

RAPPORT LNR 3598-97

Kjøli Gruve

Avrenning 1995 - 1996



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 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

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel KJØLI GRUVE Avrenning 1995-1996	Løpenr. (for bestilling) 3598-97	Dato 21. januar 1997
	Prosjektnr. Undernr. O-95171	Sider 19
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Industri	Distribusjon
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA 1997

Oppdragsgiver(e) BERGVESENET	Oppdragsreferanse Best. nr. 49/95
--	--------------------------------------

Sammendrag

Det er gjennomført en fornyet beregning av forurensningstransport fra den nedlagte Kjøli gruve i Holtålen kommune. Etter at de siste forurensningsbegrensende tiltak ble gjennomført i 1989, har tungmetalltransporten hele tiden vært avtakende. Endringene fra år til år er nå beskjedne 7 år etter at tiltaket ble gjennomført. Årlig transport av kobber til Gaula utgjorde i 1995/96 0,4 tonn/år. Bidraget fra den delvis vannfylte gruva utgjorde i samme tidsperiode ca. 50 % av samlet transport fra området til Gaula.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Kisgruve	1. Pyrite Mining
2. Forurensningstransport	2. Transport of pollutants
3. Drengsvann	3. Acid Mine Drainage
4. Kjøli gruve	4. Kjoeli Mines

Eigil Rune Iversen
Eigil Rune Iversen

Prosjektleder

ISBN 82-577-3135-6

Bente M. Wathne
Bente M. Wathne

Forskningsjef

O-95171

KJØLI GRUVE

Avrenning 1995-1996

Forord

Norsk institutt for vannforskning har foretatt en rekke undersøkelser av forurensningstransport fra våre kisgruver. Etterhvert har man fått erfaringsmateriale for hva slags utsagnskraft det ligger i transportberegningene og hvilket omfang slike undersøkelser bør ha. Hensikten med slike undersøkelser har som regel vært å påvise de viktigste forurensningskilder for eventuelle senere tiltaksvurderinger eller oppfølging av effekten av utførte tiltak. Ved flere områder er slike undersøkelser utført med noen års mellomrom.

Undersøkelsene ved Kjøli gruver har pågått siden 1977. Ved alle slike undersøkelser er vi avhengige av pålitelige observatører i lokalmiljøet. I alle år har John K. Bjørgård, Ålen vært vår faste observatør i området. Gruveområdene i øvre Gauldal ligger spesielt værhardt til. Vi takker herved Bjørgård for vel utført feltarbeid under alle årstider.

Vi takker også Bergvesenet med o.ing Harald Ese for samarbeidet og bidraget til å fremme kunnskapen om tiltak mot denne type forurensning.

En takk også til Johan Ahlfors, NIVA i forbindelse med tilrigging og drift av det automatiske måleutstyret.

Oslo, 21. januar 1997

Eigil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn	6
1.1 Prosjektbeskrivelse	6
1.2 Undersøkelsesmetodikk	6
2. Gruveområdet	7
2.1 Lokalisering og virksomhet	7
2.2 Tidligere undersøkelser og tiltak	7
3. Vannkvalitet og vannføringsobservasjoner	9
4. Transportberegninger	12
5. Konklusjoner	15
6. Referanser	16
Vedlegg A. Analyseresultater	17

Sammendrag

Det er gjennomført en feltundersøkelse av avrenningen fra Kjøli gruve i Holtålen kommune. Feltundersøkelsene har foregått i perioden september 1995 til september 1996.

Etter at siste tiltak ble gjennomført i gruveområdet i 1989, viser resultatene fra de undersøkelser som har vært gjennomført i tiden etter, at transporten av forvittringsprodukter har avtatt sterkt. Reduksjonen i transporten var sterkest i de første to årene. Resultatene fra den foreliggende undersøkelsen viser at transporten fortsatt er synkende, med endringene fra år til år synes å flate ut.

Forbedret undersøkelsesteknikk ved at vannmengdeobservasjonene er utført med automatisk kontinuerlig registrerende utstyr, har ført til et forbedret uttrykk for transporten fra gruveområdet. Eventuelle fremtidige kontrollundersøkelser kan derved forenkles og likevel gi god informasjon om forurensningstilstanden.

Den årlige kobbertransporten fra gruveområdet ble i 1996 beregnet til 0,41 tonn. Det er anslått at tilførselen fra den vannfylte gruva eller fra det overdekkede deponiet utgjør ca. 50 % av samlet kobbertransport fra området til Gaula. Det er nødvendig med supplerende undersøkelser for å beregne bidraget fra gruva eller tippen mer eksakt.

1. Bakgrunn

1.1 Prosjektbeskrivelse

Målsettingen med prosjektet har vært å følge opp forurensningstilførslene fra Kjøligruve etter tiltakene som ble gjennomført i 1989. Ved siden av å gi en bedre oversikt over transporten fra gruveområdet, har undersøkelsene også hatt som målsetting å forsøke å avgjøre hvor mye gruvevannet betyr for samlet transport fra området. Derved får en også en oppfatning over hvor stor lekkasjen av forvitningsprodukter er fra den overdekkede tippen. Et program for undersøkelsene ble oversendt 4. juli 1995 og prosjektet ble bestilt i brev fra Bergvesenet datert den 16.08.95. Feltundersøkelsene startet i slutten av september 1995. Den rutinemessige innsamling av prøver er som i tidligere år utført av vår lokale observatør, John K. Bjørggård, Ålen. NIVA har tatt prøver ved besøk til området i forbindelse med kontroll av vannstandsloggere.

1.2 Undersøkelsesmetodikk

Feltundersøkelsene er basert på analyse av vannprøver fra to målestasjoner:

Stasjon 1 - Måledam for samlet avrenning

Stasjon 2 - Gruvevann ved utløp av vannstoll.

Prøvene er fordelt over hele perioden med en prøvetakingsfrekvens på en gang pr. måned. Prøve av gruvevannet ble kun tatt når det var mulig å ta prøve inne i stollen. Stollåpningen er vanligvis dekket av en snøfonn mesteparten av året. Alle analysene er utført av NIVA. I tillegg til måling av pH og konduktivitet er metallanalyser og totalt svovelinnhold bestemt v.h.a. flammeemisjonsteknikk (ICP) der en fast "komponentpakke" er benyttet og som består av de vanligste elementer slikt vann inneholder. I tabellene er sulfatinholdet beregnet ut fra svovelinnholdet. Erfaringsmessig vil det vesentligste av svovelinnholdet i slikt vann foreligge som sulfationer.

Vannføringsmålingene er utført ved at det er laget overløpsprofiler ved prøvetakingsstedene. I vannstollen ble det murt opp en måledam v.h.a. betongblokker og støpt fast en 45° overløpsprofil i dammen. I måledammen for samlet avrenning ble den gamle måledammen benyttet som ble montert i 1990. Denne dammen har en 90° profil. I dammene ble montert trykkceller og batteridrevne loggere (Newlog) for registrering av overløpshøydene. Overløpshøydene ble logget 1 gang pr. time. Av timesverdiene er det laget døgnmiddelverdier som er grunnlag for beregning av døgnmiddelvannføring. Overløpene ble kalibrert v.h.a. bømte/stoppeklokkemetoden.

2. Gruveområdet

2.1 Lokalisering og virksomhet

Kjøli gruve ligger øverst i Gauldalen ca. 4 mil nordøst for Røros i Holtålen kommune. Gruveområdet ligger på sørsiden av Kjølifjellet i en høyde av ca. 1070 m.o.h. Området drenerer til Gaula via Storbekken.

Gruva er en underjordsgruve som ble drevet på kobberkis i årene 1766-1798. Aasgaard (NGU,1927) har gitt en oversikt over gruedriften og geologien i feltet. Produksjonen i første driftsperioden var relativt liten, i alt ca. 14.000 tonn. I årene 1857-1868 ble det også uttatt en del kis av Røros verk og av Tydals verk. Driften lå nede til 1886. Fra begynnelsen av 1890-årene ble gruva drevet som svovelkisgruve under forskjellige eiere fram til 1930. I følge Aasgaard ble det ialt tatt ut ca. 200.000 tonn malm fram til juni 1920. Malmen ble skeidet på stedet og avfallet ble lagt på tippet utenfor gruveåpningen. I siste driftstid ble råmalmen fraktet til Reitan stasjon v.h.a. taubane. I tabell 1 er samlet geografiske data om beliggenheten til gruveområdet.

Tabell 1. Geografiske data om beliggenheten til Kjøli gruve. Karthenvisningen gjelder Statens kartverk serie M711.

Gruveområde	Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Kjøli gruve	Sør-Trøndelag	Holtålen	Ålen 1720 IV	32VPQ 3373

Figur 1 viser et utsnitt av kartet 1720 IV, Ålen som viser beliggenheten til Kjøli gruve.

2.2 Tidligere undersøkelser og tiltak

Man har lenge vært klar over de skadelige virkningene tungmetallavrenningen fra gruveområdet hadde på Gaula. Etter oppdrag fra det daværende Industridepartementet foretok NIVA i 1977/78 en kartlegging av avrenningen og en vurdering av betydningen for øvre del av Gaulavassdraget (Tjomslund *et al*, 1979). Kartleggingen dannet grunnlag for et tiltak som ble gjennomført sommeren 1981. Alt avfallet ble samlet i en tipp. For å studere virkningene av en kalking av avfallet ble 100 tonn hydratkalk blandet inn i avfallet. Kalkmengden var tilstrekkelig til å buffre ett års avrenning fra tippet. Tippet ble også arrondert for å oppnå en hensiktsmessig form for eventuelle senere overdekkings-tiltak. Avrenningen fra området ble fulgt opp under gjennomføringen av tiltaket og i flere år etterpå (Iversen, 1986, 1988, 1991 og 1992).

Det viste seg at det var vanskelig å kontrollere avrenningen fra tippet ved påføring av kalk. Da effekten av kalken etterhvert opphørte, fikk man en økt transport fra tippet, noe som sannsynligvis hadde sammenheng med at flytting av store mengder sterkt forvitret avfall medførte en økt utvasking av forvitningsprodukter. Transporten økte fram til 1985. Senere viste transporten en fallende tendens igjen (se figur 6). Da avrenningen fortsatt forårsaket store skadevirkninger på øvre Gaula, ble det besluttet å gjennomføre et overdekkingsiltak på velten. Tiltaket ble gjennomført sommeren 1989 og velten ble overdekket med en plastmembran som ble beskyttet med morene og sprengt stein på overflaten. Etter oppdrag fra Bergvesenet foretok NIVA en kontroll av vannkvaliteten i samlet avrenning fra området i perioden 1989-92 (Iversen, 1992 og 1993). Den foreliggende rapporten gir en oversikt over situasjonen etter feltundersøkelser foretatt over en årssyklus i 1995/96. Vannkvaliteten i Gaula har vært fulgt opp siden 1986 innenfor det statlige program for forurensningsovervåking. Resultatene er beskrevet i årlige rapporter (Traaen, 1996).

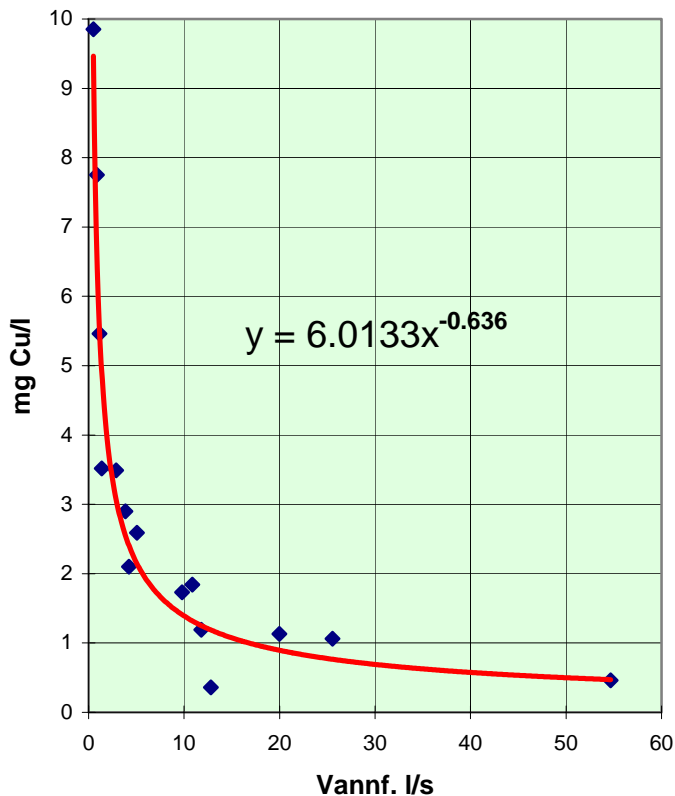


Figur 1. Kartutsnitt som viser beliggenheten til Kjøli gruve.

3. Vannkvalitet og vannføringsobservasjoner

Tabell 6 og tabell 7 i vedlegg A viser analyseresultatene for de to målestasjonene. Vannkvaliteten ved overløp av måledam for samlet avrenning, st. 1, er fortsatt sterkt sur med pH-verdier varierende i området 2,8 til 3,6. Vannkvaliteten viser sterk avhengighet av vannføringen. Høyest surhet og metallkonsentrasjoner inntreffer om vinteren ved lave vannføringer (januar-april). Figur 2 viser sammenhengen mellom kobberkonsentrasjoner og vannføring ved stasjon 1.

Kobberkons.-vannføring Måledam Kjøli

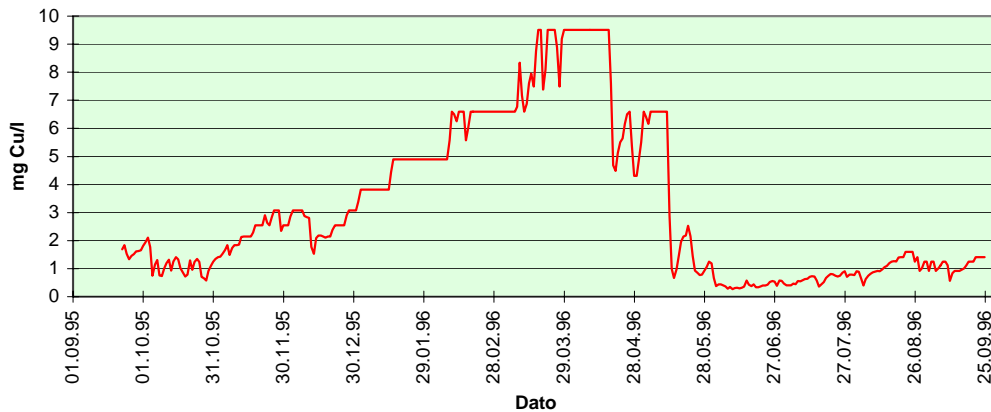


Figur 2. Sammenhengen mellom kobberkonsentrasjoner og vannføring ved St.1 Måledam for samlet avrenning fra Kjøli gruve.

Figuren viser kobberkonsentrasjonen som en funksjon av vannføringen. I figuren er også inntegnet det matematiske uttrykk for denne funksjonen. Kurven har hyperbelform, d.v.s. er tilnærmet en fortynningskurve. Dette betyr at kobberkonsentrasjonen ved stasjon 1 er mest avhengig av tilførsler av lite forurenset fortynningsvann og mindre avhengig av variasjonene i tilførslene av forurenset vann fra gruva og tippen. Kurven er helt forskjellig fra den man får ved en bergvelt som ikke er overdekket. Her vil en ofte kunne observere store tungmetallkonsentrasjoner ved høye vannføringer, d.v.s. når det foregår utvasking av forvitningsprodukter under nedbør. Kurven i figur 2 viser således betydningen av at tippen er overdekket.

Ved hjelp av ligningen på figur 2 kan kobberkonsentrasjonen beregnes ved alle vannføringer. Figur 3 viser hvordan beregnede kobberkonsentrasjoner varierer i løpet av måleperioden.

Beregnete kobberkonsentrasjoner i samlet avløp fra Kjøli gruve

**Figur 3.** Beregnede kobberkonsentrasjoner ved stasjon 1.

Presisjonen i beregningen kan forbedres ved fortsatt prøvetaking. Det er da en forutsetning at prøvene tas under forskjellige vannføringer. Figuren kan brukes som utgangspunkt for når prøver bør tas. I tabell 2 er samlet årlige middelerverdier for hele observasjonsmaterialet for stasjon 1. Resultatene tyder på at tungmetallkonsentrasjonene fortsatt er synkende etter at tiltakene ble gjennomført.

Tabell 2. Årlige middelerverdier for stasjon 1. Måledam for samlet avrenning fra Kjøli gruve.

År	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	SO ₄ mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Vannf l/s
1981	2.86	135.9	8.2	562		104	11.0	0.38	14.1
1982	2.82	168.3	18.8	911		157	13.0	0.68	14.0
1983	2.79	203.5	23.1	1807		282	24.8	1.07	14.0
1984	2.74	198.1	26.7	1355	78.1	217	22.2	0.92	18.7
1985	2.66	268.4	45.0	2133	132.2	366	45.5	1.29	16.3
1986	2.79	194.2	29.7	1315	74.6	218	23.1	0.73	13.9
1987	2.74	240.9	34.8	2018	87.9	309	32.7	0.93	20.3
1988	2.72	215.3	32.1	1457	87.6	235	25.5	0.71	19.9
1989	2.84	233.6	54.7	1682	101.3	250	27.9	0.88	21.8
1990	2.91	143.8	51.2	740	28.4	75	9.4	0.53	15.0
1991	3.03	112.4	48.8	525	30.2	35	6.0	0.39	13.8
1992	3.05	100.2	47.8	476	25.3	30	4.4	0.40	13.0
1995/96	3.11	91.9	35.9	377	20.9	25	3.1	0.22	11.1

Ved utløpet av vannstollen (st.2) er datagrunnlaget mer spinkelt enn for stasjon 1. En beskrivelse av situasjonen blir her derfor mer usikker. Tabell 7 i vedlegg A viser analyseresultatene for de prøver som ble tatt i 1995/96. Da en snøfonn dekker gruveinngangen store deler av året, var det umulig å prøveta gruvevannet ved utløpet av stollen. Det er mulig å prøveta vannet i større deler av året i grøfta utenfor gruva, men her er vannet så mye fortynnet at den registrerte vannføringen inne i stollen ikke kan benyttes til konsentrasjons- eller transportberegninger. De observasjoner som ble gjort av vannkvaliteten i 1995/96, tyder på at f.eks. kobberkonsentrasjonene endrer seg forholdsvis lite med

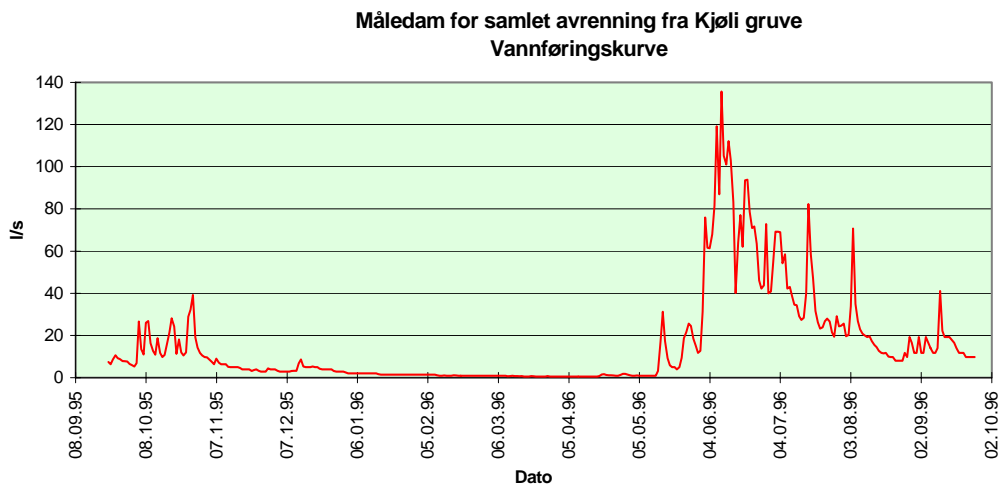
vannføringen. Dette er også i samsvar med de erfaringer som ble gjort ved stasjon 1 der tilførslene fra gruva betyr relativt mye for vannkvaliteten etter at tiltaket ble gjennomført. I tabell 3 er gjengitt beregnede middelveier fra resultatene i tabell 7.

Tabell 3. Middelveier for stasjon 2. Gruvevann ved utløp av vannstoll ved Kjøli gruve.

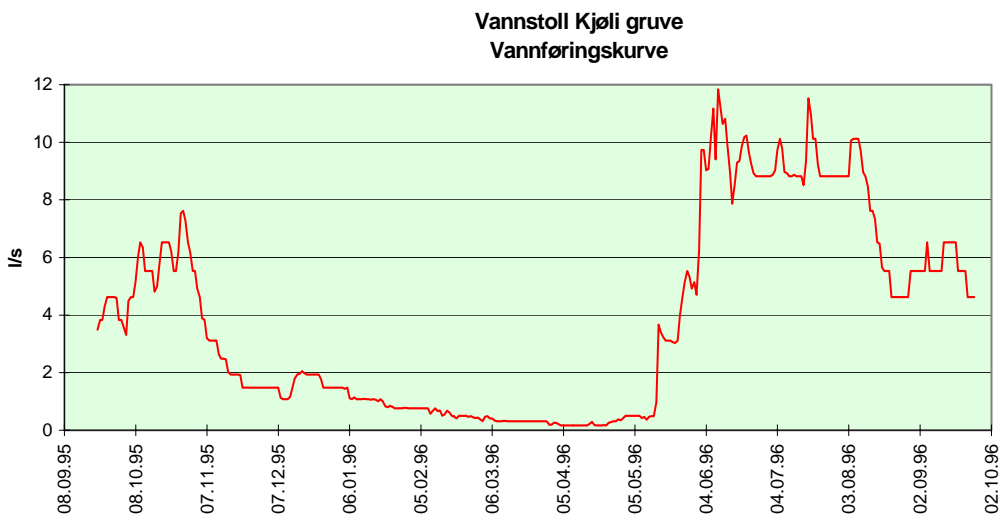
pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Vannf l/s
3,17	58,6	181	19,7	8,06	8,21	16,8	1,48	0,13	5,63

For å vurdere mer nøyaktig hva gruva betyr for samlet vannkvalitet, er det nødvendig å lage et arrangement slik at det er mulig å prøveta stasjonen hele året.

Figur 4 og figur 5 viser resultatet fra de automatiske vannføeringsregistreringene ved stasjonene. Det er avbildet beregnede døgnmiddelvannføeringer.



Figur 4. Døgnmiddelvannføeringer ved st.1 Måledam for samlet avrenning fra Kjøli gruve.



Figur 5. Døgnmiddelvannføeringer ved st.2 Gruvevann ved utløp vannstoll Kjøli gruve.

4. Transportberegninger

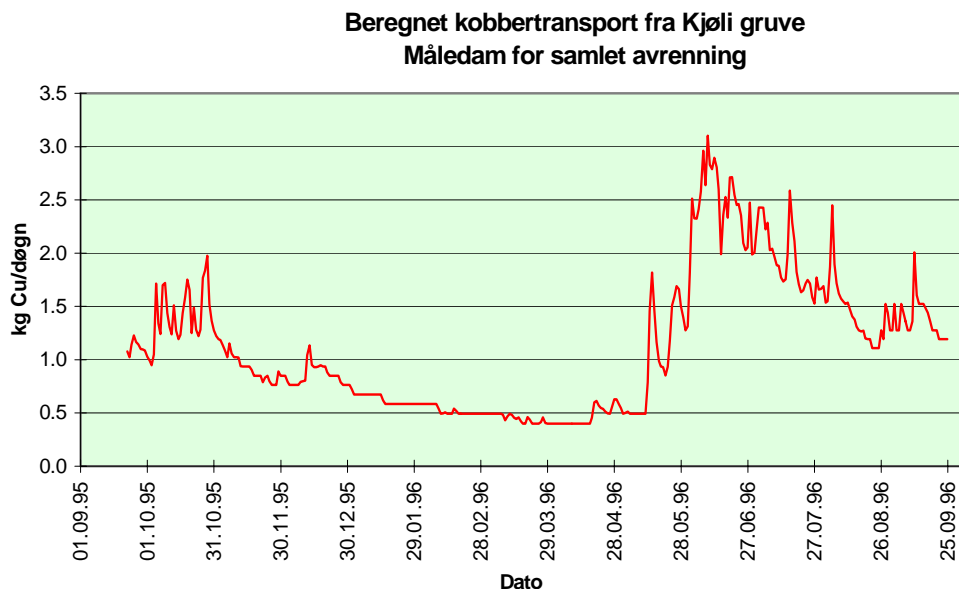
Beregning av transport kan være nyttig når en skal vurdere betydning av enkeltkilder og for å vurdere virkninger av slike tilførsler i resipienten. I et gruveområde der en har forskjellige typer avfall og forurensningskilder, kan ofte transporten variere betydelig over tid avhengig av nedbør og klima. I områder der det ikke er gjennomført tiltak, har en ved flere undersøkelser som NIVA har gjennomført i den senere tid, påvist at størstedelen av årstransporten kan være begrenset til en forholdsvis kort periode av året (Arnesen, 1996 og Iversen, 1996). I slike tilfeller er det nødvendig med et forholdsvis stort observasjonsmateriale under ulike avrenningssituasjoner for å oppnå et pålitelig mål for transporten. Ved Kjøli gruve er situasjonen anderledes. Da det er nær sammenheng mellom vannføring og konsentrasjon, kan en med forholdsvis stor presisjon beregne daglig materialtransport ut fra de erfaringer som er nevnt i foregående kapittel. I tabell 4 er beregnet døgntransport ved stasjon 1 i måleperioden 1995-96 v.h.a. analysevariable og vannføringen på prøvetakingsdagen slik det har vært gjort tidligere. Årstransporten er beregnet ved å tidsveie døgntransportverdiene. I tabellen er også beregnet årstransport av kobber, samt vannmengde ved å summere beregnede daglige kobbertransporter og målte daglige vannføringer. Til sammenligning er det også beregnet en gjennomsnittlig transport ved stasjon 2 ut fra middelverdier for analyseresultater og samlet vannmengde beregnet ut fra de automatiske vannføringsregistreringene.

Tabell 4. Transport ved stasjon 1 og stasjon 2 i 1995-96.

Dato	Cu kg/døgn	Zn kg/døgn	Fe kg/døgn	SO ₄ kg/døgn	Ca kg/døgn	Al kg/døgn	Vannmengde m ³ /døgn
20.09.95	0.76	0.03	5.42	95.66	10.84	4.87	364
11.10.95	1.72	0.10	14.34	208.11	18.37	9.36	937
15.11.95	1.13	0.09	8.86	146.17	13.87	7.42	436
30.11.95	0.97	0.06	8.02	132.08	12.27	6.75	334
30.12.95	0.87	0.08	8.95	128.45	11.90	6.45	248
30.01.96	0.42	0.04	4.33	62.12	5.72	3.14	119
29.02.96	0.58	0.04	4.28	67.95	5.79	3.91	75.1
31.03.96	0.42	0.02	2.72	39.29	3.64	2.79	42.3
30.04.96	0.54	0.03	4.18	62.20	5.66	3.63	99.4
30.05.96	0.40	0.01	13.37	92.27	8.16	3.41	1105
30.06.96	2.17	0.14	26.12	302.78	41.05	13.32	4723
30.07.96	2.34	0.11	1.06	261.15	32.01	12.56	2207
08.08.96	1.95	0.19	13.91	233.05	25.89	10.34	1726
30.08.96	1.21	0.11	9.91	164.86	23.55	7.89	1020
24.09.96	1.46	0.09	13.87	179.74	22.33	9.90	846
Samlet, tidsveiet	0.41 t/år	0.03 t/år	3.45 t/år	51.3 t/år	5.61 t/år	2.48 t/år	348370 m ³ /år
Samlet, beregnet	0.41 t/år	-	-	-	-	-	481265 m ³ /år
Gruvevann, gj.snitt	0.18 t/år	0.015 t/år	2.00 t/år	21.5 t/år	2.35 t/år	0.98 t/år	118920 m ³ /år

For stasjon 1, samlet avrenning, viser de to måter å beregne kobbertransporten på nær identiske verdier. Selv om total vannmengde er en del høyere når en benytter kontinuerlige registreringer, har dette ingen betydning for beregnet kobbertransport. Dette betyr at de prøver som ble tatt i perioden 1995/96, er representative for situasjonen idet de dekker forskjellige avrenningssituasjoner.

Av tabellen ser en også at tilførslene fra gruva utgjør ca 50 % av de samlede tilførsler fra Kjøli gruveområde. Beregningen er her mer usikker p.g.a. relativt få prøvetakinger.



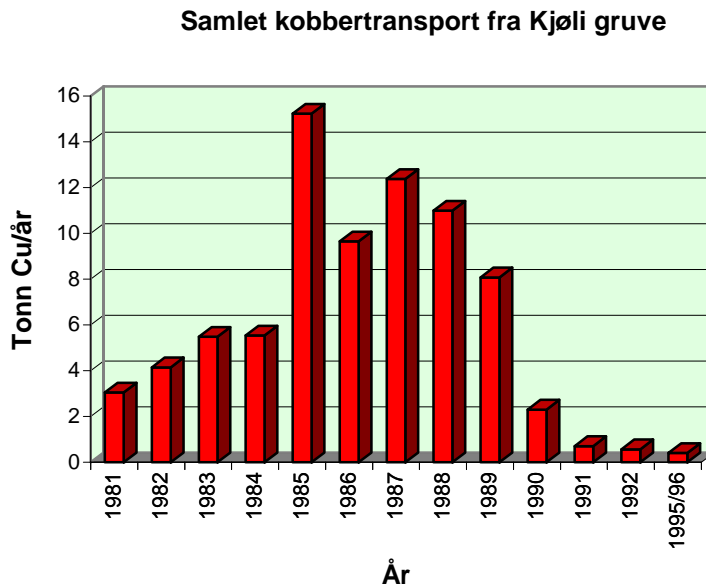
I tabell 5 er samlet en ajourført oversikt over årstransporten av de viktigste komponenter ved stasjon 1, samlet avrenning.

Tabell 5. Samlet avrenning fra Kjøli gruve. Transport 1981-1996.

År	Ca t/år	SO ₄ t/år	Al t/år	Fe t/år	Cu t/år	Zn t/år	Vannmengde m ³ /år
1981	3.5	175.9		29.2	3.05	0.10	458054
1982	7.7	270.8		49.0	4.15	0.21	311766
1983	6.1	417.7		60.5	5.49	0.23	711431
1984	7.1	332.9	17.4	51.1	5.54	0.22	453513
1985	16.3	797.3	48.7	149.6	15.23	0.48	402296
1986	11.6	539.6	31.3	93.0	9.65	0.30	385042
1987	11.3	690.9	48.5	118.0	12.37	0.34	430566
1988	12.7	602.6	38.9	102.2	10.99	0.30	430572
1989	13.2	429.9	25.0	71.8	8.08	0.22	567697
1990	13.2	172.4	14.5	18.3	2.30	0.13	547197
1991	8.04	77.2	3.5	4.6	0.71	0.05	415150
1992	8.27	69.5	3.1	5.4	0.57	0.09	424473
1995/96	5.61	51.3	2.48	3.45	0.41	0.03	481265

Resultatene viser at transporten av forvitningsprodukter avtok sterkt de to første år etter at overdekkingstiltaket ble gjennomført. De undersøkelser som er gjennomført i 1995/96 viser at transporten fra området fortsatt er synkende. I figur 6 er vist årlig samlet transport av kobber fra Kjøli gruve.

Beregnet årstransport fra Kjøli gruve er trolig blandt de mest pålitelige av de områder NIVA har undersøkt. Transporten fra gruva er mest usikker. Dersom det er viktig å beregne lekkasjen fra det overdekkede deponi mer nøyaktig, anbefales det gjennomføres flere prøvetakinger av gruvevannet under andre årstider enn i 1995/96. Det må også bemerkes at overløpsprofilene ved begge målestasjoner ikke er fullstendig kalibrerte. En har kontrollert overløpsprofilene ved lave vannføringer på ettersommeren v.h.a. bøte/stoppeklokkemetoden. Det ble funnet at den var nødvendig å korrigere avlest vannføring med en faktor på 1,2 (20 %), noe som forøvrig er i samsvar med erfaringer fra tilsvarende gruveområder andre steder. Beregnet ligning for sammenhengen mellom kobberkonsentrasjon og vannføring og følgelig transportberegningene kan gjøres mer eksakte ved ytterligere kalibreringer av overløpsprofilene. Beregningsfeilen i denne undersøkelsen er neppe mer enn 10 %. Beregningene som er gjort, er uansett egnet til å vurdere relative forskjeller fra år til år.



Figur 6. Samlet årstransport av kobber fra Kjøli gruve 1981-96.

5. Konklusjoner

På grunnlag av undersøkelser foretatt av avrenningen fra Kjøli gruve i 1995/96, kan følgende konklusjoner trekkes :

1. Etter at overdekkingsiltaket ble gjennomført i 1989, har tungmetalltransporten i tiden etter avtatt. Reduksjonen var størst i det første året , i 1990. Tendensen var fortsatt avtakende ved utgangen av 1996, men endringene fra år til år synes nå å være mer beskjedne. I årssyklusen 1995/96 ble kobbertransporten beregnet til 0,4 tonn/år.
2. Bidraget av forvittringsprodukter fra den delvis vannfylte gruva utgjør av størrelsesorden ca. 50 % av samlet avrenning. Det er imidlertid nødvendig med ytterligere prøvetaking av gruvevannet for å gi et mer eksakt overslag over gruvevannets betydning eller størrelsen på lekkasjen fra den overdekkede tippen.
3. Det er laget et matematisk uttrykk for sammenhengen mellom vannføring og kobberkonsentrasjon ved målestasjonen for samlet avrenning. Det er vist at det er en nær sammenheng mellom kobberkonsentrasjon og tilførsel av rent overflatevann, d.v.s at variasjonen i kobberkonsentrasjonene ligger på en fortynningskurve. Dette viser at overdekkingen av tippen fortsatt er effektiv. Dersom skader i dekkjiktet skulle oppstå, vil en få økt utvasking av forvittringsprodukter, d.v.s at kobberkonsentrasjonene ikke lenger vil følge en ren fortynningskurve. Erfaringene fra denne undersøkelse gjør at fremtidig kontroll kan utføres enklere ved at det ikke er nødvendig med så mange vannprøver når en måler vannmengder kontinuerlig.

6. Referanser

- Aasgaard, G. (1927). Gruber og skjerp i kisdraget øvre Guldal-Tydal. NGU nr. 127. 196 pp.
- Arnesen, R. T., 1996, Storz-prosjektet. Dokumentasjon av gruvedriftens påvirkning av miljøet. Del I: Vannkjemiske undersøkelser. NIVA-Rapport O-94196, L.nr. 3476-96. 36 pp
- Tjomslund, T., Arnesen, R.T. og Grande, M., 1979. Vannforurensning fra gruver. Røstvangen og Kjøli. NIVA-Rapport O-77061. L.nr. 1109. 49 pp.
- Iversen, E.R., 1986. Arrondering og kalking av bergvelter ved Kjøli gruver. Vurdering av tiltaket etter 5 år. NIVA-Rapport O-81071. L.nr. 1853. 40 pp.
- Iversen, E.R., 1988. Killingdal og Kjøli gruver. Forurensningstilførsler til Gaula. NIVA-Rapport O-87044. L.nr. 2094. 36 pp.
- Iversen, E.R., 1992. Måling av avrenning fra Kjøli gruve. Resultater 1991. Notat O-81071. NIVA, 4.mai 1992. 6 pp.
- Iversen, E.R., 1993. Måling av avrenning fra Kjøli gruve. Resultater 1992. Notat O-81071. NIVA, 15. mars 1993. 6 pp.
- Iversen, E.R., 1996. Kartlegging av forurensningstilførsler fra Dragset verk og Høydalsgruva. NIVA-Rapport O-94153. L.nr. 3577. 38 pp.
- Traaen, T.S., 1996. Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1995. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 669/96. TA-nr. 1355/1996.

Vedlegg A. Analyseresultater

Tabell 6. Analyseresultater. St.1 Overløp måledam for samlet avrenning fra Kjøli gruve.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
20.09.95	3.24	64.7	263	29.8	13.1	13.40	14.9	2.10	0.07	0.35	0.07	0.05	12.4	4.21
11.10.95	3.22	58.3	222	19.6	10.2	9.98	15.3	1.84	0.11	0.28	0.08	0.03	10.2	10.85
15.11.95	3.16	87.7	335	31.8	18.5	17.00	20.3	2.59	0.20	0.45	0.07	0.05	12.2	5.05
30.11.95	3.18	102.0	395	36.7	21.2	20.20	24.0	2.90	0.19	0.56	0.06	0.06	13.6	3.87
30.12.95	3.03	128.0	518	48.0	29.9	26.00	36.1	3.49	0.31	0.80	0.05	0.08	16.8	2.87
30.01.96	2.90	128.0	521	48.0	29.9	26.30	36.3	3.52	0.32	0.80	0.04	<0.01	16.9	1.38
29.02.96	2.87	169.0	904	77.0	55.0	52.00	57.0	7.75	0.52	1.62	0.11	0.14	27.6	0.87
31.03.96	2.82	201.0	928	86.0	70.0	66.00	64.3	9.85	0.56	1.87	0.01	<0.05	30.6	0.49
30.04.96	2.85	152.0	626	57.0	39.5	36.50	42.1	5.46	0.33	1.31	0.04	0.11	18.3	1.15
30.05.96	2.88	25.0	84	7.38	3.96	3.09	12.1	0.36	<0.01	0.10	0.03	<0.01	2.83	12.79
30.06.96	3.60	24.3	64	8.69	3.39	2.82	5.53	0.46	0.03	0.11	0.03	0.01	3.16	54.67
30.07.96	3.27	44.4	118	14.5	6.37	5.69	0.48	1.06	0.05	0.15	0.05	0.01	6.64	25.55
08.08.96	3.28	45.3	135	15	6.55	5.99	8.06	1.13	0.11	0.15	0.04	0.03	6.07	19.98
30.08.96	3.18	56.9	162	23.1	9.58	7.74	9.72	1.19	0.10	0.26	<0.01	<0.01	8.17	11.80
24.09.96	3.06	75.3	213	26.4	13.5	11.70	16.4	1.73	0.11	0.33	0.09	0.04	10.5	9.79
Tidsv. middel	3.09	108.5	401	38.0	24.5	22.5	26.9	3.34	0.22	0.68	0.05	0.05	13.8	10.9
Middel	3.11	91.9	377	35.9	22.7	20.9	24.7	3.12	0.22	0.63	0.05	0.06	13.2	11.1
Maks.	3.60	201.0	928	86.0	70.0	66.0	64.3	9.85	0.56	1.87	0.11	0.14	30.6	54.7
Min.	2.82	24.3	64	7.38	3.39	2.82	0.48	0.36	0.03	0.10	0.01	0.01	2.83	0.49

Tabell 7. Analyseresultater. St.2 Gruvevann ved utløp av vannstoll.

Dato	pH	Kond mS/m	SO₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
20.09.95	3.20	56.2	186	19.2	7.38	8.20	15.7	1.57	0.07	0.14	0.05	0.02	9.7	3.49
11.10.95	3.18	58.7	207	17.4	8.09	9.47	20.0	1.64	0.11	0.15	0.05	0.03	10.7	5.53
08.08.96	3.19	57.0	189	20.7	8.24	8.13	14.7	1.62	0.13	0.15	0.05	0.03	8.75	8.96
30.08.96	3.20	56.5	162	20.3	8.00	7.40	16.2	1.15	0.14	0.14	<0.01	<0.01	9.24	5.53
24.09.96	3.07	64.6	162	21.1	8.59	7.87	17.5	1.43	0.20	0.16	0.13	0.05	9.12	4.63
Gj.snitt	3.17	58.60	181	19.74	8.06	8.21	16.82	1.48	0.13	0.15	0.07	0.03	9.50	5.63