

RAPPORT LNR 4153-99

Kartlegging av
forurensningstilførsler
fra Klinkenberg gruve



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 9015 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
---	---	--	---	---

Tittel KARTLEGGING AV FORURENSNINGSTILFØRSLER FRA KLINKENBERG GRUVE	Løpenr. (for bestilling) 4153-99	Dato 28.12.1999
	Prosjektnr. Undernr. O-96101	Sider 19
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA 1999

Oppdragsgiver(e) BERGVESENET	Oppdragsreferanse Best. Nr. 14/96 BV utg. 413/96 HE/HBJ
---------------------------------	--

Sammendrag

Klinkenberg gruve ligger i Røros kommune nord for Aursunden og drenerer via Jamtbekken til Aursunden. Bergveltene i gruveområdet produserer en sterkt sur tungmetallholdig avrenning som påvirker bekken helt ned til Aursunden i en slik grad at den ikke er egnet som vannkilde. Avrenningen er likevel ikke av en slik størrelsesorden at den påvirker vannkvaliteten i Aursunden. Årlig tilførsler til Aursunden er beregnet til 0,4 tonn kobber og 1,4 tonn sink. Deler av avrenningen når ikke fram til Aursunden idet spesielt jern og kobber tas opp i løsmasser og myrområder mellom gruveområdet og Jamtbekkens innløp i Aursunden.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Kisgruve	1. Pyrite mining
2. Drensvann	2. Acid rock drainage
3. Forurensningstransport	3. Transport of pollutants
4. Røros	4. Roeros mining area

Eigil Rune Iversen

Eigil Rune Iversen
Prosjektleder

Svein Stene-Johansen

Svein Stene-Johansen
Forskningsleder

Bente M. Wathne

Bente M. Wathne
Forsknings sjef

O-96101

**Kartlegging av forurensningstilførsler fra
Klinkenberg gruve**

Forord

I årenes løp har NIVA gjennomført en rekke kartleggingsprosjekter av forurensningstilførsler fra nedlagte gruver. I disse prosjektene har Bergvesenet bidratt i betydelig grad. Vi vil benytte anledningen til å takke Bergvesenet for et meget godt samarbeid og spesielt senioring. Harald Ese for hans interesse for feltet.

I denne undersøkelsen har dr. ing Åse Berg, Miljølaboratoriet bidratt i betydelig grad i forbindelse med prøvetaking og vannføringsobservasjoner under tildels vanskelige forhold. Vi vil derfor også benytte anledningen til å takke for hennes innsats i prosjektet.

Oslo, 28.desember 1999

Egil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
1.1 Prosjektbeskrivelse	7
1.2 Undersøkellesmetoder	7
2. Gruva – lokalisering og virksomhet	8
3. Områdebeskrivelse	10
3.1 Forurensningskilder	10
3.2 Hydrologiske forhold	10
4. Vannkvalitet	13
4.1 Drensvann fra gruveområdet	13
4.2 Jambekken	13
5. Forurensningstransport	17
6. Referanser	19

Sammendrag og konklusjoner

I perioden august 1996 til september 1997 er det gjennomført feltundersøkelser av avrenningen fra Klinkenberg gruve i Rørosfeltet nord for Aursunden. Klinkenberg gruve var i drift i perioder fra 1668 til 1892. Hensikten med undersøkelsene var å gi en vurdering av vannkvaliteten i Jambekken som mottar avrenning fra gruveområdet og å beregne årlig transport av forurensningskomponenter til Aursunden. I tillegg skulle gis en vurdering av viktigste forurensningskilder i området. Det ble opprettet en målestasjon for de rutinemessige undersøkelser, i Jambekken ved innløpet til Aursunden. Det ble videre foretatt en befaring til området med prøvetaking av dreisvann lokalt i gruveområdet.

Undersøkelsene viste at årlig avrenning fra området var omkring 0,4 tonn kobber og 1,4 tonn sink målt nede ved Aursunden. Avstanden fra gruveområdet ned til Aursunden er ca. 7 km. På denne strekningen pågår en avsetning av forvittringsprodukter, spesielt jern og kobber i løsmasser og i myrområder som bekken passerer gjennom. En anslår at årlig kobberavrenning målt ved kildene er omkring 1 tonn. Jernavrenningen når ikke fram til utløpet nede ved Aursunden. Jambekken er likevel betydelig påvirket av kobber og sink i en slik grad at bekken ikke egner seg som vannkilde. Kobberkonsentrasjonene i bekken er også for høye til at det kan leve fisk i den. Avrenningen fra gruveområdet er ikke av en slik størrelsesorden at den påvirker vannkvaliteten i Aursunden.

De viktigste forurensningskilder i gruveområdet er bergveltene. Forurensningstilførslene fra gruverommene vurderes som beskjedne. Veltene er tildels sterkt forvitret, noe som indikerer at avfallet opprinnelig har hatt et betydelig innhold av kisminerale. En del råmalmerester ligger igjen der hvor sortering for opplasting har pågått.

Summary

Title: Transport of Pollutants from Klinkenberg Copper Mine, Roeros, Norway

Year: 1999

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3766-6

On assignment from Bergvesenet (Directorate of Mining) NIVA has performed an investigation of pollution loads from the abandoned Klinkenberg copper mine in the municipality of Roeros. The mine is located ca. 7 km north of Lake Aursunden. The mine site drains to Jamtbekken creek which runs into Lake Aursunden. Mining operations took place in periods from 1668 to 1892. The amount of waste is relatively low, but has a high content of pyritic minerals. The waste dumps generate a highly acidic seepage. The drainage affects the water quality in the creek down to Lake Aursunden. The total annual load on Aursunden is calculated to 0,4 tons of copper and 1,4 tons of zinc.

1. Bakgrunn

1.1 Prosjektbeskrivelse

Bakgrunnen for undersøkelsene var erfaringer fra tidligere prøvetakinger av Jambekken, som mottar drensvann fra gruveområdet. Analyse av stikkprøver i Jambekken viste at bekken var merkbart tungmetallforurenset og egnet seg ikke som vannforsyningskilde (Iversen, 1990). Utfra anslag over avrenningens størrelse ble forurensningstilførslene fra Klinkenberg gruveområde vurdert å være av betydning.

Etter avtale med Bergvesenet utarbeidet NIVA den 29.02.96 et tilbud på kartlegging av avrenningen fra Klinkenberg gruve i Røros-feltet. Oppdraget ble bestilt i brev fra Bergvesenet datert 16. april 1996.

Det ble foretatt en befaring til området sammen med Bergvesenet 28.08.96. Feltundersøkelsene ble startet i august 1996 og avsluttet i september 1997. På grunn av den lange avstanden opp til gruveområdet som ikke er tilgjengelig med noe kjøretøy, ble den rutinemessige prøvetaking foretatt i Jambekken der den krysser under veien fra Glåmos til Brekken på nordsiden av Aursunden. Den rutinemessige prøvetaking av Jambekken ble foretatt av Miljølaboratoriet ved dr.ing. Åse Berg etter avtale med NIVA.

1.2 Undersøkelsesmetoder

Ved valg av analyseprogram for avrenningundersøkelsen ble det benyttet et utvalg av analyseparametre som NIVA rutinemessig bruker ved slike undersøkelser. Programmet omfatter komponenter som beskriver generell vannkvalitet som pH, konduktivitet, sulfat, kalsium og magnesium. I tillegg foretas bestemmelse av tungmetallinnhold v.h.a flammeemisjonsteknikk (ICP-teknikk). Analysetilbudet er her bygget opp i "elementpakker". I prøvene fra Jambekken er det benyttet en elementpakke med de vanligste 10 metaller en finner i slikt vann. Analysene er utført v.h.a. et ICP-instrument med massespektrometer som detektor, såkalt ICPMS-teknikk. Disse analysene er utført av Norsk institutt for luftforskning, NILU. De øvrige analysene er utført ved NIVA som også har foretatt analyse av prøver av drensvann i gruveområdet v.h.a vanlig ICP-teknikk.

Vannføringsobservasjonene i Jambekken er utført v.h.a. "saltmetoden" som går ut på å beregne vannføringen ved å måle forløpet av konduktiviteten i bekken etter en tilsetning av en kjent mengde salt (NVE, 1987). Selv om avstanden fra prøvetaksstedet er stor og fortykning av avrenningen derved stor, har likevel analysemetodikken som er benyttet tilstrekkelig følsomhet for å gi et pålitelig uttrykk for forurensningstilstand og metalltransport. En får derved et relativt mål for forurensningstransporten til Aursunden. Ved vurdering av transport må en likevel regne med at deler av tungmetallavrenningen fra området felles ut i løsmasser og sedimenter på veien ned til Aursunden.

2. Gruva – lokalisering og virksomhet

Klinkenberg gruve ligger i Røros kommune nord for Aursunden og ca. 1 km sør for Klinkenhåmmåren ved et høydedrag ca. 960 m.o.h. (se tabell 1). Gruveområdet drenerer i sin helhet mot Jamtbekken som løper inn i Aursunden ved Jamtvollen. Figur 1 viser beliggenheten til Klinkenberg gruve.

Tabell 1. Geografiske data om beliggenheten til Klinkenberg gruve. Karthenvisningen gjelder Statens Kartverks serie M711.

Gruveområde	Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Klinkenberg	Sør-Trøndelag	Røros	Røros, 1720 III	32VPQ 3558

Malmen ved Klinkenberg gruve ble oppdaget i 1668, men det var kun en beskjeden drift i perioder fram til 1790 da Røros Kobberværk startet ny drift etter at nye malmganger ble påvist. Driften var forholdsvis stor etter den tids målestokk og pågikk fram til 1831. Gruva ble sist drevet som svovelkisgruve i perioden 1880-92. Det er anslått en samlet råmalmproduksjon på 15.000 tonn. Det ligger også en mindre gruve (Mads gruve ?) ca. 1 km nordvest for Klinkenberg gruve. Gruva er uten betydning i forurensningssammenheng.



Figur 1. Kartutsnitt som viser beliggenheten til Klinkenberg gruve.

3. Områdebeskrivelse

3.1 Forurensningskilder

Gruva er drevet som en underjordsgruve. Utenfor gruveåpningene er deponert en del avfallsberg (se figur 2 og bildet på forsiden). Mesteparten ble trolig lagt opp i siste driftsperiode i årene 1882-92. Bergveltene er betydelig forvitret og har til dels karakter av sand. Både gruvene og bergveltene produserer sur avrenning. Gruvevannsmengdene er beskjedne. Hovedproblemet er derfor knyttet til avrenning fra bergveltene som tildels inneholder mye kisminerale. En anslår veltmassenes volum til å være av størrelsesorden 10.000 – 20.000 m³.



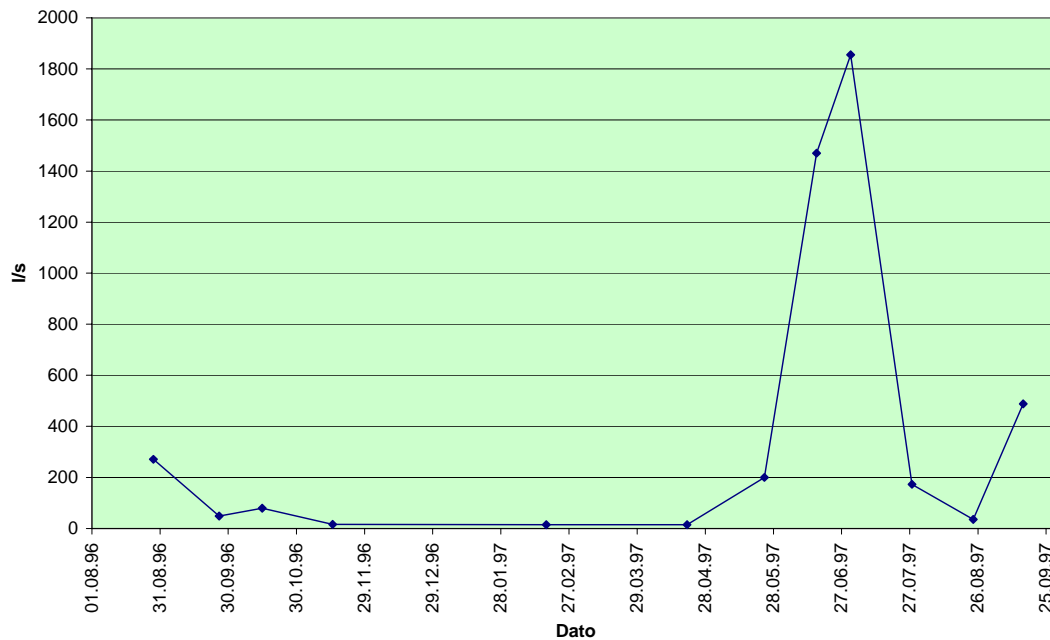
Figur 2. Velter ved Klinkenberg gruve.

3.2 Hydrologiske forhold

Sigevannet fra gruveområdet samles i et bekkefar som går mot Jamtbekken. Bekkefarene passerer gjennom en del mindre tjern og myrområder før det løper inn i Jamtbekken. Avstanden fra gruveområdet og ned til Jamtbekkens munning ved Aursunden er ca. 7 km. Vannføringsmålingene i Jamtbekken ble gjort ved prøvetakingsstedet der bekken krysser under veien ved Jamtvollen. Vannføringsobservasjonene er samlet i tabell 4. I tabellen er også beregnet aritmetisk og tidsveiet middelvei. Figur 3 gir en grafisk fremstilling av vannføringsobservasjonene. I tabell 2 er gitt en oversikt over noen geografiske og hydrologiske data for prøvetakingsstasjonen i Jamtbekken.

Tabell 2. Geografiske og hydrologiske data for Jambekken ved Jambtvollen.

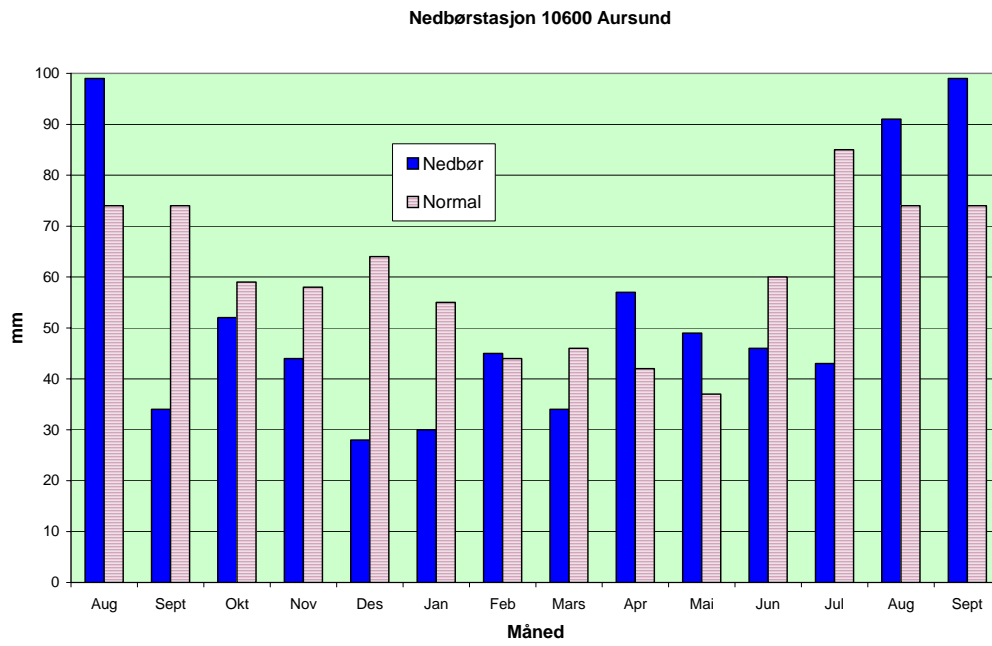
Kartref.	Nedbørfelt km ²	Avrenningskoeff. l/s km ⁻²	Normal vannf. l/s	Tidsv. middel- vannf. l/s
32VPQ 378535 1720 III Røros	9,1	20	182	256

**Figur 3.** Vannføringsobservasjoner i Jambekken ved Jambtvollen.

Figur 3 viser grafisk hvordan vannføringsobservasjonene fordelte seg i undersøkelsesperioden. Kurven viser et normalt forløp med en høy vannføring om våren under snøsmeltingen og om høsten i perioder med mye nedbør. Vårflommen kom forholdsvis sent i 1997 med en maksimal avrenning i månedsskiftet juni/juli.

Figur 4 viser månedlige nedbørhøyder med normaler ved den meteorologiske stasjonen ved Aursunden for perioden august 1996 til september 1997. Det falt betydelig mer nedbør enn normalt i månedene august 1996, april-mai 1997 og august-september 1997. I måleperioden falt det 89% av normal nedbørmengde.

Ved hjelp av NVE's avrenningskoeffisient for området og nedbørfeltets areal er normal vannføring i Jambekken beregnet til 182 l/s (se tabell 2). Ved å tidsveie de vannføringsobservasjoner som er gjort, er middelvannføringen i måleperioden beregnet til 256 l/s i samme tabell.



Figur 4. Nedbør ved den meteorologiske stasjonen ved Aursunden i undersøkelsesperioden.

4. Vannkvalitet

4.1 Drensvann fra gruveområdet

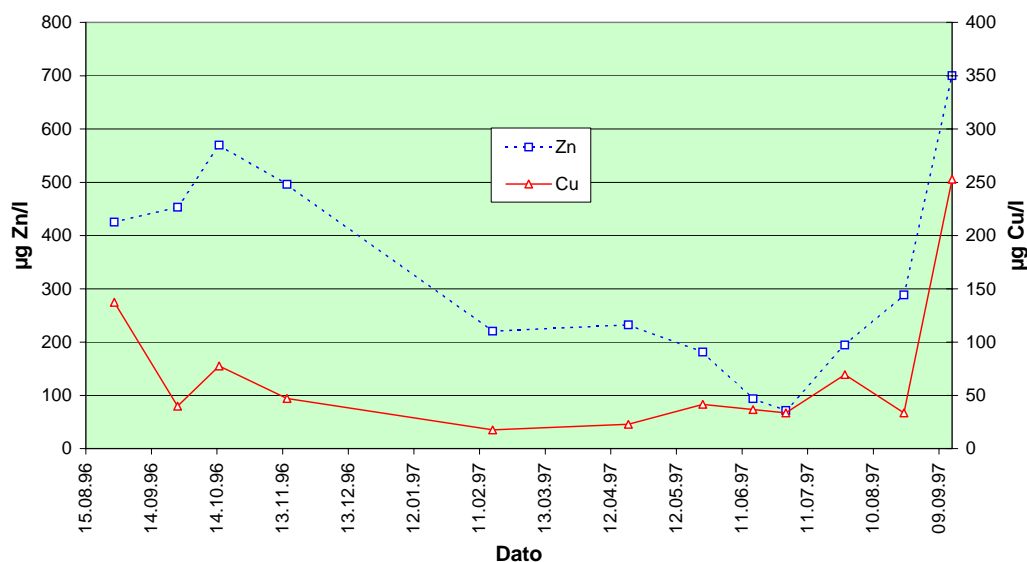
Det er ikke mulig å måle samlet avrenning fra området oppe i selve gruveområdet. Mesteparten av avrenningen samles likevel i en bekk nedenfor veltene som gir et tilnærmet godt bilde av samlet avrenning fra området. Resultatene fra to prøvetakinger i bekken som er samlet i tabell 3 viser at avfallet i området produserer fortsatt en meget sur avrenning. Innholdet av kobber er høyt i forhold til jerninnholdet, noe som viser at deler av avfallet trolig har et relativt høy kobberinnhold.

Tabell 3. Samlet drensvann fra Klinkenberg gruve nedenfor veltet.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l
29.08.90	2,80		247			7,91	27700	4280	13800	28
28.08.96	3,28	31,6	51,2	3,26	2,01	2,08	7940	1360	3420	<5

4.2 Jambekken

Prøvetakingstasjonen i Jambekken ble av praktiske årsaker lokalisert der den krysser under veien langs Aursunden. Bekken ser her helt klar og fargeløs ut, noe som viser at drensvannets jerninnhold er felt ut på veien fra gruveområdet og ned til Aursunden. Sannsynligvis er også varierende mengder av den øvrige tungmetallavrenning avsatt i løsmasser og myrområder på veien. Analyseresultatene for samtlige prøver som er tatt av Jambekken er samlet i tabell 4.



Figur 5. Kobber- og sinkkonsentrasjoner i Jambekken.

Figur 5 viser hvordan kobber- og sinkkonsentrasjonene varierte i måleperioden. De høyeste konsentrasjonene ble observert under de to høstperiodene. Dette har trolig sammenheng med at det var stor utvasking av forvitningsprodukter i disse periodene p.g.a. mye nedbør (se figur 4). Bortsett fra en episode den 15.09.97 påvirker avrenningen fra gruveområdet pH-verdien i liten grad. De høye kobberkonsentrasjonene gjør at bekken ikke er egnet som vannkilde.

Tabell 4. Analyseresultater. Jambekken ved kryssing under vei.

Dato	pH	Kond. mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l	Vannf l/s
27.06.90	6,33	1,92	6,0			68	90	200		0,43							
29.08.90	6,71	4,21	10,0			46	90	410		0,73							
28.08.96	6,33	3,25	9,8	3,20	0,74	85	137,3	425	0,53	1,19	31,5	1,7	2,5	<0,5	<0,2	0,1	271,2
26.09.96	6,79	4,72	12,0	5,06	1,01	7	39,9	453	0,05	0,84	12,3	1,7	0,8	<0,5	<0,2	<0,1	49,3
15.10.96	6,91	4,02	10,4	4,24	0,85	13	77,5	570	0,21	0,94	21,1	1,5	1,8	<0,5	<0,2	<0,1	79,5
15.11.96	6,84	4,79	12,0	5,46	1,06	7	47,1	496	<0,02	0,93	13,8	1,9	1,2	<0,5	<0,2	<0,1	16
17.02.97	6,62	16,50	12,8	6,71	1,20		17,6	221	0,35	0,44	1,1	1,1	0,2	<0,5	<0,2	<0,1	15
20.04.97	6,93	6,24	8,8	7,67	1,24		22,8	232	<0,02	0,44	1,4	1,6	0,1	<0,5	<0,2	<0,1	15
24.05.97	6,53	3,38	6,0	3,12	0,68		41,6	181	0,23	0,39	37,4	0,8	0,8	<0,5	<0,2	<0,1	
16.06.97	6,13	1,11	2,1	1,00	0,18		36,7	94	0,21	0,23	8,2	0,5	0,4	<0,5	<0,2	<0,1	1470
01.07.97	6,33	1,10	2,0	1,17	0,20		33,6	72	0,38	0,17	11	0,5	0,4	<0,5	<0,2	0,1	1855
28.07.97	6,40	1,93	5,0	1,92	0,36		69,5	195	0,27	0,53	17,1	0,9	0,8	<0,5	<0,2	<0,1	173
24.08.97	6,50	3,43	9,6	3,41	0,63		33,5	289	0,03	0,81	10,3	1,3	0,5	<0,5	<0,2	<0,1	35,3
15.09.97	5,08	3,60	11,9	2,36	0,60		252,8	700	0,91	1,67	25,4	1,7	3,3	<0,5	<0,2	<0,1	488
Midd.verdi	6,45	4,51	8,5	3,78	0,73	28	67,5	327	0,32	0,72	15,9	1,3	1,1	<0,5	<0,2	<0,1	406,1
Tidsv.middel	6,28	6,75	9,9	4,93	0,92		50,3	326	0,22	0,67	13,0	1,4	0,8	<0,5	<0,2	<0,1	256,1
Maks.verdi	6,93	16,50	12,8	7,67	1,24	85	252,8	700	0,91	1,67	37,4	1,9	3,3	<0,5	<0,2	0,1	1855,0
Min.verdi	5,08	1,10	2,0	1,00	0,18	7	17,6	72	0,03	0,17	1,1	0,5	0,1	<0,5	<0,2	<0,1	15,0

5. Forurensningstransport

For å vurdere hvilken betydning Klinkenberg gruve har som forurensningskilde er det nødvendig å undersøke transporten av forvitningsprodukter fra gruveområdet. Av praktiske årsaker har en valgt å utføre undersøkelser av avrenningen fra gruveområdet ved å ta vannprøver og måle vannføring i Jambekken der den løper inn i Aursunden. Undersøkelsene gir således et bilde av den delen av forurensningstransporten fra Klinkenberg gruve som når fram til Aursunden. For å beregne den egentlige transporten av forvitningsprodukter fra gruveområdet er det nødvendig å foreta undersøkelser helt oppe i gruveområdet. På strekningen fra gruveområdet ned til målestasjonen avsettes varierende mengder tungmetaller i løsmasser og i myrområder langs bekkeleiet. Spesielt gjelder dette jern som praktisk talt er fraværende i nedre del av Jambekken.

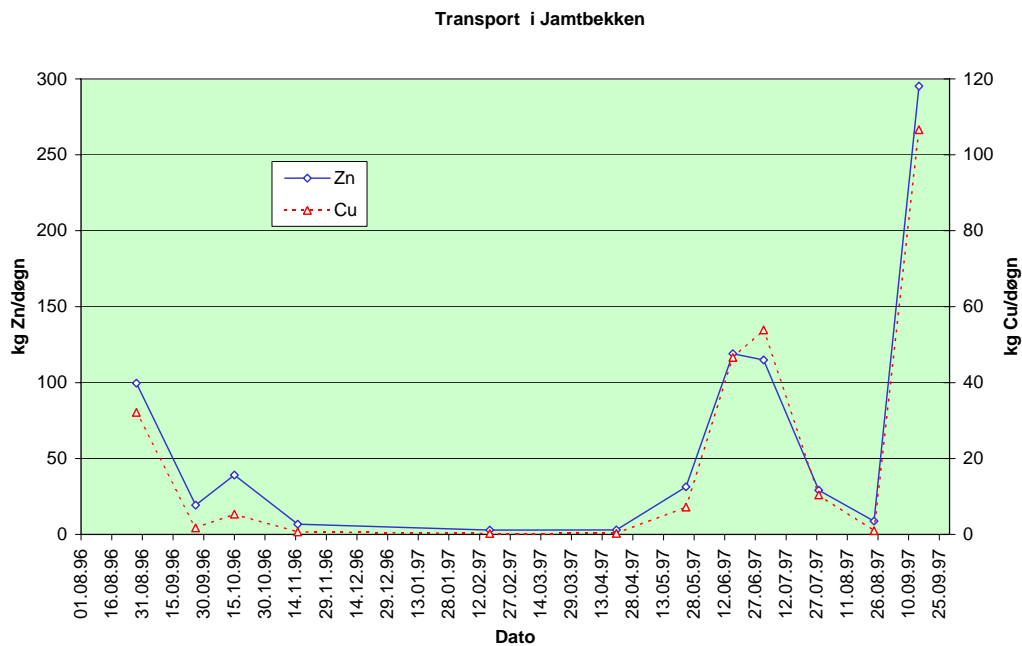
Ved hjelp av analyseresultat og vannføringsobservasjon er beregnet døgntransport for kobber, sink og sulfat ved de prøvetakinger som er gjort. Beregningene er samlet i tabell 5. Ved å tidsveie de enkelte døgntransportverdier i perioden august 1996 til september 1997, en periode på ca. ett år, er transporten i undersøkelsesperioden beregnet.

Tabell 5. Materialtransport i Jambekken.

	Cu kg/døgn	Zn kg/døgn	SO₄ kg/døgn
28.08.96	32,17	99,63	229,6
26.09.96	1,70	19,30	51,1
15.10.96	5,32	39,14	71,4
15.11.96	0,65	6,86	16,6
17.02.97	0,23	2,86	16,6
20.04.97	0,30	3,01	11,4
24.05.97	7,19	31,35	103,7
16.06.97	46,61	119,01	266,7
01.07.97	53,85	114,92	320,5
28.07.97	10,39	29,10	74,7
24.08.97	1,02	8,81	29,3
15.09.97	106,59	295,18	501,7
Tidsveiet i perioden	0,44 tonn	1,35 tonn	32,2 tonn

Figur 6 viser grafisk hvordan kobber- og sinktransporten varierte i Jambekken i prøvetakingsperioden. Figuren viser at transporten var høyest under vårsituasjonen (mai-juni 1997) og under nedbørrike perioder om høsten. Om vinteren er metalltransporten fra gruveområdet svært beskjeden. Årstransporten av kobber og sink er beregnet til henholdsvis 0,44 tonn og 1,35 tonn nede ved Jambekken. Dersom en foretar avrenningsundersøkelsen så nær opp til gruveområdet som mulig, vil en trolig finne at kobbertransporten fra området vil variere i området 0,5-1 tonn/år, mens sinktransporten trolig vil være omkring 1,5 tonn/år. Dette vurderes som en relativt beskjeden transport sett i forhold til de transportberegninger en har utført ved andre kobbergruver. Da det er forholdsvis

lite avfall i området, har trolig deler av avfallet relativt høye kobbergehalter siden avrenningen er så vidt stor som 0,5 – 1 tonn kobber/år. Ut fra inntrykk fra befaringer til området synes hovedproblemet å være knyttet til avrenning fra avfall i dagen. Tilførselene fra gruveåpningene er av liten betydning. Samlet avrenning fra gruveområdet har ingen betydning for vannkvaliteten i Aursunden, men det lokale vassdrag fra gruveområdet ned til Aursunden er sterkt forurenset. Til orientering er samlet noen analyseresultater for stikkprøver tatt av Glåma ved utløpet av Aursunden i den senere tid (tabell 6). Resultatene tyder ikke på at tilførselene fra Klinkenberg gruve har noen betydning for vannkvaliteten i Aursunden.



Figur 6. Kobber- og sinktransport i Jambekken

Tabell 6. Fysisk/kjemiske analyseresultater. Glåma ved utløpet av Aursunden ved Glåmos kirke

	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l
04.09.1998	7,31	3,11	1,4	4,07	0,59	2,7	4,5	<0,01
02.06.1999	7,05	4,01	1,4	5,26	0,85	1,0	4,5	0,005

6. Referanser

Iversen, E.R., 1990. Vannforurensning fra nedlagte gruver. NIVA-Rapport O-90138, L.nr. 2531, 20 s.

NVE, 1987. Avrenningskart over Norge. Norges Vassdrags- og Energiverk, Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling.