2).



Figur 5.1. Bunndyrmengder (antall pr. prøve) og faunasammensetning i sparkeprøver fra øvre Gaula, september 1986 og 1994. — angir middelverdien av kobberkonsentrasjoner i vannet. (Merk ulik skalering de enkelte år).



Figur 5.2. Bunndyrmengder (antall pr. prøve) og faunasammensetning i sparkeprøver fra øvre Gaula, mai-juni 1987, juni-juli 1992 og juni 1994. — angir middelveien av kobberkonsentrasjoner i vannet. (Merk ulik skalering de enkelte år).

Sammenlignet med referansestasjonen (G1) og forholdene lengst ned (G6), har mange arter alt reetablert bestand i de mest belastede strekningene (G2-G4) selv om individantallet fortsatt er lavt. Fra stasjon G4b stiger individantallet kraftig, og er middels høyt ned til stasjon G5. Dette var konsistent både for høst- og vårprøver. Samme utviklingen i bunndyrtettheter ble også konstatert i 1986, hvor tetthetene var spesielt høye nedenfor G4b (jf. tabell 5.1 - se vedlegg). Dette har høyst sannsynlig sammenheng med tilførsel av reint vann og drivfauna fra Rugla. Rugla er ei relativt næringsrik elv med høye bunndyrtettheter og stor artsdiversitet (Traaen m.fl. 1986). Stasjon G4b ligger rett nedstrøms samløp Rugla, og alle prøverunder viser en økning i bunndyrtetthetene her sammenlignet med ovenforliggende stasjoner. Det er en nedgang igjen i tetthet på stasjon G4c, før tetthetene igjen stiger på stasjon G5 og G6. Dette mønsteret ble funnet ved alle prøvetidspunkt med ett unntak, og viser viktigheten av slike sideelver under reetablering av fauna når tungmetallinnholdet går ned. Det nevnte unntaket gjelder juni 1994 hvor det ble funnet en overraskende sparsom fauna på stasjon 5 (jf. tabell 5.2 - se vedlegg). I september 1994 var imidlertid faunasammensetning og bunndyrmengder igjen på nivået som tidligere år. Stasjonen ligger nedstrøms Ålen sentrum, og en kan ikke utelukke at lokalt tilsig kan innvirke på faunaen i perioder, men resultatet fra den ene prøven i juni 1994 kan også skyldes tilfeldigheter metodisk.

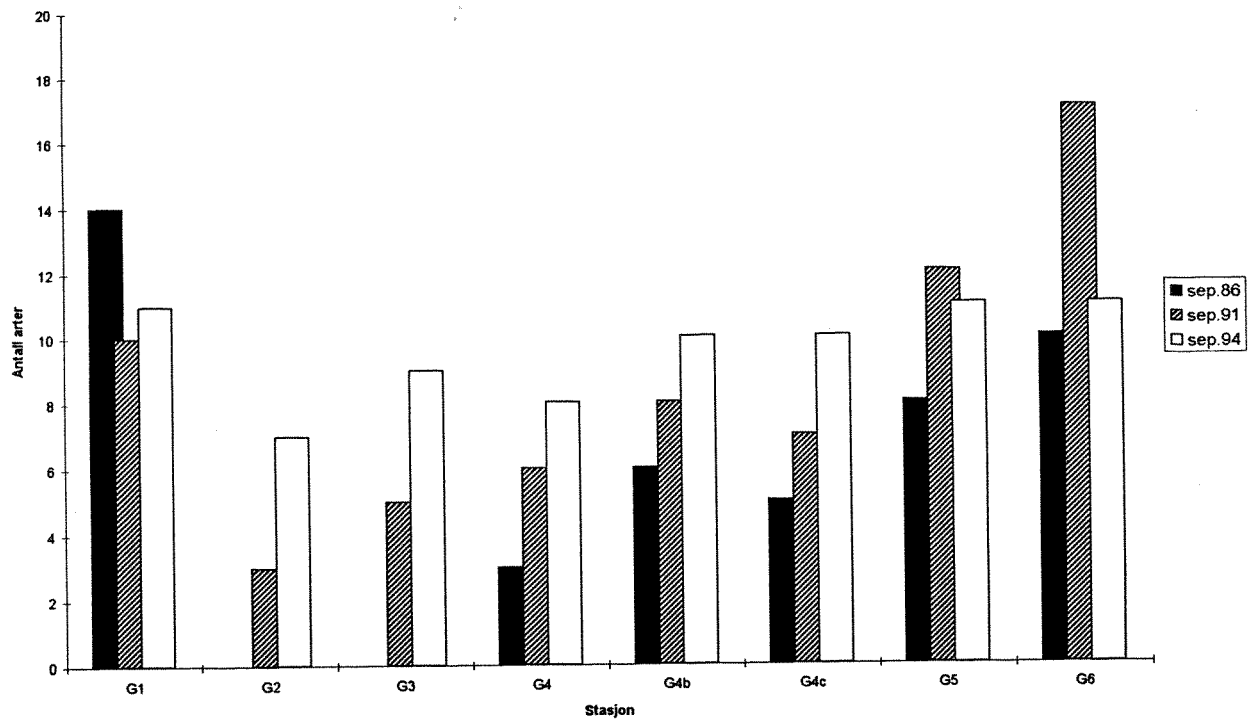
Faunasammensetningen viser ellers forholdsvis små endringer nedenfor G4 fra 1991/92 til 1994. Døgnfluer, steinfluer og fjærmygg dominerer i antall i prøvene.

5.3.2 Artssammensetning

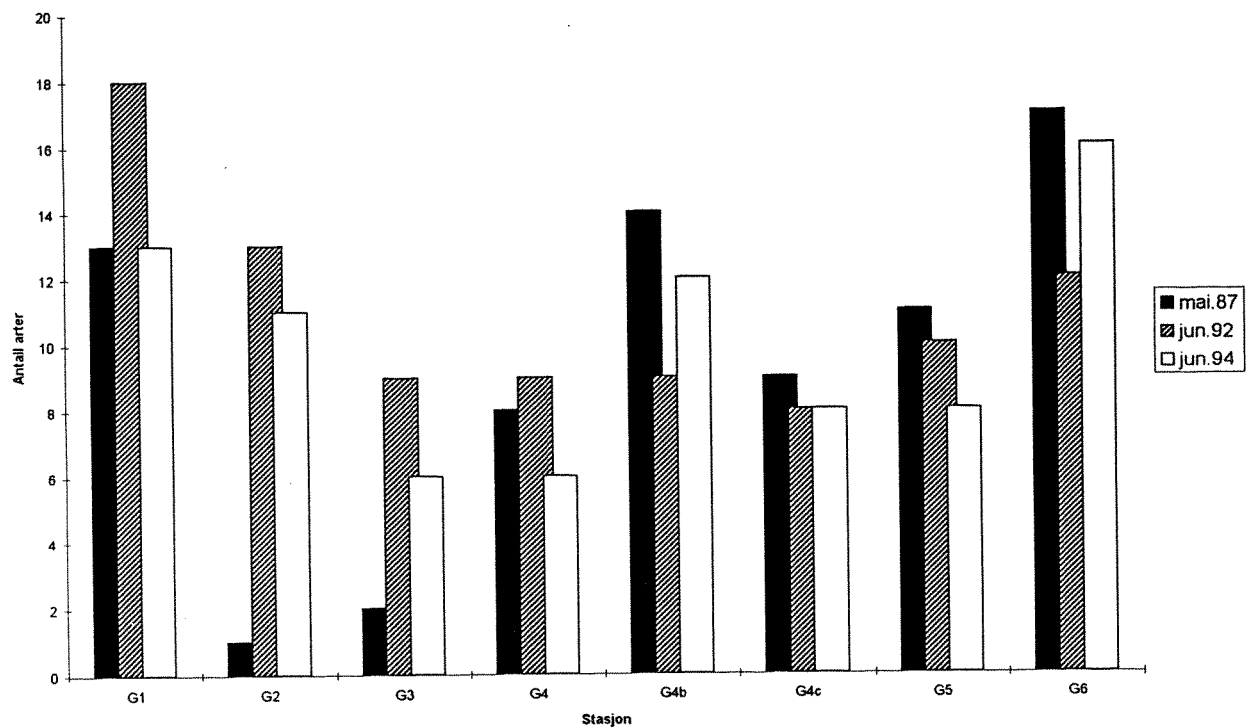
Artssammensetning er analysert for de dominerende gruppene døgnfluer, steinfluer og vårfluer. Artssammensetningen av larver innen disse gruppene vil skifte med årstidene avhengig av artenes livssyklus. For prøvene i Gaula er høstprøvene tatt til samme tid i alle år, mens vårprøvene i 1992 ble tatt en hel måned seinere enn i 1987 på grunn av vannføringsforholdene. Dette gjør at flere arter som flyr tidlig ikke kom med i prøverunden i 1992, noe en må ta med i vurdering av artsantallet mellom periodene.

Resultatene av artsanalysen er vist i figur 5.3 og 5.4 og i tabellene 5.3 og 5.4. Det er en klar reetablering av arter innen alle tre grupper på stasjonene G2, G3 og G4 når en sammenligner 1986/87 med 1991/92 og 1994. Dette gjelder både vår- og høstprøver. Figur 5.3 viser også at antall arter døgn- og steinfluer har økt på stasjonene G4b til G6 i 1991 og 1994 sammenlignet med 1986. For vårprøvene er bildet mer nyansert (figur 5.4). Også disse viser en klar økning av arter på de tidligere mest forurensete stasjonene G2 og G3, mens det totale artsantallet var lavere på stasjonene G4b-G6 i 1992 og 1994 sammenlignet med 1987. Dette skyldes for en del at arter som flyr tidlig (eks. *Capnia atra*, *Leuctra hippopus*) var borte fra de lavestliggende stasjoner under prøvetaking i 1992 og 1994.

I høstprøvene ble det registrert flere arter på stasjonene G2-G4c i 1994 enn 1991, mens forholdet var omvendt for vårprøvene fra de samme stasjoner. Ser en på totalt antall registrerte arter av døgn- og steinfluer på de mest skadde lokalitetene G2 og G3 de enkelte år, så økte artsantallet fra 1 art i 1986/87 til 11 arter i 1991/92 og 14 arter i 1994, d.v.s en klar økning.



Figur 5.3. Antall arter av døgn- og steinfluer i øvre Gaula basert på R5-prøver i september 1986, 1991 og 1994.



Figur 5.4. Antall arter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer i øvre Gaula, basert på R5-prøver i mai/juni 1987, juni/juli 1992 og juni 1994.

Døgnfluer

Tabellene 5.3-5.4 viser at det i 1986/87 ble påvist bare enkeltindivider av døgn- og steinfluer på stasjon G2-G4 og disse antas i stor grad å skyldes driv fra sidebekker. Prøvene fra 1991 og 1994 viser at *Baetis rhodani* nå hadde etablert seg i betydelig antall på disse stasjonene, og at denne arten er den første av døgnflueartene til å rekolonisere elvestrekningen. De andre artene synes fortsatt å ha problemer med å etablere bestander på strekningen G2-G4c, men det ble både i 1992 og særlig 1994 funnet en del individer av artene *Ameletus inopinatus* og *Ephemerella aurivilli*, noe som viser klare tegn på reetablering. Mens *B. rhodani* er regnet som en tolerant art overfor tungmetaller, er *E. aurivilli* sensitiv (jf. Rehfeldt & Søchtig 1991). Arten *Heptagenia dalecarlica* forekom tallrik både på referansestasjonen G1 og på G6 i alle tre perioder, men arten er fortsatt nærmest fraværende på hele den mellomliggende strekning. Denne slekten har vist seg meget sensitiv overfor tungmetaller (Clements et.al. 1988a, Rehfeldt & Søchtig 1991) og manglende reetablering tyder på fortsatt for stor forurensning i vassdragsavsnittet.

Steinfluer

Steinfluene har jevnt over en høyere toleranse for tungmetaller enn de fleste døgnflueartene, og i 1991/92 ble det registrert en rekke arter under reetablering på stasjon G2-G4.

På stasjon G2 ble det våren-92 observert 8 arter steinfluer, mer enn på noen av de andre stasjonene, og artssammensetningen skilte seg lite fra referansestasjonen. Også på stasjon G3 og G4 var det nå etablert en artsrik steinfluefauna med henholdsvis 6 og 5 arter. *Amphinemura borealis* og *Amphinemura sulcicollis* dominerte både på disse stasjonene og videre nedover elva i 1992. *Nemoura cinerea* forekom i betydelig antall på stasjon G2, og ble påvist bare her i 1992. Høstprøvene viser også en klar økning i antall steinfluearter fra stasjon G3 og nedover i 1991 sammenlignet med 1986, og økning i antall individer pr. art. *Diura nanseni*, *Isoperla sp.* og *Capnia sp.* var de dominerende arter i høstprøvene.

Prøvene fra 1994 viser samme tendens som prøvene fra 1991/92 med reetablering av i store trekk de samme artene på stasjon G2-G5. I vårprøvene var, *Isoperla obscura*, *Brachyptera risi* og *Amphinemura borealis* de vanligst forekommende i denne sonen. Mengde og artsantall var noe lavere ved prøvetakingen i 1994 enn i 1992. I høstprøvene var det *Diura nanseni*, *Isoperla sp.* og *Capnia sp.* som dominerte, og *D. nanseni* ble observert tallrik på alle stasjonene i 1994.

Diura nanseni og *Isoperla sp.* er regnet som sensitive arter for ulike typer forurensning, mens *Nemoura* og *Amphinemura* er regnet som mer tolerante. Dette gir seg imidlertid ikke utslag i forskjeller i reetablering i Gaula. Resultatene indikerer at de fleste steinflueartene er mer tolerante overfor tungmetallforurensning av kobber og sink enn flere døgnfluearter.

Vårfluer

Av vårfluematerialet er det bare vårprøver som er artsbestemt fra 1986/87, mens materialet er bestemt til art både for vår- og høstprøver de seinere år (tabell 5.3 og 5.4 - se vedlegg). Artssammensetningen på de ulike stasjoner viser ikke tilsvarende reetablering som for døgn- og steinfluer, og det virker ikke som om nedgangen i tungmetallkonsentrasjon foreløpig har hatt markert innvirkning på vårfluefaunaen, men det presiseres at materialet fra 1987 er spinkelt. *Rhyacophila nubila* som var den dominerende vårfluearten på referansestasjonen G1 i alle perioder, var både i 1991/92 og 1994 fraværende eller ble bare sporadisk funnet på stasjon G2 og G3, men kom inn igjen på nedenforliggende stasjoner. Det ble ellers både i 1991/92 og 1994 påvist enkeltindivider av flere arter spredt på stasjonene G2-G5 uten at en kan peke på noen klar endring i faunasammensetning fra 1992 til 1994. *Plectocnemia conspersa* forekom spredt på de fleste stasjonene i juni.

Vi har tidligere sammenholdt artsantallet av døgnfluer, steinfluer og vårfluer med kobberkonsentrasjonene i vannet på de enkelte stasjoner og vist at det er god korrelasjon mellom antall arter og kobberkonsentrasjonen i vannet, og mellom individantallet og kobberkonsentrasjonen (jf. Arnekleiv & Størset 1995). Prøvene fra 1994 viser samme tendens, men ikke med så klar sammenheng for vårprøvene.

Faunaen i en slik reetableringsfase som vi har på stasjon G2-G5 vil være ustabil, og selv om middelverdiene for kobber ligger under toleransegrensen til de fleste arter, kan plutselige og kortvarige toppler i tungmetallkonsentrasjonene ta livet av dyrene. Det er derfor ikke å vente at meget sensitive arter som *Heptagenia dalecarlica* skal kunne reetablere bestand før konsentrasjonene er på et enda lavere nivå. Det er også usikkert hvorvidt utvasking av slam fra elvesedimentene fortsatt kan gi enkelte toppler i metallinnhold. Clements et. al. (1988b, 1990) fant ved eksperimentelle forsøk betydelig reduksjon i både artsantall og individtetthet selv ved kobberkonsentrasjoner ned mot 9 µg/l. Middelverdien av kobber i vannet i Gaula i perioden juni-november 1994 lå i området 5-10 µg Cu/l på de ulike stasjonene mellom G2 og G6. Toksisiteten av kobber er imidlertid svært avhengig av hvilken form metallet forekommer i.

6. FISK

6.1 Metoder

Det ble i 1986/87 foretatt elektrisk fiske på en rekke stasjoner i hele vassdraget med sideelver for å kartlegge utbredelse og tetthet av ungfisk i Gaula (se Traaen m.fl. 1988, Arnekleiv m.fl. 1989). De samme stasjoner i øvre del av Gaula ble også elfisket i 1992 og nå i 1994 for å se om ørret har etablert seg på strekninger som tidligere var fisketomme på grunn av metallforurensning. Det er fisket en omgang på hver stasjon og avfisket areal har variert mellom 80 og 400 m². I tillegg til hovedstasjonene G1-G6, ble det opprettet tilleggsstasjoner for elfiske og bunndyrprøver for å se nærmere på detaljer i reetablering av faunaen nedover vassdraget. Det ble opprettet to ekstra stasjoner kun for elfiske ovafor og nedafor samløp Hesja (stasjon G5b og G5c). Disse ble også prøvfisket i 1986/87.

6.2 Resultater

Resultatet av elfiske i 1986/87 sammenlignet med 1991/92 og 1994 er framstilt i figur 6.1 og tabell 6.1 - se vedlegg. I 1986/87 ble det ikke påvist fisk på stasjonene mellom G1 og G6. Til tross for potensielt gode ungfiskhabitater og store avfiskete arealer ble det ikke funnet fisk på stasjonene G4d, G5b og G5c. Først ved G6 (ca. 1 km nedstrøms Eggafossen som stopper videre lakseoppgang) var det en forholdsvis lav tetthet av ørret, og bare 2 laksunger ble påvist her.

I 1991/92 viser elfiskresultatene at ørret har begynt å reetablere bestand på deler av elvestrekningen som tidligere var tom for fisk (fig. 6.1). I 1991 ble det fanget ørret helt nederst på strekningen på stasjon G5b og st.G5c som ligger rett oppstrøms og nedstrøms samløp Hesja, mens det ikke ble funnet fisk på stasjon G4 og G5 eller lenger opp (tabell 6.1 - se vedlegg). I 1992 var situasjonen ytterligere bedret ved at vi registrerte fisk også i området Engan (G4) - Ålen (G5). Mellom stasjonene G1 og G4 ble det heller ikke i 1992 registrert fisk. Både på stasjon G4d (Ålen sentrum) og st. G5c (Åsplassen) ble det imidlertid fanget flere ørret (tetthet på henholdsvis 1,7 og 3,0 pr. 100 m²). Det ble imidlertid ikke fanget årsyngel på noen av stasjonene. Alder og lengde på ørretene varierte mellom alder 1+ og 3+ og lengde 9,5 og 19,0 cm.

Data fra 1994 viser omtrent samme situasjon som i 1992 for stasjonene G1-G5. Det ble ikke påvist ørret på stasjon G2, G3 og G5, mens det forekom lave tettheter av ørret på G4 og G4d. Tetthetene var imidlertid litt høyere på stasjon G4d og G5c i 1994 enn i 1992. På en nyopprettet stasjon nedenfor samløp Sya (St. G2b) ble det funnet 1 ørret på et 300 m² stort areal.

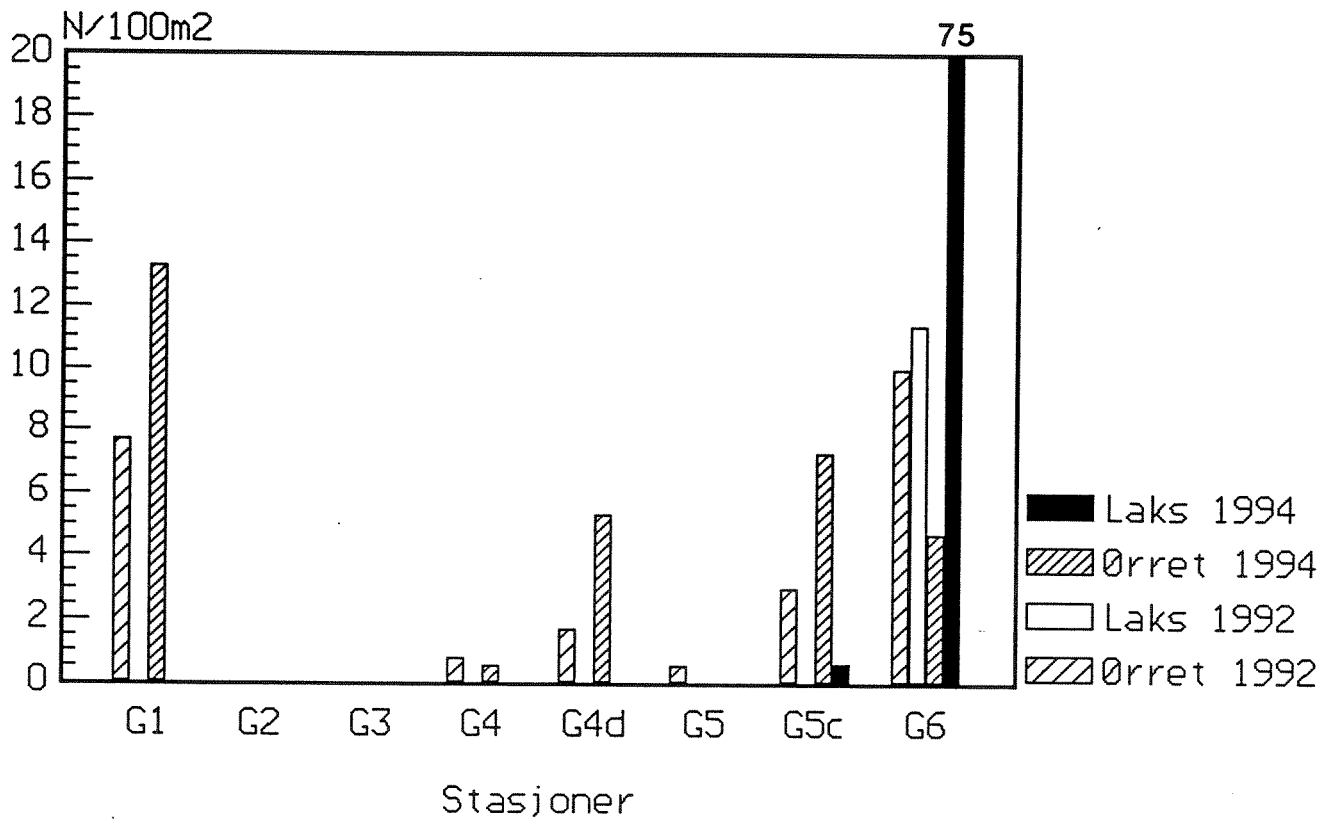


Fig. 6.1. Tetthet av ørret og laks >1+ pr. 100 m² i øvre del av Gaula 1992 og 1994

Det ble funnet kun 1 årsyngel av ørret på strekningen Storbekken-Ålen og det synes ikke å ha vært naturlig rekruttering av noe omfang på strekningen enda. Reetablering av fisk synes i første rekke å skje ved nedvandring fra sideelver. Det er flere mindre sideelver/bekker i området som kan gi nedvandring av fisk og slik bidra til gjenoppbygging av ørretbestanden i øvre Gaula. De viktigste i så måte er sannsynligvis Sya, Tverråa og Rugla.

Største endring i fiskebestanden fra 1992 til 1994 har skjedd på stasjon G6. I 1986/87 ble bare 2 laksunger registrert her. I 1992 dominerte laks over ørret på samme stasjonen med henholdsvis 11,4 og 10,0 individer pr. 100 m². I 1994 var tettheten av ørret lavere enn i 1992 (4,7 ind./100 m²), men tettheten av laks var økt til 75 ind./100 m². Dette er en høy tetthet, også sammenlignet med andre deler av Gaula (jfr. Arnekleiv et al 1989). Det ble også registrert god tetthet av årsyngel av laks på stasjonen i 1994.

Det er grunn til å anta at nedgangen i tungmetallinnhold også er en viktig årsak til at ungfiskbestanden av laks nå er vesentlig bedret på stasjon G6.

Det er også rapportert om sportsfiskefangster i Ålen i 1992 og 1994. Ifølge opplysninger skal det være tatt ørret både i Ålen og ved Syaoset (Klaus B. Bakken, pers. medd.). Sya er ei relativt stor og rein elv, og metallkonsentrasjonene er nå like lave mellom G2 og G3 som ved stasjon G6. Elfiske på st. G2 (ovafor samløp Sya) ga imidlertid ingen fangst, og på et stort areal nedafor Sya (st. G2b) registrerte vi kun 1 ørret. Dette tyder på at det tar tid før ørretbestanden tar seg opp på et "normalt" nivå i området, men resultatene viser at reetablering av ørret er i gang på de minst forurensa områdene med godt fiskehabitat.

Det ble ikke foretatt elfiske i sideelver i 1994. Av sideelvene var det bare Skuru som var sterkt tungmetallpåvirket, og her er ikke situasjonen endret. Det ble ikke funnet fisk i Skuru i 1986 og det er ikke endrede forhold som skulle tilsi noen reetablering av ørret her i seinere år.

LITTERATUR

- Aanes, K.J. 1980. A preliminary report from a study on the environmental impact of pyrite mining and dressing in a mountain stream in Norway, pp. 419-42. In: J.F. Flannagan and K.E. Marshall (eds.). *Advances in Ephemeroptera biology. Proceedings of the Third International Conference on Ephemeroptera.* Plenum Press, New York, NY. 552 pp.
- Arnekleiv, J.V & Størset, L. 1995. Downstream effects of mine drainage on benthos and fish in a Norwegian river: a comparison of the situation before and after river rehabilitation. *J. Geochem. Expl.* 52: 35-43
- Arnekleiv, J.V. 1985. Seasonal variability in diversity and species richness of ephemeroptera and plecoptera communities in a boreal stream. *Fauna Norv. Ser. B.* 32. 1-6.
- Arnekleiv, J.V. 1988. Bunnundersøkelser i Gaula 1987. I: Saltveit, S.J. m.fl. 1988: Forsknings- og referansevassdrag (FORSKREF). Årsrapport for 1987. MVU-rapport nr. B46 - Oslo 1988.
- Clements, W.H., Cherry, D.S. & Cairns, J., Jr. 1988. Structural alternations in aquatic insect communities exposed to copper in Laboratory streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 7: 715-722.
- Clements, W.H., Cherry, D.S. & Cairns, J., Jr. 1990. Macroinvertebrate Community Responses to Copper in Laboratory and Field Experimental Streams. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 19: 361-365.
- Grande, M. 1991. Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger. NIVA-rapport, O-89103, 136 s.
- Grande, M., Iversen, E.R. og Bildeng, R. 1985: Kontrollundersøkelser 1984, Elkem A/S - Skorovass Gruber. NIVA-rapport, O-62042, 53 s.
- Grande, M. & Romstad, R. 1989. Tiltaksorientert overvåking i Orkla 1988. Statlig Program for forurensningsovervåking, SFT, Rapportnr. 368/89. 59 s.
- Hynes, H.B.N. 1961. The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream. *Arch. Hydrobiol.* 57: 344-388.
- Iversen, E.R. 1992: Måling av avrenning fra Kjøli Gruve. Resultater 1991. Notat. O-81071. NIVA, 4. mai 1992.
- Iversen, E.R. 1993 I: Målinger av avrenning fra Killingdal gruve. Resultater 1992. Notat. O-91181. NIVA, 16.mars 1993.
- Iversen, E.R. 1993 II: Målinger av avrenning fra Kjøli gruve. Resultater 1992. Notat. O-81071. NIVA, 15.mars 1993.

- Lien, L., Brittain, J.E., Gulbrandsen, T.R., Johanson, C., Løvik, J.E., Mjelde, M. og Sahlqvist, E.Ø. 1983. Namsenvassdraget. Basisundersøkelsen 1981-1982. SFT/NIVA rapport, O-80002-19. 151 s.
- Mance, G. 1987. Pollution threat of heavy metals in aquatic environment. Elsevier, London and New York, 372 s.
- MVU-rapport nr. B62 - Oslo 1989.
- NIVA, 1965. En undersøkelse av vassdragsforurensninger 1962-1964 for Elektrokemisk A/S Skorovas Gruber. NIVA-rapport, O-42/62, 1965, 151 s.
- NIVA, 1969. Undersøkelser av Folla. NIVA-rapport, O-120/64 del 1, 75 s.
- Rehfeldt, G. & Söchtig, W. 1991. Heavy Metal Accumulation by *Baetis rhodani* and Macrobenthic Community Structure in Running Waters of the N'Harz Mountains (Lower Saxony/FRG). *Entomol. Gener.* 16(1): 031-037.
- Resh, V.H. & Unzicker, J.D. 1975. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. *J. Wat. Poll. Control. Fed.* 47: 9-19.
- SFT 1989: Vannkvalitetskriterier for ferskvann. Hovedredaktør: Hans Holtan, NIVA. SFT-rapport TA - 630.
- Traaen, T.S. 1994: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1993. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 568/94.
- Traaen, T.S. og E.R. Iversen 1991: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1990. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 459/91.
- Traaen, T.S., J.V. Arnekleiv, T. Bongard, M. Grande, E.-A. Lindstrøm og L. Lingsten 1988: Tiltaksorientert overvåking i Gaula, Sør-Trøndelag, 1986-1987.-Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 337/88.
- Traaen, T.S., M. Grande, E.R. Iversen, E.-A. Lindstrøm, J.V. Arnekleiv og L. Størseth 1992: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1991. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 492/92.
- Traaen, T.S., M. Grande, E.R. Iversen, E.-A. Lindstrøm, J.V. Arnekleiv og L. Størseth 1993: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1992. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 530/93.
- Winner, R.W., Boesel, M.W. & Farrell, M.P. 1980. Insect community structure as an index of heavy-metal pollution in lotic ecosystems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 647-655.

VEDLEGG

	side
Vannkjemiske analyser	
Stasjon G1 og G2	38
Stasjon G3 og G4	39
Stasjon G5 og G6	40
Stasjon B1 og B2	40
Begroing, tabeller	
Tab. 4.1	41
Tab. 4.2	43
Bunndyr, tabeller	
Tab. 5.1	44
Tab. 5.2	45
Tab. 5.3	46
Tab. 5.4	47
Fisk, tabeller	
Tab. 6.1	48

Vannkjemiske analyser i Gaula, 1994.

Stasjon G1, oppstrøms Storbekken, 1994.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
0531	0.8	M 1
0630	0.8	M 1
0730	0.7	M 0.5
0831	M 0.5	M 1
0930	0.9	M 0.5
1030	3.3	0.9

Stasjon G2, Grønlivollen, 3km nedstrøms Storbekken, 1994.

Dato	pH	Kond. mS/m	Turb. FTU	Sulfat mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
0531	6.41	1.91	0.38	0.8	3.8	1.5
0615	6.43	1.25	0.57	1.2	3.8	M 10
0630	6.86	1.67	0.47	1.6	6.0	5.0
0716	6.98	2.78	0.38	3.0	10.6	M 1
0730	7.17	3.75	0.34	6.5	17.1	1.5
0816	7.19	3.86	0.21	4.4	13.5	12.7
0831	6.95	2.49	0.45	2.1	5.2	1.0
0916	7.16	3.01	0.26	2.5	7.2	0.9
0930	7.16	3.65	0.27	3.9	7.6	11.0
1015	6.95	1.94	0.52	1.7	7.9	10.0
1030	7.01	3.46	0.33	4.1	11.5	2.0
1115	6.69	4.10	0.26	5.0	7.0	2.0
1130	6.91	4.54	1.00	4.2	8.8	2.0
1215	7.01	4.89	0.22	4.6	6.1	5.0

Stasjon G3, nedstrøms Gruvbekken, 1994.

Dato	pH	Kond.	Turb.	Sulfat	Cu	Zn
		mS/m	FTU	mg/l	µg/l	µg/l
0531	6.67	1.60	0.44	0.9	4.8	15.5
0615	6.44	1.22	0.52	1.1	4.5	20.0
0630	6.80	1.41	0.40	1.3	5.7	17.0
0716	6.93	2.21	0.38	2.2	7.4	30.0
0730	7.09	2.81	0.24	3.6	5.6	30.0
0816	7.03	3.26	0.28	3.5	11.5	43.0
0831	6.91	2.07	0.51	1.8	7.8	19.0
0916	6.90	2.32	1.00	5.0	23.0	170.0
0930	7.00	2.83	0.50	3.3	10.6	80.0
1015	6.87	1.77	0.53	1.6	8.6	15.0
1030	6.91	2.64	0.42	2.9	9.4	40.0
1115	6.74	3.16	0.35	3.4	6.7	50.0
1130	6.92	3.42	0.35	3.6	11.8	80.0
1215	6.93	3.67	0.32	3.9	11.7	90.0

Stasjon G4, Reitan, 1994.

Dato	pH	Kond.	Turb.	Sulfat	Cu	Zn
		mS/m	FTU	mg/l	µg/l	µg/l
0208	7.24	5.31	0.20	4.2	4.4	40.0
0415	7.33	6.62	0.68	5.9	13.0	60.0
0430	6.60	3.03	0.53	2.5	9.9	50.0
0516	6.49	1.75	0.60	1.3	4.8	10.0
0531	6.72	1.77	0.35	0.9	4.9	15.0
0615	6.64	1.54	0.36	1.3	5.3	20.0
0630	6.87	1.78	0.51	1.5	7.4	18.0
0716	7.05	2.59	0.35	2.4	9.0	30.0
0730	7.19	3.88	0.27	3.6	5.2	15.5
0831	6.84	2.20	0.47	1.9	10.7	25.5
0916	7.18	3.53	0.36	3.8	10.4	60.0
0930	6.98	3.59	0.60	4.2	14.4	80.0
1015	6.98	2.23	0.44	2.0	8.0	30.0
1030	7.06	2.98	0.49	3.3	13.3	40.0
1115	6.96	3.74	0.33	3.9	7.8	40.0
1130	7.17	3.99	0.55	4.3	14.0	70.0
1215	7.32	4.40	0.36	8.2	18.2	80.0

Stasjon G5, Ålen, 1994.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
0208	3.9	20.0
0415	8.8	30.0
0430	6.6	30.0
0516	3.9	10.0
0531	4.5	11.0
0615	5.3	20.0
0630	8.2	9.5
0730	5.3	9.5
0816	5.5	14.5
0831	10.5	16.0
0916	4.6	12.0
0930	7.1	30.0
1015	6.5	15.0
1030	6.5	22.0
1115	5.5	6.0
1130	7.8	30.0
1215	8.4	30.0

Stasjon G6, Eggafossen, 1994.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
0208	3.7	30.0
0415	8.0	20.0
0430	9.3	40.0
0516	4.8	10.0
0531	5.3	13.5
0615	5.0	10.0
0630	10.2	17.0
0730	4.8	12.0
0816	10.0	29.0
0831	11.5	30.0
0916	8.1	30.0
0930	11.0	50.0
1015	6.8	17.0
1030	8.7	30.0
1115	6.9	40.0
1130	13.8	40.0
1215	9.7	40.0

Stasjon B1, Skuru, 1994.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
0531	8.9	28.0
0615	19.2	60.0
0630	29.8	80.0
0730	4.5	17.0
0816	23.8	72.0
0831	28.8	90.0
0916	19.0	50.0
0930	50.2	160.0
1015	39.3	110.0
1030	46.8	120.0
1115	26.5	80.0
1130	60.0	170.0
1215	83.0	220.0

Stasjon B2, Rugla, 1994.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
0531	11.4	3.5
0615	10.9	M 10
0630	14.7	3.0
0730	4.9	2.4
0816	7.4	2.6
0831	14.0	3.5
0916	5.9	2.0
0930	6.3	2.0
1015	10.5	4.0
1030	8.3	4.0
1115	5.9	6.0
1130	5.0	4.0
1215	4.3	5.0

Vedlegg

Tabell 4.1. Bergingsorganismer i Gaula samlet 20-21 august 1994.

Organisme - kode	G1 n. Riasten	G2 . Storbekke	G3 n. Grubbekk	G4 Reitan	G5 Ålen	G6 Eggafossen	G7 Singsås
Blågrønnalger (Cyanophyceae)							
Calo gyp	1					1	1
Calothrz	xx			xx			
Cham con						x	
Cham fus	1	1	xxx	1	2	1	1
Coel sag						x	xx
Dactyloz						xx	
Gloeocez						xxx	
Phor het							xx
Phormidz (4-5u)	xx	1	1	2	1	1	1
Phormidz					xx	xx	
Pleurocz	xx						
Schi lac	1			xx		xx	xxx
Stig mam	xx						xx
Uide tri		xxx					
Uide coc		2	x		x		
Grønnalger (Chlorophyceae)							
Bulbochz	2						2
Closterz	xx				x	xx	xx
Cosmariz	xxx			x	xx	xxx	xxx
Drap glo	1						
Euastuz	x					x	
cf. Gongrosz		xx					
Horn fla			xx				
Micr amo					1	xx	x
Micr pal						x	
Moug a (6-10u)	xxx	2	xxx	xxx		xx	xx
Moug b (	xx						
Moug a/b	x						
Moug e (30-38u)		xx		xx	1	1	1
Oedo a (6-10u)	1		xx	xx	x	xx	x
Oedo d (28-30U)						xx	1
Oedo e (37-38u)						xxx	1
Penium z	x	xx				x	x
Prot vir						xx	
Schi gel						xx	1
Spir å (15-18u, 1K, R)						x	
Staurodz						x	xx
Ulot zon						2	
Zygn b (22-25u)	1	1		1		1	xx
Zygn c (27-33u)	x						
Gullalger (Chrysophyceae)							
Hydr foe			xx			xxx	
Gulgrønnalger (Xanthophyceae)							
Vaucherz (70-80u)					1		
Rødalger (Rhodophyceae)							
Lemaneaz							1
Mosør (Bryophyta)							
Blin acu	3	3	1	1			1
Hygr och						2	
Marsupez		1	1				
Scapania sp.							1
Schistiz		1					
Uide bla	1						
Uide lev					1	1	

Vedlegg
Tabell 4.1 fortsetter

Nedbrytere/konsumenter						
Bakt egg			xxx	xx	xxx	xx
Bakt trå					xx	
Cili uid		xx			xxx	xx
Flag far					xxx	xx
Jern egg		xx	xxx	xx	xxx	xx
Jern trå		xx	xxx	xx	xx	
Sopp hyf	xx				xx	.xx
Sopp spo	xx					
Økerbelegg m jernbakt		4	5	3	xxx	

Tabell 4.2 Begroingsorganismer samlet i Gaula.

Mengde er angitt som % forekomst i prøven (frekvens).

Tabellen omfatter følgende DATO og STASJON(er) :

21/08-94

G01 Oppst. Storbk. Kjøli , G2 Grubvk. Killingdal , G3 Oppstr. Tverråa

G6 Eggafossen nedstr. , G7 Singsås

Organismer (latinske navn)	! St. --->	G01	G2	G3	G6	G7
Bacillariophyceae						
Achnanthes kryophila	0.8	.
Achnanthes linearis	.	1.3	1.8	1.9	7.2	10.7
Achnanthes linearis var pusilla	0.4
Achnanthes minutissima	.	29.0	10.0	15.6	38.8	19.6
Achnanthes spp.	2.1	.
Anomoeoneis brachysira	.	1.3	.	.	.	.
Anomoeoneis serians	.	.	2.6	1.1	.	.
Anomoeoneis vitrea	.	0.7	77.9	48.1	.	.
Bitte liten	.	.	0.7	4.2	.	.
Ceratoneis arcus	.	4.6	0.4	.	.	0.3
Cyclotella spp.	0.3	.
Cymbella affinis	.	5.3	0.4	0.4	.	0.4
Cymbella cesatii	.	0.7	.	.	.	.
Cymbella delicatula	.	4.6	.	.	.	.
Cymbella gracilis	.	1.3	.	.	0.3	0.7
Cymbella hebridica	.	.	.	0.4	.	.
Cymbella microcephala	.	2.0	.	.	.	.
Cymbella spp.	0.3	.
Cymbella ventricosa	8.8	.
Cymbella ventricosa var silesiaca	1.6	.
Diatoma elongatum	0.7
Eucocconeis flexella	0.3	.
Eucocconeis lapponica	.	1.3	.	.	.	.
Eunotia praeurupta	.	0.7	0.7	.	.	1.4
Eunotia spp.	.	0.7	.	.	.	4.3
Fragilaria intermedia	.	1.3	.	0.4	.	0.7
Fragilaria spp.	0.4
Fragilaria vaucheria	4.3	.
Gomphonema acuminatum var coronata	.	0.7	.	.	.	.
Gomphonema angustatum	0.5	0.7
Gomphonema clavatum	0.7
Gomphonema gracile	.	.	.	0.8	.	.
Gomphonema spp.	.	1.3	.	0.4	.	.
Navicula cryptocephala	.	0.7	.	.	.	0.3
Navicula radiosa	1.0
Navicula spp.	1.3	.
Nitzschia microcephala	.	0.7	.	.	.	.
Nitzschia spp.	.	0.7	.	.	2.7	0.3
Stauroneis spp.	.	.	.	0.4	.	.
Surirella spp.	.	.	.	0.4	.	.
Synedra affinis	.	0.7	.	.	.	.
Synedra rumpens	.	2.6	3.7	16.8	25.8	33.8
Synedra spp.	.	2.6	.	0.8	.	.
Synedra ulna	.	.	0.4	.	.	.
Synedra ulna var danica	.	2.6	.	.	.	3.2
Tabellaria flocculosa	.	32.9	1.5	6.5	4.0	19.9
Uidentifiserte pennate	.	.	.	0.4	11.0	.

Tabell 5.1. Gjennomsnittlig antall bunndyr i R5-prøver fra Gaula i september 1986, 1991 og 1994

Stasjon	G1	G2	G3	G4	G4b	G4c	G5	G6	Sum	%
1986										
Oligochaeta	21								21	0,2
Ephemeroptera	1238			5	965	723	3200	1989	8120	90,5
Plecoptera	162			3	41	29	136	118	489	5,4
Coleoptera										
Elmidae					1				1	0,01
Trichoptera	32				16	23	41	10	122	1,4
Diptera l.indet.	1								1	0,01
Simulidae					1				1	0,01
Ceratopogonidae							1		1	0,01
Chironomidae	65		1	1	15	12	18	24	136	1,5
Tipulidae	16				1	1	8	1	27	0,3
Hydracarina	8				4	8	26	4	50	0,6
SUM	1543	0	1	9	1044	796	3430	2146	8968	≈ 100
1991										
Oligochaeta	24							3	27	1,2
Turbellaria	2								2	0,1
Ephemeroptera	461	90	27	59	95	65	251	300	1348	59,4
Plecoptera	121	1	12	20	105	65	91	149	564	24,8
Coleoptera										
Elmidae	4			1	3	1		1	10	0,5
Trichoptera	45	1	2	3	11	6	13	33	114	5,1
Diptera l. indet.										
Simulidae								1	1	0,04
Ceratopogonidae							1		1	0,04
Chironomidae	28		4			1	8	39	80	3,5
Tipulidae	15		1	1	5	10	15	53	100	4,4
Hydracarina	10	1	1	1		1	3	6	23	1,0
SUM	710	93	47	85	219	149	382	585	2270	≈ 100
1994										
Oligochaeta	2			1					3	0,02
Ephemeroptera	1364	478	262	663	891	950	3486	2480	10574	85,0
Plecoptera	115	55	85	28	71	50	242	220	866	7,0
Trichoptera	36	5	6	23	15	41	50	13	189	1,5
Diptera l. indet.	5								5	0,04
Simulidae				7		1	7		15	0,1
Ceratopogonidae					1			1	2	0,01
Chironomidae	20	31	11	3	9	12	223	332	641	5,2
Tipulidae	11	1		1			7	1	21	0,2
Hydracarina			2	3	1	5	10	92	113	0,9
Elmidae l. + ad.		3	1		4	3			11	0,1
SUM	1553	573	367	729	992	1062	4025	3139	12440	≈ 100

Tabell 5.2. Gjennomsnittlig antall bunndyr i R5-prøver fra Gaula i mai/juni 1987, juni/juli 1992 og juni 1994

Stasjon	G1	G2	G3	G4	G4b	G4c	G5	G6	Sum	%
1987										
Nematoda	1								1	0,06
Oligochaeta	8				2				10	0,7
Ephemeroptera	66		1	9	113	17	143	319	668	44,4
Plecoptera	72	1	1	3	102	21	23	151	374	24,9
Coleoptera										
Elmidae					4		4		8	0,5
Trichoptera	24				3	3	31	55	116	7,7
Diptera l. ind.	8				2		8	15	33	2,2
Simulidae				3	13	2	1	15	34	2,3
Ceratopogonidae							1		1	0,06
Chironomidae	37	2	5	9	19		148	31	251	16,7
Tipulidae						1		1	2	0,1
Hydracarina					2	1	3		6	0,4
SUM	216	3	7	24	260	45	362	587	1504	≈ 100
1992										
Turbellaria	1				3				4	0,08
Oligochaeta	1	1					1	1	4	0,08
Ephemeroptera	267	59	39	486	412	213	936	744	3156	59,1
Plecoptera	97	88	65	32	123	30	148	132	715	13,4
Coleoptera										
Elmidae	1		1	2	9		3		16	0,3
Dytiscidae	1								1	0,02
Trichoptera	19	11	1	5	42	9	22	20	129	2,4
Diptera										
Simulidae	277	6	13	40	84	49	85	345	899	16,8
Chironomidae	8	20	57	10	28	7	65	45	240	4,5
Tipulidae	2	6			13		11	34	66	1,2
Hydracarina	5	2	2	3	5	5	23	65	110	2,1
SUM	679	193	178	578	719	313	1294	1386	5340	≈ 100
1994										
Oligochaeta	6				1	1			6	0,3
Ephemeroptera	196	17	3	29	67	222	13	70	617	28,6
Plecoptera	50	21	8	12	44	49	4	74	262	12,1
Trichoptera	28	3	1	3	12	9	2	9	67	3,1
Diptera l. indet				1			3	1	5	0,2
Simulidae	162	15	30	231	596	27	2	1	1064	49,3
Ceratopogonidae								2	2	0,1
Chironomidae	28	11	3	9	19	12	2	16	99	4,6
Tipulidae	2			1	4	1		3	11	0,5
Lymnaeidae	2								2	0,1
Hydracarina	1				1	2	1	18	23	1,1
SUM	473	67	45	286	744	323	27	194	2158	≈ 100

Tabell 5.3. Artssammensetning (antall pr. prøve) av døgnfluer, steinfluer og vårfluer på ulike stasjoner i øvre Gaula, september 1991 og 1994

Art/familie/slekt	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4a		St. 4b		St. 4c		St. 5		St. 6	
	-91	-94	-91	-94	-91	-94	-91	-94	-91	-94	-91	-94	-91	-94	-91	-94
Ephemeroptera (døgnfluer)																
<i>Ameletus inopinatus</i>		46				21				51				4		40
Siphonuridae	1		1				1				1		2		15	
<i>Baetis rhodani</i>	295	1248	89	476	27	240	58	660	95	837	64	943	243	3100	215	2090
<i>Baetis fuscatus/scambus</i>								3		1			3		14	
<i>Baetis muticus</i>		11		1								1		7		97
<i>Baetis subalpinus</i>																
<i>Heptagenia</i> sp.																2
<i>Heptagenia dalecarlica</i>	144	42		1		1				1		1		20	13	150
Leptophlebiidae															2	
<i>Ephemerella aurivillii</i>	21	17								1		5	3	113	39	203
Plecoptera (steinfluer)																
<i>Arcynopteryx compacta</i>							1									
<i>Diura nanseni</i>	63	76		22	4	28	11	17	80	51	33	40	31	190	15	30
<i>Isoperla</i> sp.	18	22	1	20	3	34		6	1	5	1	2	2	10	1	10
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>									1						1	
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>		2		12	4	15		1	2	3	2	2	7	3	13	47
<i>Brachyptera risi</i>																
<i>Amphinemura</i> sp.	31	3							1		1	1	7	23	30	123
<i>Amphenemura borealis</i>							1									
<i>Nemoura</i> sp.													1		5	
<i>Nemoura avicularis</i>																
<i>Protonemura meyeri</i>	6								1				7		2	
<i>Capnia</i> sp.		5				5	7	2	19	10	28		28	13	69	
<i>Leuctra</i> sp.	2	7		1	1	2				2		4		3	6	7
<i>Leuctra digitata</i>	1															
<i>Leuctra fusca</i>						1		1					8		7	3
<i>Leuctra nigra</i>								1				1				
Trichoptera (vårfluer)																
<i>Rhyacophila nubila</i>	32	33		2		3	2	21	6	6	3	8	10	38		2
<i>Glossosoma</i> sp.															1	
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	8	1		2						1					4	
<i>Plycentropus flavomaculatus</i>	4	2		1				1	2	8		33	3	9	4	7
<i>Arctopsyche ladogensis</i>			1		1	3			1						9	3
<i>Lepidostoma hirtum</i>															1	
<i>Apatania zonella</i>															1	1
Limnephilidae	1						1	1			3			3	10	
Chaetopterygini					1											
Stenophilacini									1							2
<i>Mystacides azurea</i>															1	
Antall arter	10	14	3	10	5	10	6	11	8	13	7	12	12	14	17	15
Antall individer	582	1515	91	538	39	353	79	714	200	977	130	1041	342	3536	449	2813

Tabell 5.4. Artssammensetning (antall pr. prøve) av døgnfluer, steinfluer og vårfluer på ulike stasjoner i øvre Gåula, juni 1992 og 1994

Art/familie/slekt	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4a		St. 4b		St. 4c		St. 5		St. 6	
	-92	-94	-92	-94	-92	-94	-92	-94	-92	-94	-92	-94	-92	-94	-92	-94
Ephemeroptera (døgnfluer)																
<i>Ameletus inopinatus</i>	22	42	34	3	10	3	1		1	5	2	4		7		2
<i>Siphonurus</i> sp.				1												1
<i>Baetis rhodani</i>	186	133	8	11	28		483	29	411	62	210	210	936	4	716	8
<i>Baetis lapponicus</i>	1															
<i>Baetis muticus/niger</i>	3	10					2								4	1
<i>Heptagenia dalearica</i>	53	10													23	3
<i>Leptophlebia vespertina</i>																
<i>Ephemereilla aurivillii</i>	2	1	7								1	8		2	1	55
Plecoptera (steinfluer)																
<i>Diura nanseni</i>	2	1	1		2		1	1	13	1	1		6		8	5
<i>Isoperla</i> sp.									1							
<i>Isoperla grammatica</i>	12	1	1		2		3					1		2	3	4
<i>Isoperla obscura</i>	8	13	1	10		4		3		8			1			
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	1	3		2										1		1
<i>Brachyptera risi</i>	3	1		1	3	1	10	4	6	3			11			
<i>Amphinemura</i> sp.					6		6		31		7		41	1	38	
<i>Amphinemura borealis</i>	37	20	37	1	38	1	10	4	60	31	21	47	68		63	59
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	25		33			2	2				1		1			1
<i>Nemoura</i> sp.				1	1											1
<i>Nemoura cinerea</i>				11												
<i>Protonemura meyeri</i>	1		1									1	1		17	1
<i>Capnia</i> sp.																
<i>Capnia atra</i>																
<i>Leuctra</i> sp.																2
<i>Leuctra digitata</i>	8	13	2	6	13				12	1						1
<i>Leuctra fusca</i>																
<i>Leuctra hippopus</i>																
<i>Leuctra nigra</i>				1												
Trichoptera (vårfluer)																
<i>Rhyacophila nubila</i>	17	28					5	3	41	6	8	8	19	1	19	6
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	1		6	2	1					2	1		3		1	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1															
<i>Arctopsyche ladogensis</i>							1									
<i>Apatania stigmatella</i>										2						3
Limnephilidae				1								1		1		
<i>Halesus</i> sp.										1						
<i>Annitella</i> sp.			5													
<i>Potamoplax latipennis</i>																
<i>Sericostoma personatum</i>									1	1						
Antall arter	18	13	13	11	9	6	9	6	9	12	8	8	10	8	12	16
Antall individer	383	276	158	39	104	12	523	44	577	123	252	280	1106	19	896	154

Tabell 6.1. Resultater av elfiske i øvre del av Gaula i 1986/87, 1991/92 og 1994

År	St.	Dato	Areal m ²	Ant. omganger fisket	Tot. ant. fisk	Antall fanget				Tetthet pr. 100 m ²	
						Ørret 0+	Ørret ≥1+	Laks 0+	Laks ≥1+	Ørret ≥1+	Laks ≥1+
1986	G1	24.09.	150	3	9		9			6,0	
	G2	"	300	1	0						
	G3	"	150	1	0						
	G4	"	200	1	0						
	G4b	"	-	1	0						
	G4d	"	300	1	0						
	G5	25.09.	350	1	0						
	G5c	"	200	1	0						
	G6	"	150	3	38	19	17	2	0	11,3	0,0
G7	"	125	3	33	4	7	13	9	5,6	7,2	
1987	G1	11.08.	100	1	10	2	8			8,0	
	G4	"	100	1	0						
	G4d	"	150	1	0						
	G5	"	200	1	0						
	G5c	"	320	1	0						
	G6	"	200	1	43	22	20	0	1	10,0	0,5
1991	G1	06.08.	400	1	45	4	51			10,3	
	G4	"	100	1	0						
	G5	"	100	1	0						
	G5b	"	80	1	1		1			1,3	
	G5c	"	100	1	5	1	4			4,0	
1992	G1	14.09.	350	1	38	11	27			7,7	
	G2	"	80	1	0						
	G3	"	100	1	0						
	G4	"	150	1	1		1			0,75	
	G4d	15.09.	300	1	5		5			1,7	
	G5	"	400	1	1		2			0,5	
	G5c	"	100	1	3		3			3,0	
	G6	"	140	1	48	8	14	10	16	10,0	11,4
1994	G1	15.09.	180	3	25	1	24			13,3	
	G2	"	200	1	0						
	G2b	"	300	1	1		1			0,3	
	G3	"	100	1	0						
	G4	"	200	1	1		1			0,5	
	G4d	14.09.	150	1	9	1	8			5,3	
	G5	"	200	1	0						
	G5c	"	150	1	12		11		1	7,3	0,6
	G6	"	85	3	85	2	4	17	64	4,7	75,3

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

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

ISBN 82-577-2810-1