Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag
Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 2001.

Rapport: 843/02
TA-nummer: 1870/2002
ISBN-nummer: 82-577-4183-3

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)
Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

Overvåking av Gaula
Årsrapport for 2001

Rapport
843/02

Vannkjemiske undersøkelser

Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor
Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet:
www.niva.no

Sørlandsavdelingen
Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen
Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen
Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S
Polarmiljøsenteret
9005 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel	Løpenr. (for bestilling)	Dato
Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 2001. (Overvåkingsrapport nr. 843/02. TA-nr. 1870/2002)	4530-2002	april 2002
	Prosjektnr. Undernr. O-90051	Sider Pris 22
Forfatter(e) Tor S. Traaen	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e)	Oppdragsreferanse
Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	

Sammendrag

I 2001 ble det utført vannkjemisk overvåking i øvre deler av Gaula for å studere effektene av forurensnings-begrensende tiltak ved Kjøli og Killingdal gruver. Årlig transport av kobber og sink ved Reitan (st. G4) er redusert fra hhv 14 og 30 tonn i 1986/87 til 1,5 og 5,5 tonn i 2001 (1,7 og 6,3 i 2000). Årsaken til nedgangen i transportverdiene var at årsavrenningen gikk ned med 13 % fra 2000 til 2001. Kobbertransporten fra Kjøli via Storbekkeni 2001 var 0,47 tonn (35%), fra Gamle Killingdal via Gruvbekken 0,31 tonn (23 %) og fra Nye Killingdal via Skuru 0,56 tonn (42%). Vannføringsveid årsmiddelkonsentrasjon for kobber ved Reitan gikk opp fra 7,2 µg/l i 2000 til 7,6 µg/l i 2001. Det var som helhet små endringer i metallkonsentrasjonene fra 2000 til 2001.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Gruveforurensning	1. Mine pollution
2. Tungmetaller	2. Heavy metals
3. Forurensningsbegrensende tiltak	3. Pollution abatement
4. Overvåking	4. Monitoring

Tor S.Traaen — Prosjektleder
Brit Lisa Skjelkvåle — Forskningsleder
Nils Roar Sælthun — Forskningssjef

ISBN 82-577-4183-3

O - 9 0 0 5 1

OVERVÅKING AV GAULA, SØR-TRØNDELAG

Vannkjemiske undersøkelser

ÅRSRAPPORT for 2001

Saksbehandler: Tor S. Traaen

Medarbeider: Eigil Rune Iversen

Norsk Institutt for Vannforskning

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER 4
1.1 Vannkjemi 4

2. INNLEDNING 5

3. MATERIALER OG METODER 6

4. VANNKJEMI OG HYDROLOGI 10
4.1 Hydrologi 10
4.2 Vannkjemi. 11
4.3 Transportberegninger av kobber og sink. 16

5. LITTERATUR 18

6. VEDLEGG 20

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 gruvene 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 gruvas dagåpning, og fra midten av oktober 1990 opphørte pumping av vann fra gruven. Videre ble det laget dreneringsgrøfter rundt veltene. I 1999 gikk drensledningen som førte vannet ned i gruva tett, slik at vannet rant via Gruvbekken til Gaula.

1.1 Vannkjemi

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. Fra 1993 ble det også tatt prøver av Rugla.

I 2001 var vannføringsveide årsmiddelverdier ved Reitan 7,6 µg Cu/l og 27 µg Zn/l, mot h.h.v. 7,2 og 27 µg/l i 2000. Sammenlignet med 1986/87 var de vannføringsveide årsmiddelverdiene for kobber og sink redusert med hhv 88 % og 81 %.

Årlig transport av kobber og sink ved Reitan var i 2001 1,5 tonn Cu og 5,5 tonn Zn, mot hhv 1,7 og 6,3 tonn i 2000. Reduksjonen i kobbertransporten skyldtes at midlere vannføring gikk ned med 14 % fra 2000 til 2001. Til sammenlikning var transportene i 1986/87 12-16 tonn kobber og 27-33 tonn sink. Fra 1986/87 til 2001 er kobbertransporten redusert med ca. 89 % (88 % i 2000) og sinktransporten med ca. 82 % (79 % i 2000).

Undersøkelsene har vist at forholdene i Gaula er betydelig forbedret som følge av forurensningbegrensende tiltak. Konsentrasjonene av tungmetaller er sterkt redusert, pH har økt og partikkelforurensningen av tungmetallholdig okerslam er betydelig redusert. Biologiske undersøkelser ble siste gang utført i 1998 og viste en markert, men sakte forbedring i de biologiske forholdene, blant annet med tegn til reproduksjon av ørret i de øvre områdene av elva.

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 tungmetallforurensninger fra de nedlagte gruvene 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 (Traaen m.fl.1988).

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 og sigevann fra området ble ledet til gruva i en drensledning. Denne ledningen tettet seg i 1999 grunnet metallutfellinger.

Hensikten med undersøkelsene er å kontrollere effektene på de økologiske forholdene i Gaula av tiltakene ved gruveområdene, samt å fremskaffe data for å vurdere nødvendigheten av supplerende tiltak. Undersøkelsene er finansiert og administrert av Statens forurensnings-tilsyn, SFT.

Undersøkelsene i Gaula er samordnet med undersøkelser som NIVA utfører for Bergvesenet i gruveområdene (Iversen 1997A, Iversen 1997B, Iversen 1998, Iversen 2001).

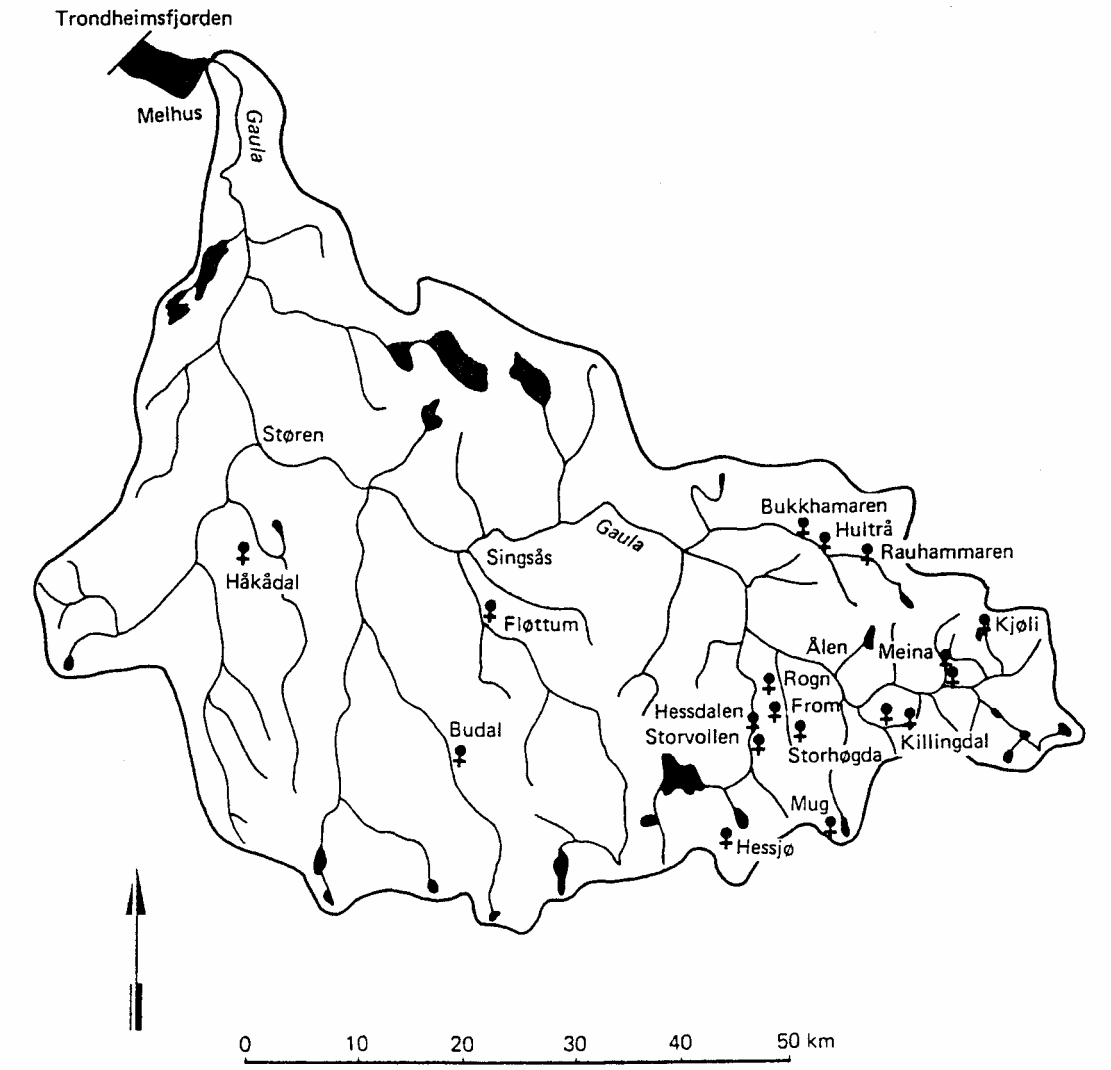
3. MATERIALER OG METODER

Beliggenheten av gamle gruver i Gaulas nedbørfelt er vist i figur 3.1. Figur 3.2 viser navn på de viktigste sidevassdragene. Målestasjonene for undersøkelsene i 1986/87 og 1990-2001 er vist i figur 3.3.

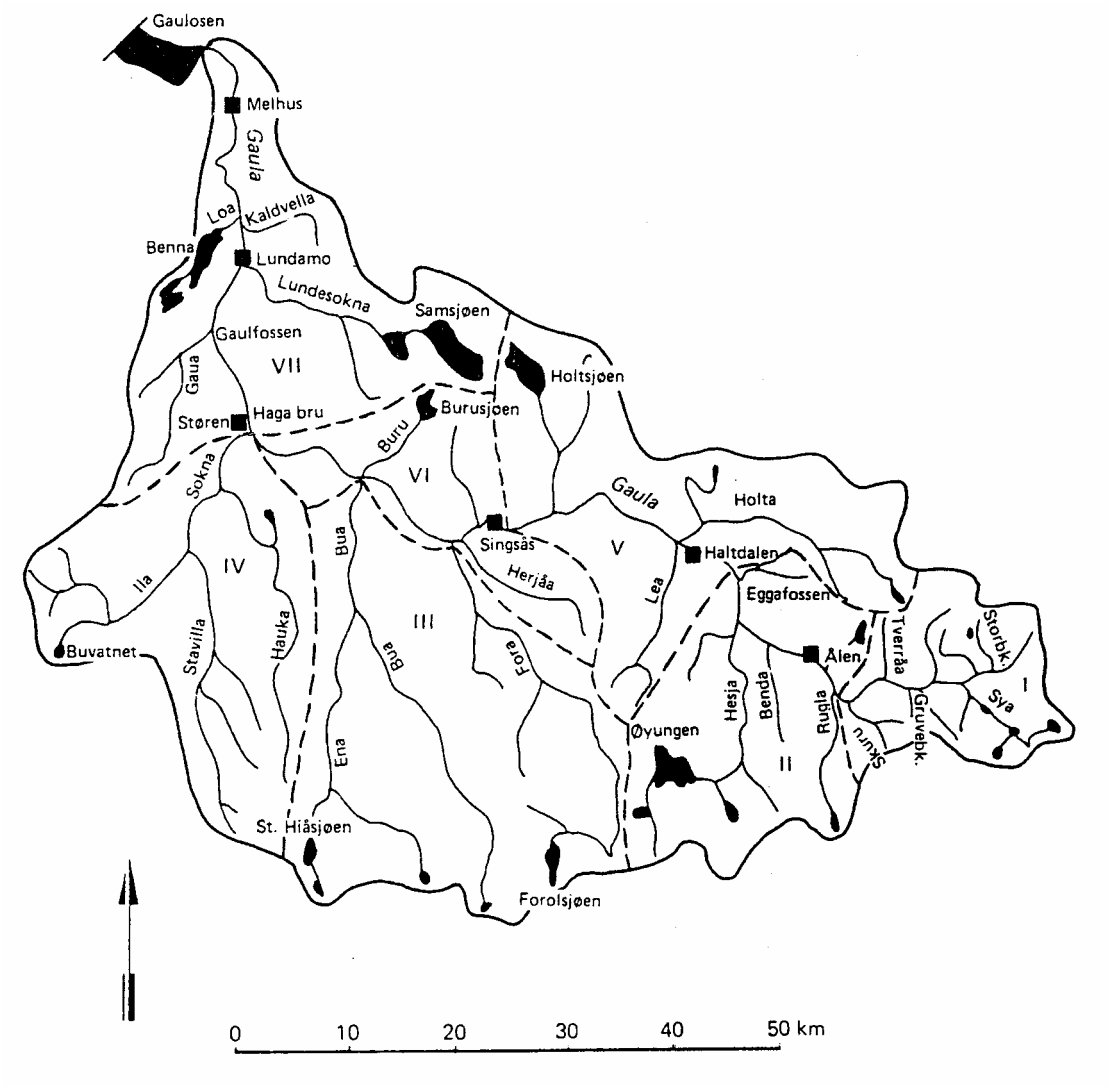
I mars 1990 ble det startet en enkel vannkjemisk overvåking ved 3 målestasjoner i øvre Gaula (Traaen og Iversen 1991). Øverste stasjon, G2, ligger ca 3 km nedstrøms Storbekken fra Kjøli. Neste stasjon, G3, ligger ca 1 km nedstrøms Gruvbekken fra Killingdal. Stasjon G4 ligger ved Reitan, ca 2 km nedstrøms sideelva Skuru. Skuru mottar tungmetaller fra Nye Killingdal Gruver i Bjørgenåsen. I 1991-2001 ble det også tatt prøver ved stasjonene G5 (Ålen) og G6 (Eggafossen). Det ble også tatt prøver i Skuru og Rugla (1993-2001) samt enkelte stikkprøver på referansestasjonen G1 (oppstøms Storbekken).

Prøvene ble analysert på følgende parametre: Kobber og sink (alle stasjonene), pH, konduktivitet, turbiditet, sulfat (G4).

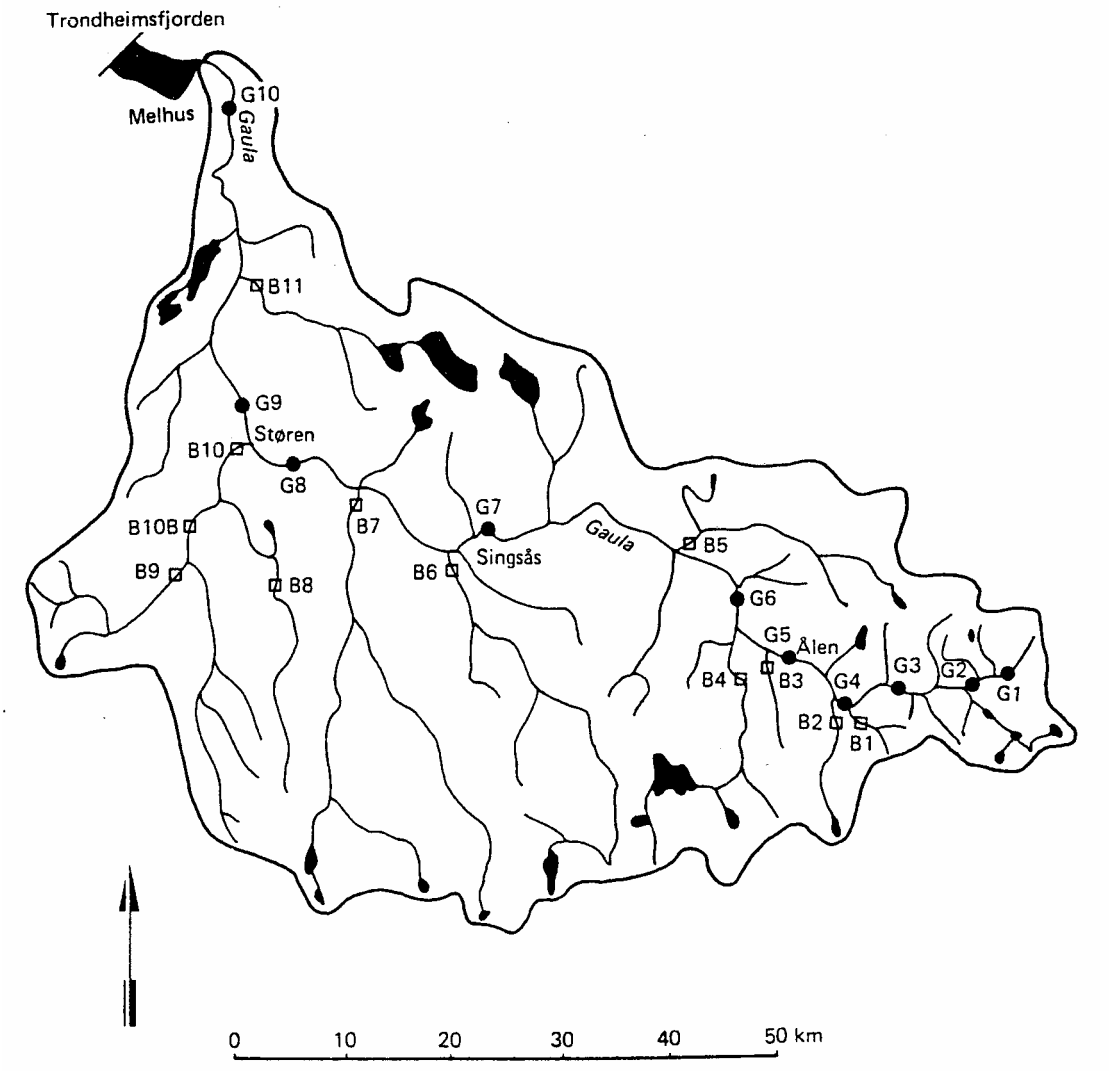
I 1991 og 1992 ble det tatt prøver av begroing, bunndyr og fisk på den berørte elvestrekningen (Traaen et al. 1992, Traaen et al. 1993) . Nye biologiske undersøkelser ble utført i 1994 (Traaen et al. 1995). I 1996 ble det utført prøvefiske (Traaen og Arnekleiv 1997). I 1998 ble det igjen utført biologiske undersøkelser av begroing, bunndyr og fisk (Traaen, Arnekleiv og Lindstrøm 1999). I 1999 - 2001 (Traaen 2000, Traaen 2001) ble det bare utført kjemiske undersøkelser.



Figur 3.1. Nedlagte gruver i Gaulas nedbørfelt.



Figur 3.2. De viktigste sidevassdragene til Gaula.



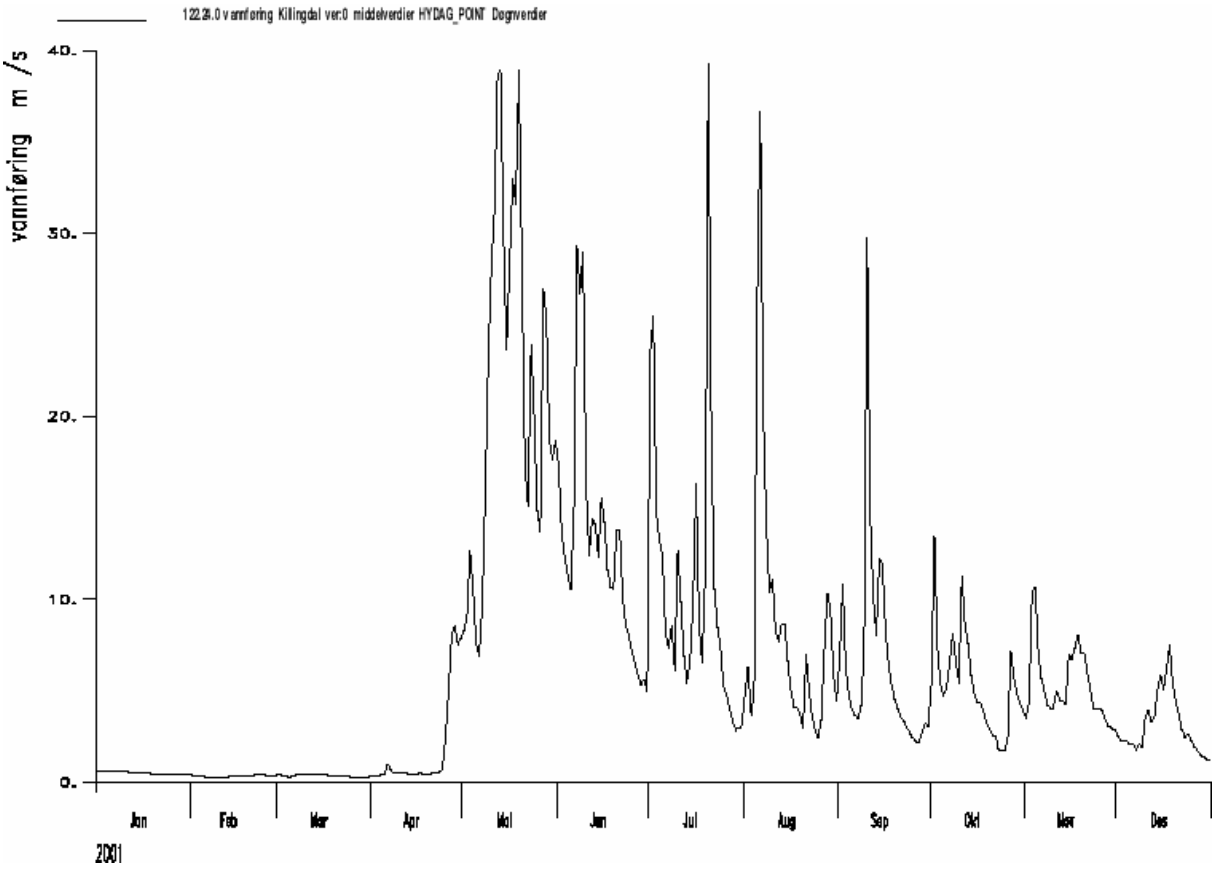
Figur 3.3. Prøvetakingstasjoner i Gaula.
I 1991-2000 ble det tatt prøver ved stasjonene G2 til G6, samt i Skuru (B1) og Rugla (B2).
G1: Gaula oppstrøms Storbekken fra Kjøli. UTM: PQ 352 691.
G2: Gaula 3km nedstrøms Storbekken. UTM: PQ 318 658.
G3: Gaula 1km nedstrøms Gruvbekken fra Killingdal. UTM: PQ 258 677.
G4: Gaula ved Reitan. 2km nedstrøms Skuru. UTM: PQ 197 668.
G5: Gaula ved Ålen. UTM: PQ 161 703.
G6: Gaula ved Eggafossen. UTM: PQ 112 766.
G7: Gaula ved Singsås. UTM: PQ 877 819.
B1: Skuru. UTM: PQ 213 657.
B2: Rugla. UTM: PQ 195 668.

4. VANNKJEMI OG HYDROLOGI

4.1 Hydrologi

Vannføringskurve for Gaula ved Killingdal vannmerke (like oppstrøms st.G4 Reitan) i 2001 er vist i figur 4.1. Verdiene er beregnet ut fra data fra Eggafossen vannmerke etter at 2 års målinger viste en god samvariasjon mellom de 2 målestasjonene.

Midlere årsverdi i 2001 var 6,39 m^3/s, mot 7,40 m^3/s i 2000. Midlere årsverdi for de siste 11 årene er 7,09 m^3/s. Vannføringskurven befester Gaula som en typisk flomelv med hyppige og raske variasjoner i vannføringen. Dette kan medføre betydelige variasjoner over kort tid i vannkjemiske variable.



Figur 4.1. Vannføringskurve for Gaula ved Reitan (Killingdal vannmerke) i 2001. Data og figur fra NVE, Region Midt-Norge.

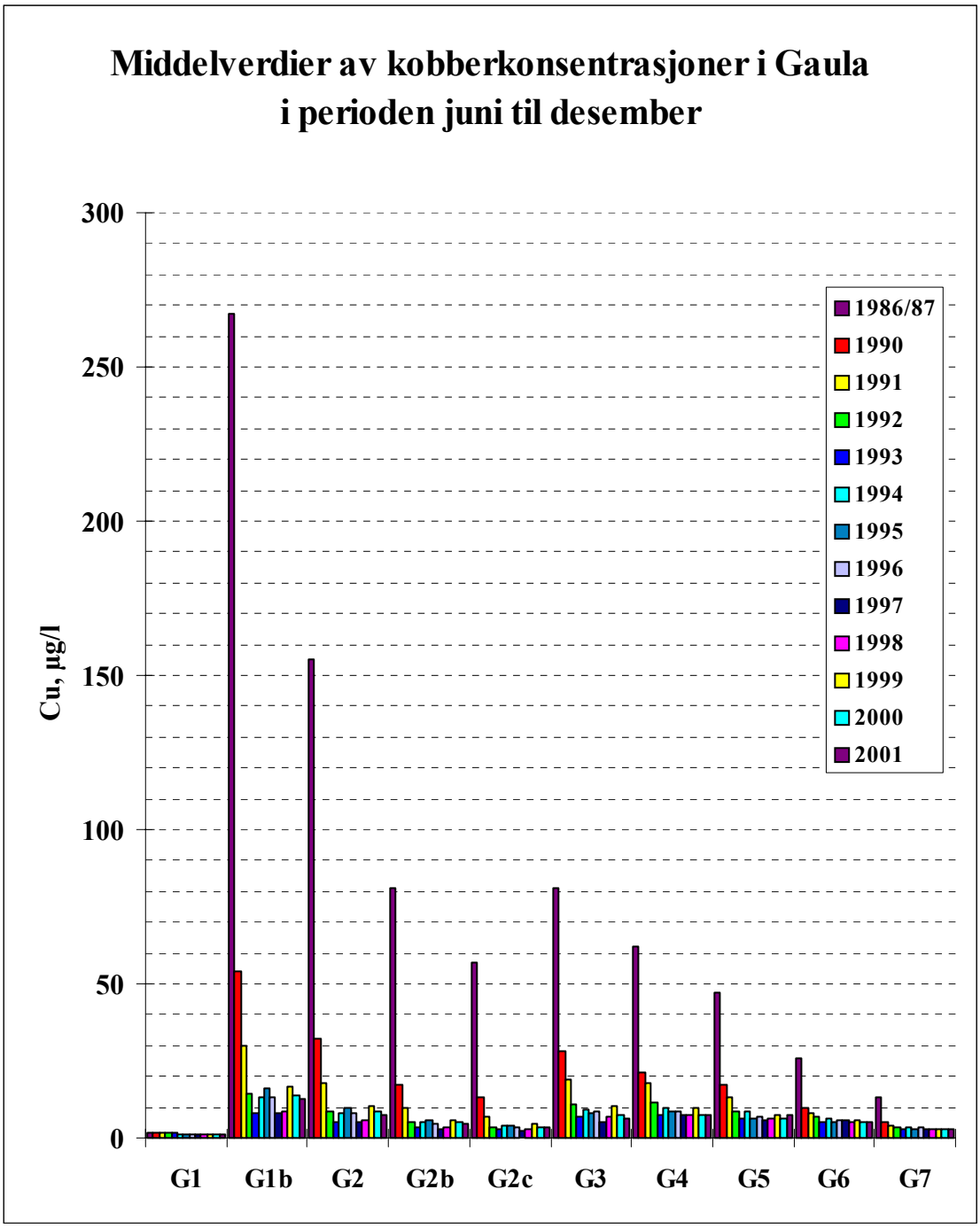
4.2 Vannkjemi.

I 2001 ble det analysert for pH, konduktivitet, turbiditet, kobber, sink og sulfat på stasjon G4 (hovedstasjonen ved Reitan). For stasjonenene G2, G3, G5 og G6, samt i Skuru og Rugla ble bare kobber og sink analysert. Prøver fra G4 til G6, samt Skuru og Rugla ble tatt 1 ganger pr. måned, med unntak av februar og mars da isforholdene hinderet prøvetaking. På de 2 øverste stasjonene (G2 og G3) ble det tatt månedlige prøver så lenge veien var åpen (mai-oktober).

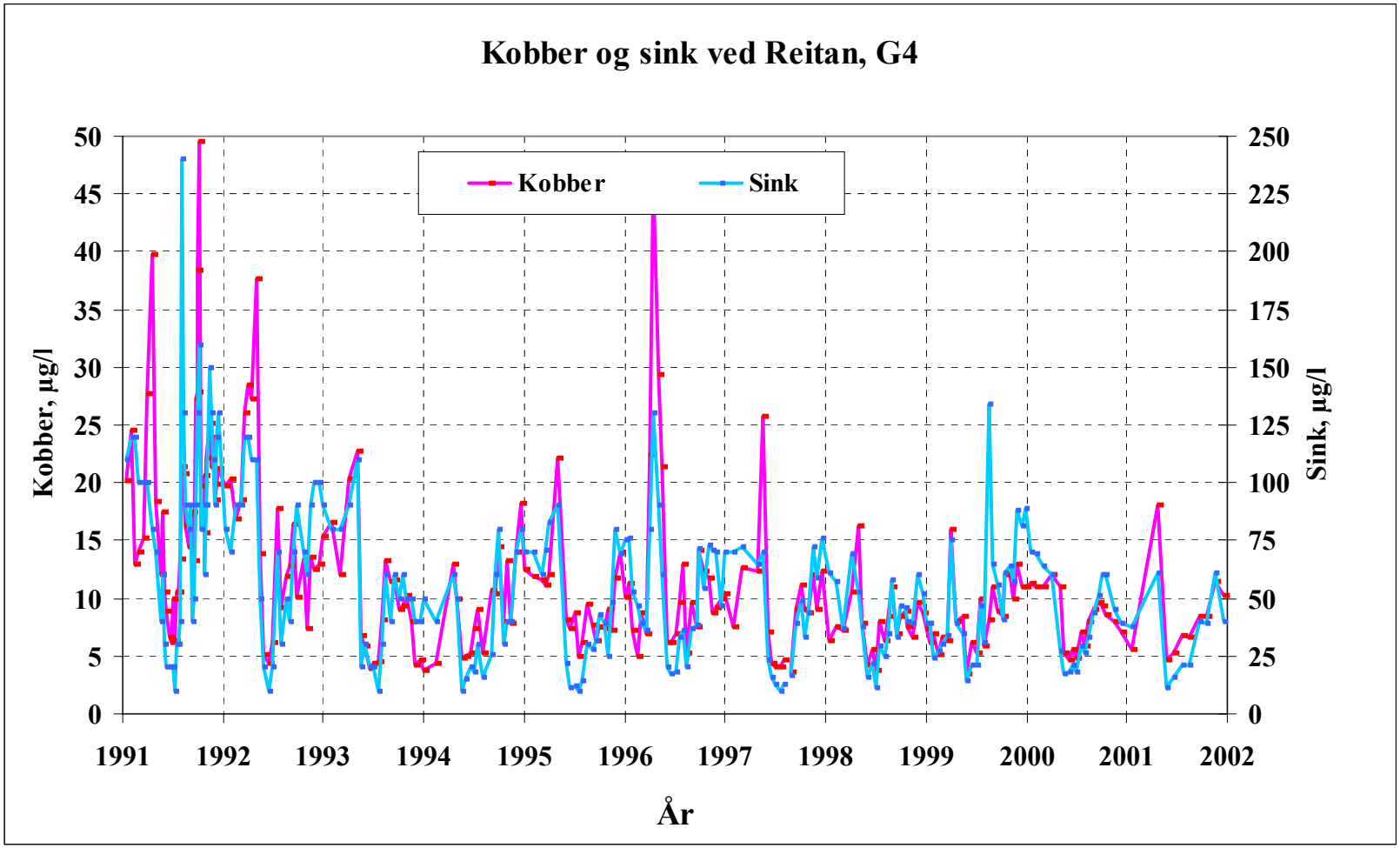
Kjemiske analyseresultater er gitt i vedlegget.

Figur 4.2 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 prøvedekning på øvre stasjonene. På vinteren og våren er disse stasjonene vanskelig tilgjengelige. På steder hvor det ikke er tatt målinger er konsentrasjonen beregnet ut fra teoretisk fortynning fra nærmeste stasjon hvor det er tatt målinger. Det fremgår av figur 4.2 at konsentrasjonene av kobber fra 1986/87 til 1998 har vist en markert avtagende trend. I 1997 og 1998 var konsentrasjonene av tungmetaller gjennomgående de laveste siden målingene startet. I 1999 var imidlertid konsentrasjonene av kobber markert høyere enn i 1998, spesielt på de øverste stasjonene. I 2000 og 2001 var konsentrasjonene omtrent som i 1998.

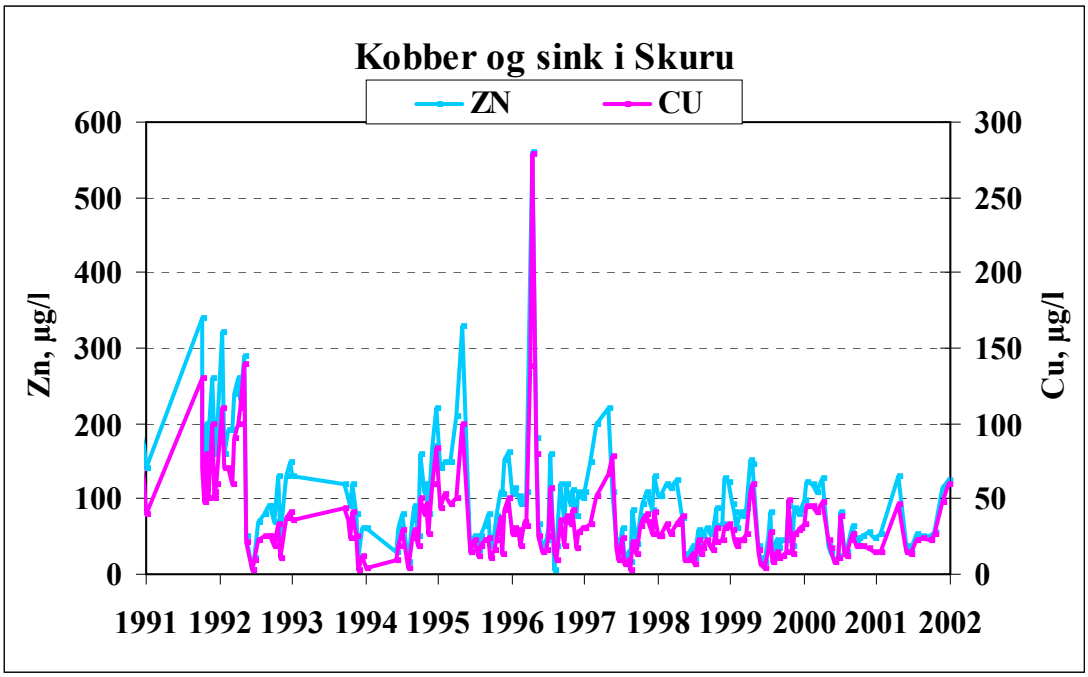
Variasjoner i konsentrasjonene for kobber og sink fra stasjon G4 (Reitan) for årene 1991 - 2001 er vist i figur 4.3. I mars og april 1990 var gruveområdene fremdeles preget av anleggsvirksomhet, noe som medførte høye tungmetallkonsentrasjoner i Gaula. Fra 1991 ble denne effekten vesentlig redusert. Eksempelvis var de registrerte maksimalkonsentrasjonene av kobber ved Reitan (G4) 100 µg/l i 1990, 50 µg/l 1991, 16.0 µg/l i 1999, 12.0 µg/l i 2000 og 18 µg/l i 2001. Maksimumsverdiene synes hovedsakelig å være forårsaket av svært høye kobberkonsentrasjoner i Skuru (Tab. 4.1), med en maksimumsverdi i 2001 på 59 µg Cu/l (48 µg/l i 2000) (figur 4.4). Dette viser at utvasking fra kontaminerte overflater i Bjørgåsen kan gi høy episodisk forurensning nedover i vassdraget, spesielt i begynnelsen av teleløsningen. Årsaken er trolig at forvitringsprodukter fra vinterhalvåret i stor grad blir vasket ut med det første smeltevannet om våren. Dette er en kortvarig effekt, og det kan derfor bero på tilfeldigheter om prøvetakingen sammenfaller med maksimumskonsentrasjonen. Det er vanskelig å treffe dette tidspunktet med prøvetaking fordi fenomenet opptrer før man ser noen påtakelig økning i vannføringen. Ved stigende flomvannføring virker smeltevannet fortynnenede på forurensningene. Om våren må man derfor forvente store variasjoner i analyseresultatene i ulike år. Uregistrerte, kortvarige episoder kan være medvirkende til den forholdsvis sene rekoloniseringen av flora og fauna i Gaula.



Figur 4.2. Middelverdier av kobberkonsentrasjoner i øvre deler av Gaula for perioden juni t.o.m. desember i 1986/87 og 1990 - 2001.
Stasjonsbetegnelser: G1: oppstrøms Storbekken. G1b: rett nedstrøms Storbekken. G2: 3 km nedstrøms Storbekken. G2b: Nedstrøms Sya. G2c: oppstrøms Gruvbekken. G3: nedstrøms Gruvbekken. G4: Reitan. G5: Ålen. G6: Eggafossen. G7: Singsås. Konsentrasjoner på steder uten målinger er beregnet ut fra teoretisk fortynning fra stasjoner med målte verdier. Dette gjelder stasjonene G1b, G2b og G2c (alle årene), st. G5 og G6 i 1990, og st.G7 i 1990-2000.



Figur 4.3 Konsentrasjoner av kobber og sink i Gaula ved Reitan for årene 1991 – 2001.

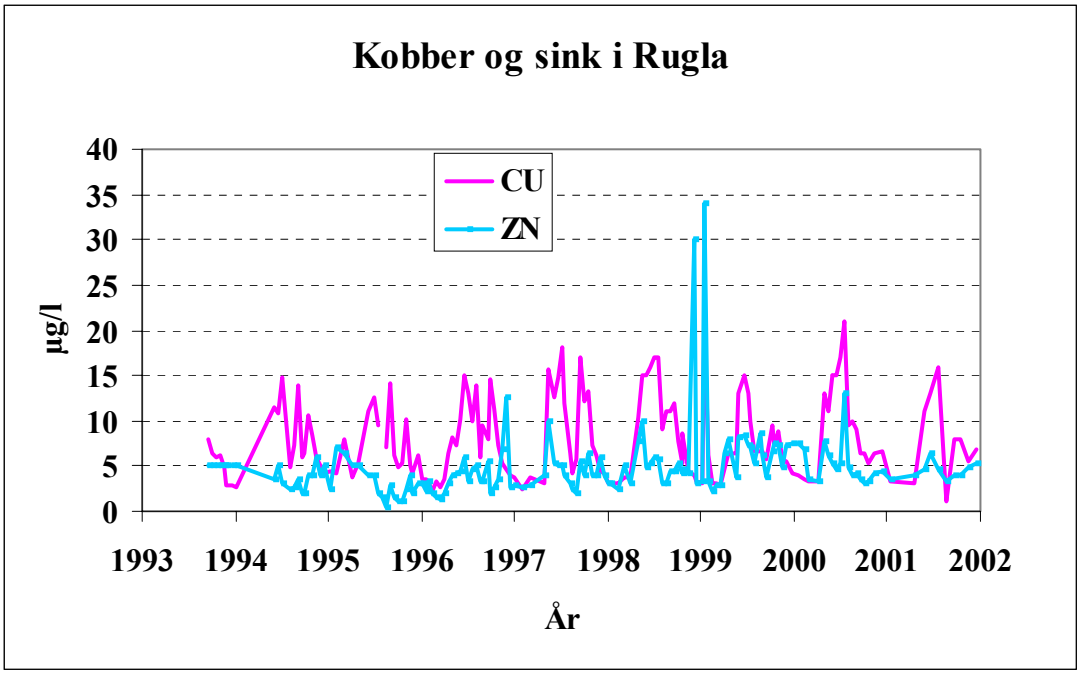


Figur 4.4. Kobber-og sinkkonsentrasjoner i Skuru (stasjon B1), 1991 - 2001.

Rugla (st.B2) som får avrenning fra den nedlagte Mug-gruva, hadde i 2001 årsmiddelverdier for kobber og sink på hhv 7,6 og 4,5 µg/l mot 9,2 og 5,3 µg/l i 2000 (Tab.4.1). Det er store variasjoner i konsentrasjonene (Fig.4.5). Kobberverdiene er som regel lavest på ettervinteren og høyest om sommeren og høsten. Sinkverdiene synes å variere mer tilfeldig. Kobber-konsentrasjonene i Rugla var i 2001 gjennomgående lik konsentrasjonene ved Reitan i hovedvassdraget. Rugla bidrar derfor ikke til fortynning av kobberforurensningen i hovedvassdraget, og kan i episoder øke konsentrasjonen i Gaula.

Tabell 4.1 Årsmiddelverdier for kobber og sink i Skuru og Rugla.

	Skuru, B1		**Rugla, B2**	
	Kobber	**Sink**	**Kobber**	**Sink**
År	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1994	34	97	8,4	4,0
1995	33	110	7,0	3,6
1996	46	128	7,4	3,9
1997	30	90	8,8	4,4
1998	22	72	9,1	6,0
1999	24	69	7,6	7,1
2000	24	61	9,2	5,3
2001	29	70	7,6	4,5



Figur 4.5. Kobber-og sinkkonsentrasjoner i Rugla (stasjon B2), 1993 - 2001.

Tabell 4.1 viser en beregning av de enkelte kildenes bidrag til kobberkonsentrasjonen ved Reitan (st. G4) i 1986/87 og 1990-2001. Beregningene er basert på middelverdier for perioden juni-desember og teoretisk fortynning fra ovenforliggende stasjoner ut fra nedbørfeltenes størrelse.

Tabell 4.1. Beregning av ulike kilders bidrag til kobberkonsentrasjonen ved Reitan (st. G4). Beregningene er basert på middelverdier for perioden juni t.o.m. desember.

År / Kilde	Kjøli via Storbekken µg/l	Killingdal via Gruvbekken µg/l	Killingdal via Skuru µg/l	Samlet bidrag fra gruvene µg/l	Bakgrunn µg/l	G4, Beregnet konsentrasjon µg/l	G4, Målt konsentrasjon µg/l
86/87	39	16		62	1,5	63,5	62
1990	8	10	7	23	1,5	24,5	21
1991	4	8	5	19	1,5	20,5	18
1992	1,9	4,7	7	9	1,5	10,5	11,7
1993	0,9	2,7	2,4	5,9	1,5	7,4	7,5
1994	1,8	3,3	2,3	8,5	1,2	9,7	9,9
1995	2,2	1,6	3,4	6,2	1,2	7,4	8,4
1996	1,8	2,6	2,4	7,1	1	8,1	8,9
1997	1,0	1,4	2,7	4,7	1	5,7	7,5
1998	1,2	2,5	2,3	5,8	1	6,8	7,5
1999	2,3	3,0	2,1	7,4	1	8,4	9,5
2000	1,9	1,8	2,1	5,5	1	6,5	7,3
2001	1,7	1,1	2,0	4,8	1	5,8	6,7

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 2001 tyder på at Kjøli gruver (Storbekken) bidro med 35% av kobberforurensningen ved Reitan (34 % i 2000), mens gamle Killingdal (Gruvbekken) bidro med 23 % (33 % i 2000) og nye Killingdal (Skuru) med 42 % (33 % i 2000).

Forholdet mellom bidragene fra de ulike kildene varierer 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 konsentrasjonene i elva og ikke transportverdier eller prosentvise reduksjoner som er avgjørende for giftvirkningen på vannboende organismer.

I tillegg til reduksjonene av tungmetaller har vannkvaliteten bedret seg markert med hensyn på partikkelinnhold. Før 1991 var turbiditeten ved G4 vanligvis over 1 FTU og ofte rundt 4 til 5. Dette innebærer at vannet vanligvis var tydelig grumset av tungmetallholdig okerslam. Fra 1991 har turbiditeten bare unntaksvis vært høyere enn 1 FTU. I 2001 var den gjennomsnittlige turbiditeten 0,43 FTU (0,64 FTU i 2000). Vannet har da et klart utseende. Også elvas pH har økt fra gjennomsnittlig ca. 6,8 i 1986/87 til 7,2 i 2001. Selv om surheten ikke var noe stort problem i Gaula før tiltakene, kan pH-økningen ha medvirket til økt avgifting av tungmetallene.

4.3 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 - 2001 (tabell 4.2). 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 1990-2001 er estimert 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 4.2. Årlige transportverdier av kobber, sink og sulfat ved Reitan (St.G4) for årene 1986 - 2001.

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**	**5,1**	**382**	**162**
1995	**2,0**	**6,1**	**481**	**213**
1996	**2,0**	**6,7**	**475**	**176**
1997	**2,8**	**9,9**	**598**	**310**
1998	**2,0**	**8,5**	**492**	**247**
1999	**1,5**	**7,2**	**429**	**197**
2000	**1,7**	**6,3**	**434**	**233**
2001	**1,5**	**5,5**	**476**	**202**

Årlig transport av kobber ved Reitan ble redusert med 9 % fra 2000 til 2001, mens sinktransporten ble redusert med 13%. Hovedårsaken til redusert transportverdi for kobber og sink var at vannføringen gikk ned med 14 %. Siden overvåkingen startet i 1986 er det bare i 1994 (med uvanlig lav vannføring) at transportverdiene av kobber og sink har vært lavere enn i 2001.Vannføringsveide årsmiddelverdier for kobber ved Reitan var 61 µg/l i 1986-1987, 30

µg/l i 1990, 7,2 i 2000 og 7,6 i 2001. Fra juni 2001 og ut året var vannføringsveiet middelkonsentrasjon av kobber og sink hhv 7,4 og 29 µg/l (6,7 og 30 µg/l i 2000).

Hvis man legger til grunn den prosentvise fordelingen mellom kildene som ble beregnet i kapittel 4.1 og trekker fra en beregnet bakgrunnstransport i 2001 på ca 0,20 tonn fra transportverdien for kobber ved Reitan i 2001 (tabell 4.2), blir bidraget fra Kjøli i 2001 ca 0,47 tonn (0,49 tonn i 2000) og fra gamle og nye Killingdal gruver hhv. 0,31 tonn (0,48 tonn i 2000) og 0,56 tonn (0,48 tonn i 2000). De beregnede bidragene fra de ulike kildene varierer betydelig fra år til år. Dette har trolig sammenheng med lokale nedbørmengder og temperaturforhold under snøsmeltingen. Det forhold at forurensningstilførslene kan være utpreget episodiske, bidrar også til usikkerhet i transport-verdiene.

5. LITTERATUR

Iversen, E.R. 1997A: Kjøli gruve. Avrenning 1995 -1996. NIVA-rapport 3598-97.

Iversen, E.R. 1997B: Killingdal gruver. Avrenning fra velte. Resultater fra målingene i årene 1992 - 1996. NIVA-rapport LNR 3655-97.

Iversen, E.R. 1998: Killingdal gruve. Avrenning fra Bjørgåsen. NIVA-rapport LNR 3862-98.

Iversen, E.R. 2001: Killingdal gruver. Tilførsler til Gaula. Undersøkelser 1999. NIVA-rapport. LNR 4346-2001.

Traaen, T.S., Arnekleiv, J.V., Bongard, T., Grande, M., Lindstrøm, E.-A. & Lingsten, L. 1988. Tiltaksorientert overvåking i Gaula, Sør-Trøndelag, 1986-1987. - Statlig program for forurensingsovervåking, SFT-rapport 337/88: 1- 96.

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., 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.

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., J.V. Arnekleiv, E.R. Iversen og E.-A. Lindstrøm 1995: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1994. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 609/95.

Traaen, T.S 1996: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1995. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 669/96. NIVA-rapport 3520-96.

Traaen, T.S og J.V.Arnekleiv 1997: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og fiskebiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1996. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 699/97. NIVA-rapport 3691-97.

Traaen, T.S 1998: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1997. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 739/98. NIVA-rapport 3911-98.

Traaen, T.S., J.V. Arnekleiv og E.-A. Lindstrøm 1999: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1998. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 774/99. NIVA-rapport 4088-99.

Traaen, T.S 2000: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1999. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 808/00. NIVA-rapport 4257-2000.

Traaen, T.S 2001: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 2000. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 832/01. NIVA-rapport 4410-2001.

Annen Litteratur om Gaula

Arnekleiv, J.V. 1988. Bunndyrundersøkelser i Gaula 1987. I S.J. Saltveit m.fl. 1988: Forsknings- og referansevassdrag (FORSKREF). Årsrapport for 1987. MVU-rapport nr. B46-Oslo 1988.

Arnekleiv, J.V. 1999. Bunndyr i anadrome vassdrag - Gaula. I Å. Brabrand (red.): Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak - Flom og biologisk miljø. NVE HYDRA-rapport (i trykk).

Arnekleiv, J.V., L'Abèe-Lund, J.H. & Koksvik, J.I. 1989. Forsknings- og referansevassdrag Gaula. Biologi og habitatutnyttelse til laks og ørret i Gaula. - NTNF. MVU- rapport nr. B62:1- 53.

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.

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.

Kannick, H. (red.) 1999: Gaulavassdraget - forskningsaktiviteter. NVE Dokument nr. 7, 1999.

6. VEDLEGG

side

Vedlegg til kapittel 3. Vannkjemiske analyser
3.1 Stasjon G2, G3 og G4 *21*
3.2 Stasjon G5, G6, B1 og B2 *22*

Vedlegg kap.3. Vannkjemiske analyser i Gaula, 2001.

Vedlegg 3.1

Stasjon G2, Grønlivollen, 2001.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
523	6,7	1,3
617	6,2	1,5
716	7,6	1,1
816	5,9	1,2
918	9	1,3
1016	11	2

Stasjon G3, nedstr. Gruvbekken, 2001.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
420	3,5	32
523	3,8	11
617	4,2	13
716	5,9	22
816	6,2	34
918	8,6	60
1016	7,9	42

Stasjon G4, Reitan, 2001.

Dato	pH	Kond. mS/m	Turb. FTU	Sulfat mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
115	7,36	5,22	0,18	4,0	5,5	38
420	7,59	7,00	0,60	6,7	18,0	61
523	6,76	1,67	0,34	1,4	4,6	11
617	6,99	1,69	0,55	1,4	5,3	16
716	7,01	2,46	0,56	1,7	6,8	21
816	7,27	2,63	0,33	2,0	6,7	21
918	7,18	3,18	0,42	2,8	8,5	40
1016	7,20	3,07	0,30	2,8	8,4	39
1119	7,12	3,48	0,43	3,2	11,4	61
1216	7,10	3,57	0,58	3,0	10,2	40

Vedlegg 3.2

Stasjon G5, Ålen, 2001.

Dato	Cu	Zn
	µg/l	µg/l
115	5,6	36
420	5,4	25
523	4,9	10
617	5,1	13
716	8,1	19
816	6,2	16
918	6,8	24
1016	7,3	26
1119	7,62	33
1216	12,9	40,4

Stasjon G6, Eggafossen, 2001.

Dato	Cu	Zn
	µg/l	µg/l
115	3,5	17
420	5,8	21
523	4,2	9
617	4,1	10
716	5,7	12
816	6,1	23
918	4,7	15
1016	5,0	15
1119	7,1	27
1216	6,4	22

Stasjon B1, Skuru, 2001.

Dato	Cu	Zn
	µg/l	µg/l
115	15	53
420	47	129
523	14	36
617	13	33
716	22	52
816	24	50
918	22	50
1016	26	57
1119	48	114
1216	59	126

Stasjon B2, Rugla, 2001.

Dato	Cu	Zn
	µg/l	µg/l
115	3,3	3,5
420	3,1	4,0
523	11,0	4,6
617	13,0	6,5
716	16,0	4,6
816	1,0	3,4
918	8,0	4,0
1016	7,9	4,0
1119	5,6	4,9
1216	6,8	5,4