

RAPPORT LNR 3562-96

Cristianus Sextus gruve, Nordgruvefeltet, Røros.

Kartlegging av
forurensningstransport.



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

Tittel Cristianus Sextus gruve, Nordgruvefeltet, Røros Kartlegging av forurensningstransport	Løpenr. (for bestilling) 3562-96	Dato 1. august 1996
	Prosjektnr. Undernr. O-94159	Sider Pris 30
Forfatter(e) Rolf Tore Arnesen	Fagområde Miljøteknologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Bergvesenet	Oppdragsreferanse
---------------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA gjennomførte i 1994/95 en undersøkelse av forurensningstransporten fra Christianus Sextus gruve ved Røros. Gruva har vært drevet i perioder fra 1723 til ca. 1940. Referanse til tidligere undersøkelser i området er inkludert i rapporten. Det er tatt prøver fra tre steder for analyse på pH, konduktivitet og tungmetaller. Kopper- og sinkkonsentrasjonen varierte i området fra 2 mg Cu og 15 mg Zn til henholdsvis 150 og 400 mg pr. liter. Ut fra samlet datamateriale er transport av kopper og sink beregnet til ca. 2 og 4.8 tonn henholdsvis, hvorav 15 - 20 % kommer fra gruvevannet. Avrenningen fra Sextus-området utgjør 80 - 90 % av belastningen på Orvsjøen. Kopper- og sinkkonsentrasjonen i sjøen ligger i området henholdsvis 150 - 200 µg/l og 300 - 900 µg/l, noe som har ført til at sjøen ikke er fiskeførende og at den praktisk talt mangler andre vannlevende organismer.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gruveforurensning 2. Forurensningstransport 3. Kopper 4. Sink 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mine pollution 2. Pollution load 3. Copper 4. Zinc
--	---


Rolf Tore Arnesen
Prosjektleder

ISBN 82-577-3112-9


Bente Wathne
Forskningssjef

Christianus Sextus Gruve,

Nordgruvefeltet Røros

Kartlegging av forurensningstransport

Forord

Undersøkelsen ved Christianus Sextus gruve i 1994/95 er en av en rekke undersøkelser NIVA har gjort av denne typen. Hensikten har vært å påvise og kvantifisere hovedkilder for forurensning i området, slik at målrettede tiltak kan planlegges og gjennomføres effektivt.

Variasjonene i meteorologiske forhold i løpet av et år og fra år til år fører til relativt stor usikkerhet i resultatene når undersøkelsene strekker seg over kort tid. Etter hvert er det gjort slike undersøkelser mange steder, og flere steder er arbeidet gjentatt med noen års mellomrom. Resultatet er øket sikkerhet i de beregnede transportverdiene og en betydelig erfaring i gjennomføring av måleprogram og tolking av resultater.

Bergvesenets innsats i denne sammenheng og de muligheter samarbeidet med NIVA har skapt i forbindelse med tiltak mot gruveforurensninger, har vært viktig for vår faglige utvikling. Vi vil rette en spesiell takk til o.ing. Harald Ese, som har vært vår kontaktperson i Bergvesenet gjennom en årrekke.

Åse Berg, Miljølaboratoriet har assistert ved etablering av målestasjonene og med innsamling av prøver. Ved oppbyggingen av målekanalen i bekken fra tjernet deltok Brynjar Hals, NIVA.

Oslo, august 1996

Rolf Tore Arnesen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
2. Gruvedrift i Nordgruvefeltet	8
2.1 Lokalisering og drift	8
2.2 Tidligere undersøkelser	9
3. Forurensningskilder	11
4. Hydrologiske forhold	12
5. Konsentrasjoner, virkninger	14
5.1 Gruveområdet	14
5.2 Orva ved utløp av Orvsjøen	20
5.3 Grunnvann	22
6. Transportberegninger	24
7. Konklusjoner	28
8. Referanser	29

Sammendrag

På oppdrag for Bergvesenet gjennomførte NIVA i 1994-95 en undersøkelse av forurensningstransporten fra området ved Christianus Sextus gruve i Nordgruvefeltet ved Røros. Gruva som har avrenning til Orvsjøen, har vært drevet i perioder fra 1723 til omkring 1940. Det er utført en rekke undersøkelser i området tidligere, og relevante data fra dette arbeidet er tatt med her. Referanse til disse undersøkelsene finnes i denne rapporten. Den største forurensningskilden til Orvsjøen er ut fra tidligere undersøkelser området ved Christianus Sextus gruve.

I forbindelse med den foreliggende undersøkelsen er det regelmessig tatt vannprøver på tre steder: i gruvevannet, i bekken fra tjernet og i et sig nedenfor veltene nord for taubanestasjonen. Disse prøvene er analysert på pH og konduktivitet og på en rekke tungmetaller ved ICP-teknikk. Ved prøvetakingen er også vannføringen bestemt. Konsentrasjonen av kopper og sink ved de tre stasjonene varierte i området fra ca. 2 mg kopper og 15 mg sink pr. liter til henholdsvis ca. 150 og mer enn 400 mg pr. liter.

Undersøkelsen i 1994/95 omfattet ikke forurensning av grunnvann. Det er tidligere gjort enkle undersøkelser av grunnvann i området.

Det begrensede programmet for undersøkelsene i 1994/95 gjør at en beregning av samlet avrenning fra Sextus-området blir usikker. Bare deler av avrenningen fra veltene inngikk i måleprogrammet, og transport i grunnvannet er ikke målt. Ut fra det samlede datamaterialet som finnes fra området, er samlet transport av kopper og sink fra området beregnet til ca. 2 tonn kopper og 4.8 tonn sink pr. år. Herav kommer ca. 15 % av koppermengden og ca. 20 % av sinkmengden fra gruvevannet. Resten av metalltransporten kommer fra diffuse kilder, bl. a. velter, som er spredt over et stort område.

Avrenningen fra gruveområdet ved Christianus Sextus utgjør 80 - 90 % av samlet belastning av kopper og sink på Orvsjøen. Kopper- og sinkkonsentrasjonene i sjøen ligger i områdene henholdsvis 150-200 µg/l og 300-900 µg/l, noe som har ført til at sjøen ikke er fiskeførende, og at den praktisk talt mangler andre vannlevende organismer.

De høye transporttallene og spesielle verneinteresser i området gjør det vanskelig å foreslå konkrete tiltak i denne rapporten. Det finnes muligheter, men for at tiltak skal ha en hensikt må de være særlig effektive, og det er viktig at de planlegges og gjennomføres meget omhyggelig.

Summary

Title: Christianus Sextus mine, Nordgruvefeltet, Røros - Assessing pollution load from the area

Year: 1996

Author: Rolf Tore Arnesen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3112-9

On assignment from Bergvesenet NIVA performed an investigation of pollution load from the area around the Christianus Sextus mine in Nordgruvefeltet near Røros. The mine which is draining to the lake Orvsjøen, has been in operation in periods from 1723 to about 1940. Many investigations have been performed in the area earlier, and relevant data from these works have been included in this report. The drainage from the Christianus Sextus mine is according to the investigations the most important source of pollution in the lake Orvsjøen.

Water sampling was done at three different sites in this investigation: mine water, the creek from the small lake near the station for the cableway and in one of the seepage from the waste rock dumps. The samples were analyzed on pH, conductivity, and different heavy metals with ICP technique. During the sampling the water flow was also determined. Concentrations varied between 2 mg copper and 15 mg zinc and respectively 150 and more than 400 mg pr. litter.

The investigations in 1994/95 did not include the pollution of ground water, but such work have been done in earlier studies.

The limited program for the work in 1994/95 makes the calculations of total load from the Sextus area uncertain. Only parts of the drainage from the dumps were included, and the transport in ground water was not registered. From the existent data the transport of copper and zinc from the area has been assessed to 2 tons of copper and 4.8 tons of zinc pr. year. From this about 15 % of the copper and 20 % of the zinc is originating from the mine water. The rest comes from diffuse sources in a large area.

The drainage from the Christianus Sextus area is about 80 - 90 % of the total load of copper and zinc on the lake Orvsjøen. Copper and zinc concentrations in the lake are respectively 150 - 200 µg/l and 300 - 900 µg/l, the result of which is no fish and practically no aquatic life in the lake.

The high transport figures and special interests of cultural conservation in the area makes it difficult to suggest practical measures against the pollution. There are possibilities, but to make further work worth while, it is necessary to plan and perform the measures very carefully.

1. Bakgrunn

Etter henstilling fra Bergvesenet utarbeidet NIVA i mars 1994 et tilbud om kartlegging av forureningstransport i Christianus Sextus-området. Det var tidligere gjennomført flere liknende undersøkelser i området, men det har vært vanskelig å gi en god beskrivelse av avrenningen fra veltene. I tillegg har prøvetakingen i noen av de tidligere undersøkelsene vært begrenset til sommer/høst situasjonen.

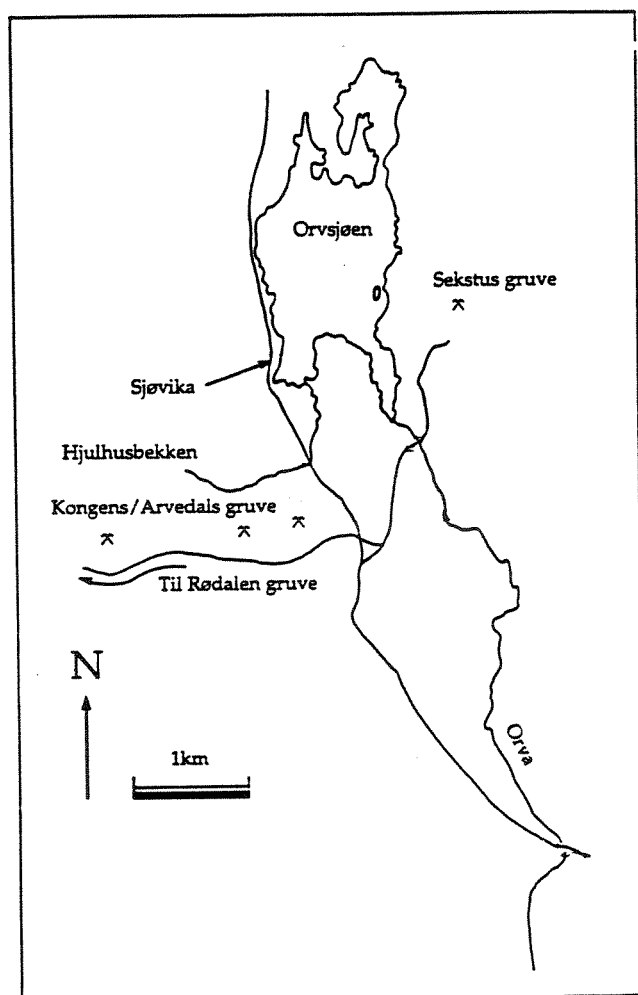
Disse momentene ble det lagt spesiell vekt på i NIVAs programforslag denne gangen. I et bestillingsbrev av 9. mai 1994 ble forslaget godtatt, og arbeidet ble satt i gang. Ved en befaring på ettersommeren 1994, ble målepunktene tatt ut. Det var vanskelig å finne egnede målesteder for vannføring, og det tok noe tid før de tre målestasjonene var i drift. Fra oktober var imidlertid prøvetakingen i gang. Snøforhold o.l. har gjort det vanskelig å ha et systematisk prøvetakingsprogram her, men vår prøvetaker dr. ing. Åse Berg har gjort en stor innsats for å få så regelmessig innsamling som mulig.

2. Gruvedrift i Nordgruvefeltet

2.1 Lokalisering og drift

Christianus Sextus gruve ligger i Nordgruvefeltet på østsiden av Glomma, nord for Røros. De viktigste gravene i området er listet i

tabell 1 som også angir den geografiske beliggenheten mer i detalj. Figur 1 viser en kartskisse av Nordgruvefeltet der Christianus Sextus ligger.



Figur 1. Kartskisse over Nordgruvefeltet - Røros. De viktigste gruveområder er avmerket.

Christianus Sextus gruve ligger i Nordgruvefeltet på østsiden av Glomma, nord for Røros. De viktigste gravene i området er listet i

tabell 1 som også angir den geografiske beliggenheten mer i detalj. Figur 1 viser en kartskisse av Nordgruvefeltet der Christianus Sextus ligger.

Driften ved de ulike gruvene har variert gjennom de mer enn 300 år som det har vært virksomhet i Nordgruvefeltet. I tiden frem til midten av forrige århundre ble gruvene drevet som koppergruver, og malmen ble stort sett håndskedet ved gruvene. Fra 1878 startet produksjonen av kis her, og omfanget av virksomheten ble større. Separasjonsmetodene var imidlertid fortsatt enkle. For å bedre produk-

Tabell 1. Data om gruvene i Nordgruvefeltet. Alle ligger i Røros kommune og finnes på kartblad Røros, 1720 III

Gruve	Åpnet år	Rute
Kongens	1736	32VPQ 1851
Arvedalen	1657	32VPQ 1751
Fjellsjøgruva	-	32VPQ 1654
Sextus	1723	32VPQ 1953
Lergruvebakken	1973	32VPQ 1849

sjonen ble det bygget et flotasjonsverk ved Kongens gruve i 1932. Driften ble likevel igjen nedlagt i 1943. Senere kom det i gang igjen, og i første halvdel av 40-årene ble det etablert selektiv flotasjon ved Kongens gruve. En betydelig del av malmen kom i denne tiden fra Rødalen gruve.

Det nye flotasjonsverket ved Kongens gruve ble bygget i 1968. I den første tiden var driften basert på refluering av materiale fra tidligere drift. Etter at driften ved Lergruvebakken kom i gang var det malmen herfra som ble behandlet. Avgangen herfra ble deponert i Orvsjøen fram til all virksomhet ved Røros Kobberverk ble nedlagt ved årsskiftet 1977/78.

Det har vært vanskelig å finne sikre data om de ulike driftsperiodene ved gruvene i Nordgruvefeltet. I et hefte om gruedriften i Nordgruvefeltet (Gjestland 1996) finnes en kort beskrivelse av virksomheten ved Sextus. Etter at gruva var etablert i 1723 varte driften bare til 1763. Det har vært nær sammenheng i virksomheten ved Kongens gruve og ved Sextus, og da kisdriften ved Kongens starte på 1880-tallet ble det åpnet ny drift ved Sextus. Da kopperprisene sank etter 1. verdenskrig, ble det store innskrenkninger ved kopperverket, og Sextus gruve ble oppgitt og satt under vann. Fordi gruva var så grunn, ble det antatt at det var billigere å lense den ved en eventuell gjenåpning enn å holde den tørr ved å pumpe hele tiden. I 1927 ble den tatt opp igjen, og den ble da drevet i perioder fram til våren 1940, da den ble stengt for godt.

2.2 Tidligere undersøkelser

NIVA har i en årrekke arbeidet med beskrivelse av vannforurensning fra gruveområdene i Nordgruvefeltet ved Røros. Allerede i 1967 ble det tatt vannprøver fra Orvsjøen, og instituttet ble kjent med at innsjøen var sterkt belastet med tungmetaller fra tidligere gruedrift (Arnesen og Grande 1973). I den samme rapporten beskrives et arbeid NIVA utførte på oppdrag fra Røros Kobberverk A/S. Bakgrunnen var at det nye oppredningsverket ved Kongens gruve skulle starte flotasjon av malm fra Lergruvebakken. Avgangen skulle deponeres i Orvsjøen.

Ved undersøkelsene i 1978/79 tok NIVA for første gang prøver fra området ved Christianus Sextus gruve (Arnesen og Tjomsland 1980). Det ble da tatt prøver av gruvevannet, fra utløpet av tjernet ved den gamle taubanestasjonen og fra en liten bekk nedenfor de største veltene. Bekken fra tjernet representerte da den største overflateavrenningen fra gruveområdet til Orvsjøen. Bortsett fra en prøve

i 1984 er prøvetakingen her ikke fulgt opp i tiden siden 1979. Målepunktet den lille bekken fikk betegnelsen "Østlig del av velte, Sextus Gruve", ved denne undersøkelsen. Eksakt plassering av dette målepunktet fremgår ikke av rapporten fra den gang. Vannføringen viser at dette til tider nærmest må karakteriseres som et sig, og vannet rant antakelig inn i en av myrområdene nedenfor veltene. Dette vannsiget ble i 1990 (Arnesen 1991) regnet inn i den transport som antas å foregå i grunnvannet i området. Tabell 13 viser analyseresultatene for dette siget i 1978/79

Som ledd i overvåkingen av Glomma ble det i årene 1978-80 gjennomført en større undersøkelse der det også ble tatt en del vannprøver i Orva ved utløpet i Glomma (Lingsten 1982).

Fra 1979 til 1989 foregikk NIVAs arbeid i området ved sporadiske prøvetakinger, uten sammenfattende databearbeiding. I 1988 foretok instituttet en sammenstilling av eksisterende materiale, etter oppdrag fra Bergvesenet. De tidligere undersøkelsene i området er nærmere beskrevet i rapporten fra 1989 (Arnesen 1989). I 1989 ble det gjort en mer omfattende undersøkelse med hovedvekt på forurensningstransporten fra avgangen som er deponert nedenfor det tidligere oppredningsverket. Undersøkelsene tydet på at en betydelig del av sinken som transporteres ut av området, kom fra avgangen, mens koppermengden fra denne kilden var mer beskjedent (Arnesen *et al.* 1990).

I 1984 ble det etter oppdrag fra Industridepartementet utført en undersøkelse av avgang som var deponert ved de ulike gruveområdene rundt Røros. I Nordgruvefeltet omfattet dette arbeidet Orvsjøen og avgangsdammene nedenfor flotasjonsanlegget ved Kongens Gruve (Iversen og Johannessen 1985).

I tiden frem til 1988 ble det dessuten, mer eller mindre tilfeldig, tatt prøver fra forskjellige steder i Nordgruveområdet når NIVA hadde undersøkelser i området.

I 1990 ble det gjennomført undersøkelser som var spesielt konsentrert om veltene ved Kongens-/Arvedalens gruve, men et måleprogrammet for beskrivelse av metalltransport i avrenningen fra Sextus-området ble også gjennomført (Arnesen 1991, Arnesen *et al.* 1991). I tillegg til målingene i overflatevann, ble det i samarbeid med Bergavdelingen - NTH gjennomført en undersøkelse for å anslå transport i grunnvannet ved Christianus Sextus (Skirstad 1990). Det ble både målt vannføring og tatt vannprøver flere ganger i gruvevannet. I bekken fra tjernet ble det bare tatt en prøve, og vannføringen ble ikke målt.

I 1992 - 93 ble det gjort undersøkelser i Orvsjøen og Orva for å vurdere virkningen av en eventuell øket tilførsel av gruvevann til Orvsjøen (Arnesen og Iversen 1994).

En oppsummering fram til 1993 av forurensningstransport fra området over tid ble gjort i en NIVA-rapport fra 1995 (Arnesen og Iversen).

3. Forurensningskilder

Den lange tiden virksomheten i Nordgruvefeltet har pågått og det varierende omfang og form den har hatt gjennom årene har ført til at det i området finnes bergvelter, avgangsdeponier og gruveåpninger som til sammen utgjør et stort antall forurensningskilder som geografisk ligger langt fra hverandre. Det er spesielt tre områder som avgir forurensninger til Orva/Glomma:

- Arvedalen/Kongens gruve med velter og gruvevann
- Avgangsdammen ved flotasjonsverket ved Kongens gruve
- Sextus-området øst for Orvsjøen med gruvevann og velter

En del av tilførselene renner til Orvsjøen. Av disse er avrenningen fra området ved Christianus Sextus dominerende. Her er antakelig veltene de største forurensningskildene, men også gruvevannet har betydning. Det er vanskelig å kvantifisere bidraget fra veltene direkte, fordi en betydelig del av avrenningen går i grunnen.

I enkelte deler av Sextus-området ligger også en del vaskeriavgang. Noen direkte beskrivelse av at det har foregått oppredning ved Sextus gruve og hvilket omfang det hatt, har vi ikke funnet.

Tiltak i form av tildekking o.l. er i løpet av de siste 5 år gjennomført for avgang og annet gruveavfall i området rundt flotasjonsanlegget ved Kongens gruve.

Ved siden av forurensningskildene på land i nedbørfeltet, ble det fra sommeren 1975 til årsskiftet 1977/78 deponert ca. 150.000 tonn kisholdig avgang i Orvsjøen fra flotasjonsverket ved Kongens. Utslippet foregikk i innsjøens dypeste parti. I Orvsjøen finnes også betydelige mengder tungmetaller utfelt som hydroksider i sedimentet.

4. Hydrologiske forhold

Det meste av Nordgruvefeltet drenerer til elven Orva enten direkte eller gjennom Orvsjøen. All avrenning fra Christianus Sextus går direkte til Orvsjøen.

Figur 1 viser de enkelte gruvens beliggenhet i forhold til vassdragene i og omkring Nordgruvefeltet. De viktigste resipientene er Orvsjøen og Orva, som fører hovedmengden av forurensninger til Glomma.

Fra Arvedalen/Kongens gruve går en del av avrenningen gjennom en sidebakk til Hjulhusbekken som renner inn i Orvsjøen i Sjøvika. Dette utgjør en forholdsvis liten andel av total avrenning fra området.

All avrenning fra Christianus Sextus gruve går til Orvsjøen, men store deler av året foregår denne avrenningen som grunnvann og det er vanskelig å finne bekker med overflatevann som er gruveforurenset. Gruvevannet fra Christianus Sextus renner til et tjern som igjen har avrenning gjennom en bekk til Orvsjøen. Også denne bekken forsvinner nesten fullstendig i grunnen i tørre perioder. Til dette tjernet renner også avrenningen fra en del gruveavfall i området rundt taubanestasjonen.

I tabell 2 er det samlet en del grunnleggende hydrometriske data for Orvsjøen.

Tabell 2. Hydrometriske data for Orvsjøen

Parameter	Enhet	Verdi
Samlet nedbørfelt til utløp	km ²	16.7
Avrenningskoeffisient	l/s·km ²	15
Årlig midlere avrenning	m ³ /s	0.25
Anslått totalt volum	m ³	8.8·10 ⁶
Areal av overflate	km ²	1.72
Største dyp	m	20

På grunn av de spesielle dreneringsforholdene i gruveområdet, er det umulig å angi eksakte data for delnedbørfeltene ved Christianus gruve. Ved undersøkelsen i 1978/79 ble middelvanntilføringen i utløpet fra tjernet ved taubanestasjonen beregnet til ca. 9 l/s. Dette svarer til et areal på ca. 0.6 km² når avrenningskoeffisienten er 15.0 l/s·km⁻². Enkle arealbetraktninger på kart har tidligere gitt et areal på ca. 0.5 km².

Måling av vannføring er en nødvendig forutsetning for å beregne transport av forurensninger fra et område. Ved Christianus Sextus er det svært vanskelig å få et pålitelig mål for avrenningen, dels fordi det antakelig er en betydelig grunnvannstransport, dels fordi det er vanskelig å finne steder som egner seg for måling av vannmengder i de få bekkene, som går på overflaten. Ved tidligere undersøkelser har dette også vært et problem, og de anslåtte transportverdiene har vært meget usikre.

Det beste målepunktet er ved gruvevannsutløpet, der det har vært mulig å sette opp et vanlig 90° V-overløp. I utløpet fra tjernet nedenfor taubanestasjonen, ble det denne gangen forsøkt med en kanal, et såkalt Crump-overløp (Bos 1989). Dette er imidlertid en forholdsvis krevende konstruksjon for å få gode målinger. Fordelen med en slik kanal, er imidlertid at den gir relativt gode resultater for både midlere og høye vannføringer. Det skal være mulig å beregne vannføringen med en formel, når

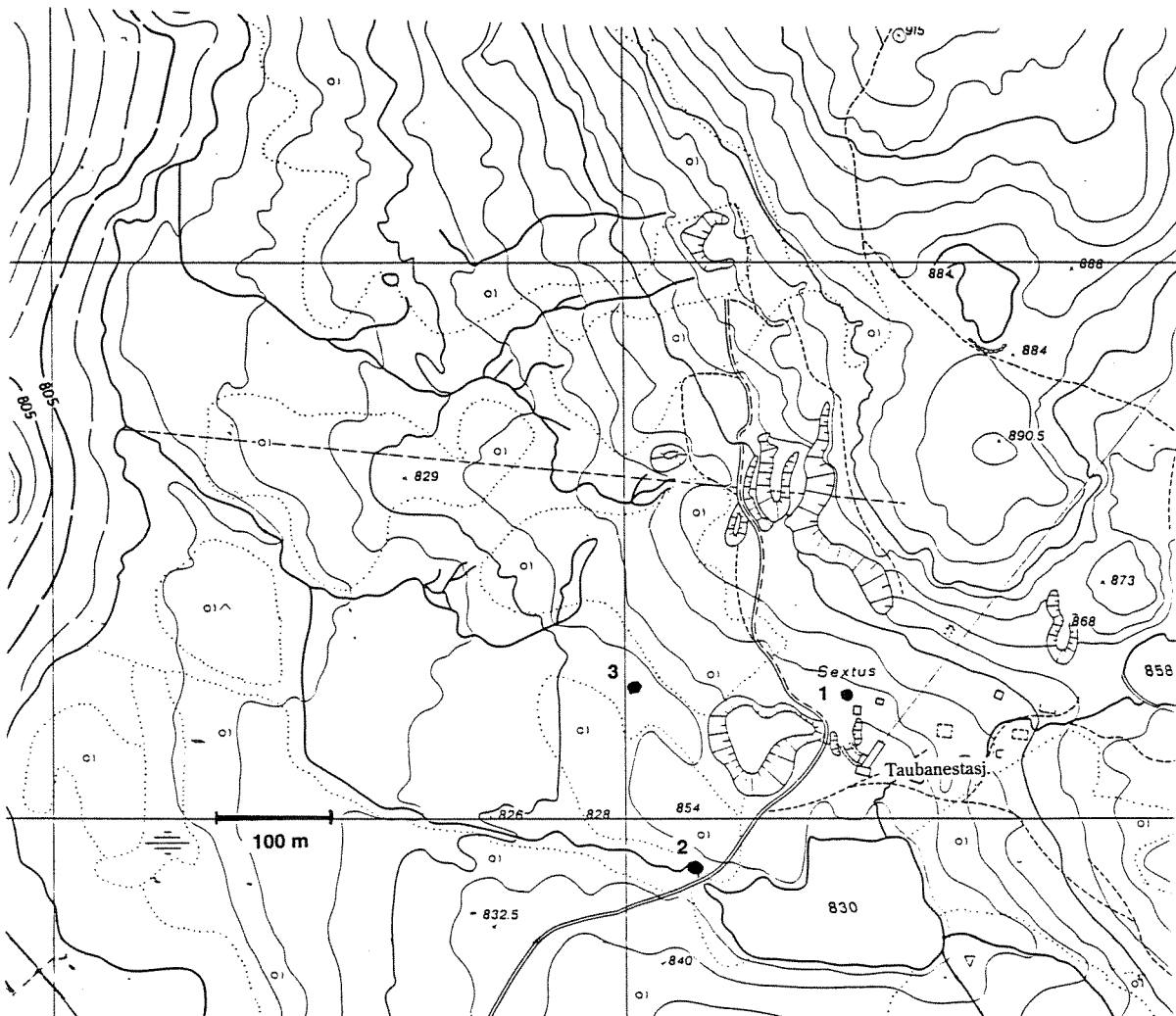
vannhøyden er avlest i en slik kanal (ISO 1984). Ved å kalibrere kanalen med saltmålinger, en metode der en kjent saltmengde tilsettes vannet, og "fortynningskurven" registreres ved konduktivitetsmålinger, viste det seg at de beregnede verdiene avvek en del fra verdien fra saltmålingene. Det ble derfor valgt å korrigere beregnede vannføringer ved å redusere alle avleste vannhøyder med en verdi som tilsvarte forskjellen mellom målt og beregnet vannføring da saltmålingen foregikk. Vannføringene som er angitt i tabell 5 er beregnet på denne måten.

5. Konsentrasjoner, virkninger

5.1 Gruveområdet

I figur 2 finnes en kartskisse over området ved Christianus Sextus gruve der prøvesteder for overflatevann er inntegnet.

I forbindelse med den foreliggende undersøkelsen er det regelmessig tatt vannprøver på tre steder: i gruvevannet, i bekken fra tjernet og i et sig nedenfor veltene nord for taubanestasjonen. Disse prøvene er analysert på pH og konduktivitet og på en rekke tungmetaller ved ICP-teknikk.



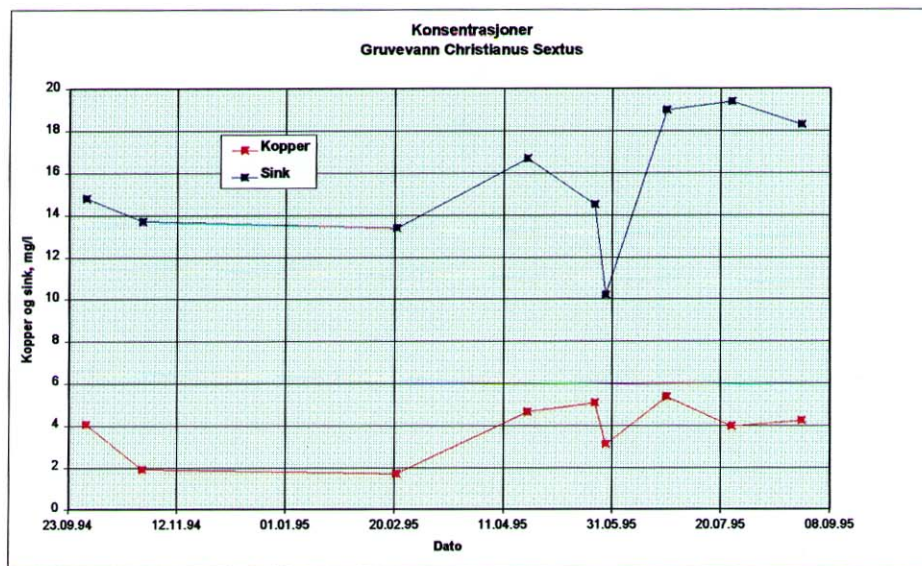
Figur 2. Kartskisse over området ved Christianus Sextus gruve med prøvesteder for vannprøver.
1.: Gruvevann, 2.: Utløp tjern, 3.: Avrenning fra velte

Det var meningen å ta prøver hver måned over ett år, men dette viste seg å være umulig, først og fremst på grunn av kulde og snø. I mai ble det tatt en ekstra prøve fordi vannføringen i slutten av måneden var ekstremt høy. For å forhindre at denne ekstra prøvetakingen får for stor vekt i årsmidlene for konsentrasjon og transport er disse verdiene beregnet tidsveiet. Analyseresultatene er samlet i tabell 3, tabell 5 og tabell 7 og i figur 3, figur 4 og figur 5.

Til sammenlikning er tidligere analyseresultater fra de samme stedene gjengitt i tabell 4, tabell 6 og tabell 8. Disse tallene er ikke uten videre sammenliknbare. Prøvestedene er ikke nøyaktig de samme, og analysemetodene er endret. En subjektiv sammenlikning av middelverdiene for de målestedene som tilnærmet er de samme fra undersøkelse til undersøkelse, indikerer en viss reduksjon i tungmetallkonsentrasjonen, spesielt ved at nesten alle verdier viser samme tendens mot høyere pH og lavere metallkonsentrasjoner.

Tabell 3. Analyseresultater fra gruvevann, Christianus Sextus 1994/95.
Årsmiddel er beregnet tidsveiet.

Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Vannføring l/s
27.10.94	3.88	38.8	183	4800	4090	14800	20.2	
21.02.95	5.03	43.3	189	1760	1910	13700	16	
22.04.95	5.10	41.7	206	620	1710	13400	17	0.46
23.05.95	3.82	43.4	195	4630	4650	16700	32	1.58
28.05.95	3.28	49.1	164	11300	5080	14500	30	8.48
25.06.95	3.83	30.7	121	4550	3120	10200	19	2.55
25.07.95	3.34	55.0	216	9930	5370	19000	35	1.84
26.08.95	4.20	43.9	207	2310	3970	19400	35	0.8
20.09.95	4.30	44.1	214	2890	4240	18300	34	0.8
Årsmiddel	4.28	42.4	189	3926	3369	15015	23	2.0



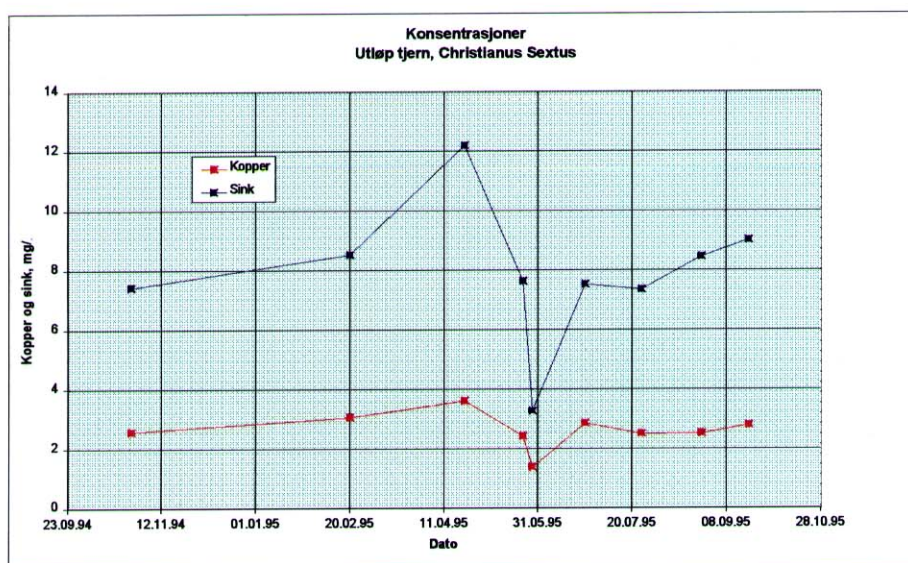
Figur 3. Konsentrasjon av kopper og sink i gruvevann fra Christianus Sextus 1994/95.

Tabell 4. Analyseresultater fra gruvevann fra Christianus Sextus gruve, tidligere målinger. Årsmiddel for 1978/79 er beregnet tidsveiet bortsett fra for kadmium.

Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Vannf. l/s
03.07.78	3.57	49.5	200	7400	5810		34	
01.09.78	3.37	55.2	328	11000	7500	22000		1.4
21.09.78	3.65	46.6	188	9000	6650	18200		4.0
30.09.78	3.83	39.3	160	6500	5600	14400		4.0
28.10.78	3.88	44.4	142	5020	8200	17000	40	4.0
27.11.78	3.81	44.3	188	6900	5200	16000		1.5
27.12.78	3.83	41.7	171	6320	2850	18900	11	5.0
10.06.79	4.58	23.5	93.2	3460	2970	8400	16	1.8
28.06.79	4.15	32.5	142	3400	3780	12000	21	1.8
12.07.79	3.61	46.5	186	18100	5920	18100	39	1.8
28.07.79	3.22	68.2	222	16000	7930	23200	49	3.4
22.08.79	3.62	47.9	200	8190	6140	19000	39	1.9
Årsmiddel	3.96	39.7	159	6806	4571	15620	31	3.1
30.08.90	3.81	44	216	4270	4360	19200	28	1.2
19.09.90	3.4	59.7		11800	5730	19700	30	3.9
26.09.90	3.27	64.4		8830	5750	18000	57	2.2
03.10.90	3.59	48.8		6130	5150	16700	43	1.7
10.10.90				3640	4220	16000	23	1.2
17.10.90	3.81	48.2						1.6
24.10.90	3.58	53.0		5470	4380	18300	35	1.4
31.10.90	3.54	55.6		6280	4750	19300	34	1.2
Middel	3.57	53.4		6631	4906	18171	36	1.8
21.05.91	3.26	59	213		5600	17200		
01.09.93	3.23	59.2	214	16000	6090	17000	> 50	

Tabell 5. Analyseresultater fra utløp av tjern ved Christianus Sextus gruve.
Årsmiddel er beregnet tidsveiet unntatt for vannføring.

Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Vannf l/s
27.10.94	3.86	24.9	105	930	2570	7430	10.7	
20.02.95	3.8	34.8	141	530	3060	8520	20	
22.04.95	3.67	42.2	185	2630	3600	12200	23	3.2
23.05.95	3.75	27.0	102	3810	2420	7640	12	9.1
28.05.95	3.72	15.4	42.2	2580	1380	3270	7	87.8
25.06.95	3.68	30.3	113	1560	2850	7540	15	18.0
25.07.95	3.65	30.7	114	790	2500	7350	15.6	8.2
26.08.95	3.65	31.8	122	640	2520	8450	16.6	8.6
20.09.95	3.69	33.5	133	600	2790	9020	19	4.9
Årsmiddel	3.75	31.2	125	1258	2784	8302	16	20



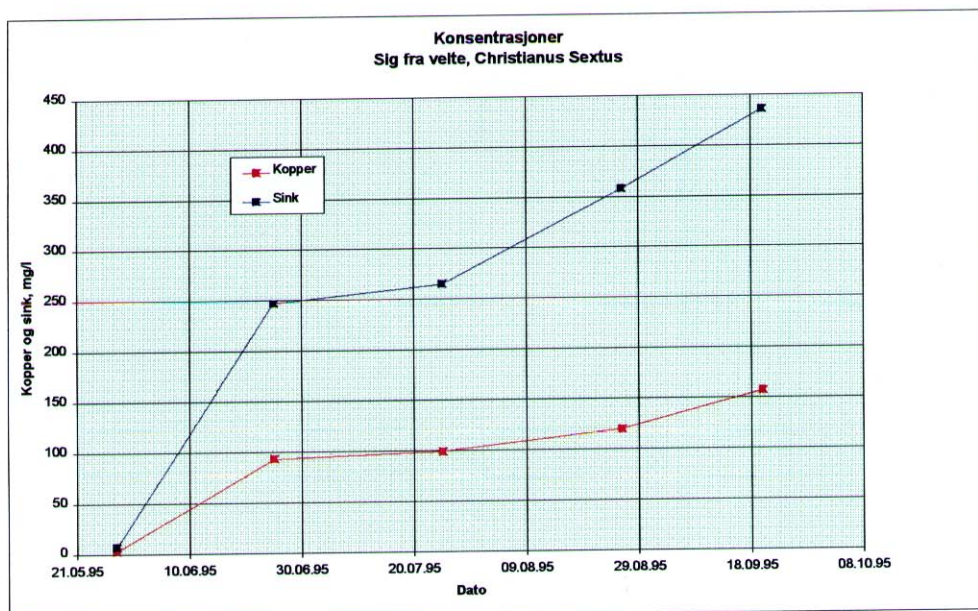
Figur 4. Konsentrasjon av kopper og sink i utløp fra tjern ved Christianus Sextus 1994/95

Tabell 6. Analyseresultater fra utløp av tjern ved Christianus Sextus gruve, tidligere undersøkelser. Årsmiddel 1978/79 er beregnet tidsveiet.

Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Vannf. l/s
23.08.73	3.6	36.4			4350	9200		
28.06.78	3.63	37.4		1240	3000	8280	17	
03.07.78	3.56		131	1240	3870	9520	28	
01.09.78	3.57	36.4	132	1410	3920	10000		7.0
21.09.78	3.74	35.1	145	1000	4550	10300		10.2
30.09.78	3.68	36.1	132	1700	4700	10100		9.5
28.10.78	3.63	40.6	131	2000	4700	10100	20	10.2
27.11.78	3.79	28.8	110	2100	3300	7600		4.4
27.12.78	3.78	28.2	108	1050	2270	16400	10	4.4
10.06.79	3.64	30.1	104	1230	2730	7250	15	7.0
28.06.79			128					13.0
12.07.79	3.62	35.5	125	1160	3130	8770	18	7.5
28.07.79	3.63	34.8	124	1170	3050	9000	23	14.9
22.08.79	3.64	34.4	85.6	1070	3270	9350	23	12.1
Årsmiddel	3.69	32.1	113	1342	3094	10626	18	7.6
25.06.84	3.56	40.6		1910	3750	9690	19	
01.07.92	3.48	49.7	178.7	2040	4200	12300		

Tabell 7. Analyseresultater fra sig fra veltet ved Christianus Sextus gruve. Middelveien er beregnet som aritmetisk middel.

Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Vannf. l/s
28.05.95	3.28	33.8	83.5	8690	2780	6780	15	
25.06.95	2.47	413	3090	365000	93100	247000	554	0.1
25.07.95	2.44	438	3390	371000	99000	265000	576	0.09
26.08.95	2.52	415	3937	386000	120000	358000	771	0.19
20.09.95	2.50	483	5081	522000	157000	436000	971	0.04
Middel	2.64	357	3116	330538	94376	262556	577	0.10



Figur 5. Konsentrasjon av kopper og sink i sig fra velte ved Christianus Sextus 1994/95

Tabell 8. Kjemiske analyseresultater fra bekk fra velter - Christianus Sextus gruve
Stasjonsplassering kontrolleres i forhold til plassering i 1994/95.
Årsmiddel for 1978/79 er beregnet tidsveiet unntatt for kadmium.

Dato	pH	Kond. mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Vannf. l/s
03.07.78	2.49	463.7	2896	365000	116000	381000	850	
01.09.78	3.09	172.4	1080	12500	410000	103000		0.02
21.09.78	2.99	233.2	1504	140000	65000	190000		0.5
30.09.78	3.12	229.4	1280	17500	60000	194000		0.3
28.10.78	3.24	230.9	910	8030	42000	125000	295	0.5
27.11.78	3.31	229.0	2400	5200	30000	130000		0.02
27.12.78	3.28	216.7	1568	6000	47000	188000	11.5	0.02
10.06.79	3.23	155.1	886	5750	34500	115000	225	0.08
28.06.79	3.09	179.2	1000	23100	36500	99200	227	0.3
12.07.79	3.13	185.2	1424	15800	39600	112000	249	0.06
28.07.79	2.72	306.9	1580	240000	76900	194000	435	0.5
22.08.79	2.76	282.5	1780	219000	66600	179000	383	0.4
Årsmiddel	3.16	209.7	1366	39500	45400	151000	261	0.17

Forurensningsbelastningen på Orvsjøen er så høy at det ikke finnes fisk i der. Det er ikke gjort biologiske undersøkelser her på mange år, men det er liten grunn til å tro at det er nevneverdig forekomst av normale organismer i innsjøen.

5.2 Orva ved utløp av Orvsjøen

I Orva ved utløpet av Orvsjøen er det tatt vannprøver for kjemiske analyser mer eller mindre regelmessig siden juni 1966. Fra november 1992 til februar 1994 var det regelmessig prøvetaking og kontinuerlig registrering av vannføring ved utløpet av Orvsjøen.

Målepunktet ved utløpet av Orvsjøen er flyttet noe fra måleperiode til måleperiode. I den første tiden lå dette punktet ved brua like nedenfor utløpet, men før målingene startet i 1992-93 ble det flyttet til målestedet for vannføring, som lå ca. 700 m lengre ned i elva. Det er neppe tilførsel av gruvepåvirket vann på denne strekningen, og endringen i vannføringen som kan skje mellom de to punktene er så liten at den ikke betyr noe i forhold til samlet usikkerhet i måledata.

Analyseresultatene har variert en del i Orva ved utløpet av Orvsjøen, men ikke mer enn det som er vanlig i vassdrag som er direkte påvirket av gruveavrenning. Variasjonen er først og fremst et uttrykk for årstidsvariasjonene. Tabell 9 viser et sammendrag av relevante analysedata fra stasjonen ved utløp av Orvsjøen, og figur 6 viser grafisk middelverdiene av kopper og sink i perioder fra 1966 til 1993. Subjektivt bedømt kan det ikke sees noen langtidstrend i datamaterialet. Sinkinnholdet er som regel betydelig høyere enn kopperinnholdet, men variasjonen i konsentrasjonen av disse to metallene skjer ikke alltid i takt. Datamaterialet er meget inhomogent, så det er ikke egnet for en samlet statistisk bearbeiding.

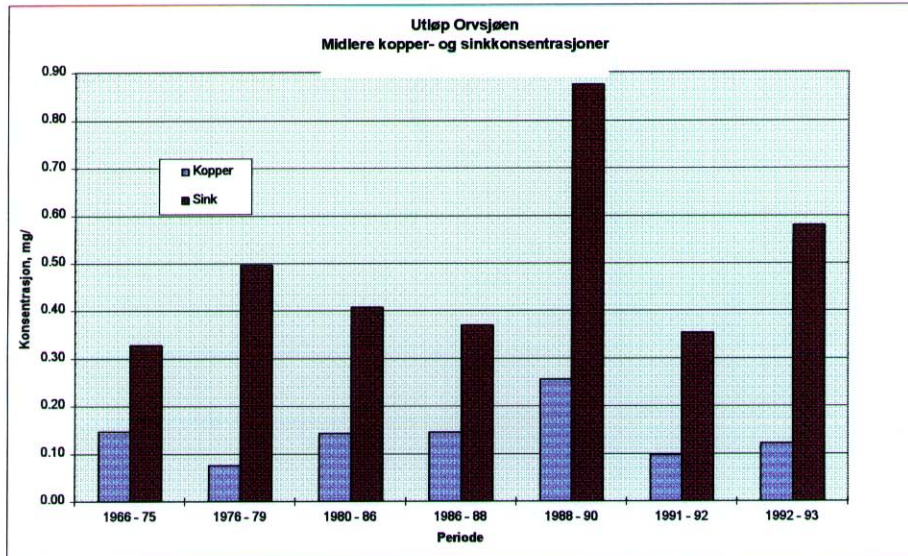
En skjønnsmessig gjennomgang av materialet der det legges vekt på antallet høye og lave verdier på de ulike stasjonene over tid, tyder imidlertid ikke på at det har vært vesentlige endringer i forurenings situasjonen i de 15 år datamaterialet dekker.

Orvsjøen er i dag fisketom på grunn av tungmetalltilførslene, i første rekke kopper fra gruveområdene. Det meste av tilførslene kommer fra Christianus Sextus-området, men en viss tilførsel kommer gjennom Hjulhusbekken, som drenerer en mindre del av området ved Kongens Gruve.

Naustebekken som drenerer området ved Fjellsjøgruva, har en forhøyet sinkkonsentrasjon (ca. 60 µg/l). Den sinktilførslen dette eventuelt representerer er mindre enn usikkerheten i de transportbergingene som er beskrevet i kapittel 6.

Tabell 9. Sammendrag av kjemiske analysedata fra Orva ved utløp av Orvsjøen.
Kart ref.: 32 V PQ 194519.

Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
1966 - 75								
Middel	6.61	3.4	9.0	0.07	0.15	0.33		
Antall	2	2	2	1	2	2		
Std. avvik	0.30	0.2	1.5		0.02	0.08		
1976 - 79								
Middel	6.60	5.2	11.8	0.16	0.08	0.50	14.0	9.4
Antall	6	6	6	6	6	6	1	1
Std. avvik	0.37	0.7	1.9	0.10	0.03	0.24		
1980 - 86								
Middel	6.58	3.6	9.7	0.08	0.14	0.41	0.8	0.9
Antall	3	3	3	3	3	3	2	1
Std. avvik	0.15	0.3	2.1	0.03	0.02	0.02	0.0	
1986 - 88								
Middel	6.62	3.2	8.5	0.07	0.15	0.37	0.7	
Antall	3	3	3	3	3	3	3	
Std. avvik	0.13	0.1	0.1	0.04	0.03	0.05	0.1	
1988 - 90								
Middel	6.37	3.4	10.7	0.09	0.26	0.88	2.2	
Antall	4	4	2	3	4	4	3	
Std. avvik	0.25	0.2	2.4	0.04	0.29	0.97	2.5	
1991 - 92								
Middel	6.64	3.7	8.1	0.13	0.10	0.35	0.7	0.4
Antall	5	5	4	4	5	5	3	3
Std. avvik	0.19	0.3	0.8	0.08	0.01	0.03	0.1	0.0
1992 - 93								
Middel	6.32	4.1	10.9	0.17	0.12	0.58	0.8	0.5
Antall	17	17	17	17	17	17	4	4
Std. avvik	0.56	1.1	4.1	0.15	0.06	0.00	0.3	0.1



Figur 6. Middelerverdier for kopper og sinkkonsentrasjonen i Orva ved utløp av Orvsjøen i perioder fra 1966 - 1993.

5.3 Grunnvann

Undersøkelsen i 1994/95 omfattet ikke forurensning av grunnvann. I tilknytning til arbeidet i 1990 ble det utført en hovedoppgave ved NTH, med hovedvekt på grunnvannstransport av forurensninger (Skirstad 1990). Dette arbeidet omfattet sonderboringer og boring av grunnvannsbrønner. Det ble tatt vann- og faststoffprøver fra området ved den nordligste velten i Sextus-området. For å bedømme hvor representative disse resultatene var for resten av området, ble det også tatt noen prøver nærmere taubanestasjonen.

I hovedsak ble dette arbeidet i 1990 konsentrert om den nordligste velten i Sextus-området, fordi den var forholdsvis klart avgrenset fra resten av feltet. Ut fra de målinger som ble gjort var konklusjonen at påvirkningen på grunnvannet er betydelig større fra det sentrale gruveområdet enn fra den nordre velten. Faststoffprøver fra den nordre velten viste et likevel et betydelig innhold av svovelkis.

Tabell 10. Kjemiske analyseresultater for grunnvannsprøver fra Sextus-området. Prøvepunktene plassering er beskrevet i teksten.

Prøve	pH	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l
Borhull 2	-		8.83	15.6	16.3
Borhull 1	4.38	82.0	0.45	5.60	4.26
Borhull 8	4.56	98.0	0.24	4.39	4.63
Borhull 9	4.51	112.0	0.40	6.10	5.22
Borhull 10	5.70	20.0	1.45	0.15	0.66
Borhull 11	4.92	36.0	0.24	0.94	1.52

Noen kjemiske analyseresultater fra de nevnte grunnvannsprøvene er samlet i tabell 10. Disse resultatene viser at grunnvannet nedenfor den nordre velten er sterkt påvirket av gruveavfallet, og at tungmetallkonsentrasjonen avtar forholdsvis raskt med avstanden fra velten.

På grunnlag av disse undersøkelsene ble grunnvannstransporten av kopper og sink anslått til henholdsvis 30 og 20 % av transporten i bekken fra tjernet.

Prøvene fra borhull 2 - 11 er tatt fra borhull på en tilnærmet rett linje i terrenget slik det faller mot Orvsjøen. Prøvepunktene har omtrent jevnt stigende avstand fra den nordligste velten i den rekkefølge punktene er listet i tabellen. Borhull 2 er helt oppe i velten, mens borhull 11 ligger ca 180 m nærmere Orvsjøen.

Undersøkelsene i 1990 var ikke så detaljerte at de fullt ut kan beskrive grunnvannstransporten i gruveområdet. Ut fra en subjektiv vurdering er det rimelig å anta at den angitte andelen av forurensningstransport i grunnvannet er minimumstall.

6. Transportberegninger

Den relative betydning av de ulike forurensningskildene i gruveområdet er viktig for et eventuelt videre arbeid med forurensningshindrende tiltak. Det er derfor nødvendig å anslå verdier for transport av forurensninger, først og fremst kopper og sink, ved de tre målepunktene. Denne materialtransporten er sterkt avhengig av vannføringen. For å få et pålitelig mål for årlig materialtransport kreves et stort antall prøvetakinger og helst kontinuerlig registrering av vannføring. Dette skyldes at variasjonen i vannføring kan være 10 - 100 ganger større enn variasjonen i konsentrasjonen. Fordi transporten er så avhengig av avrenningen vil den variere betydelig fra år til år, avhengig av meteorologiske forhold. Det forholdsvis lave antall prøvetakinger vi har fra Sextus-området, kan føre til at ikke alle avrenningssituasjoner er representert i datamaterialet, uten at det egentlig lar seg etterprøve. Dette gjelder i særlig grad siget fra velten. Erfaring fra andre gruveområder her i landet tyder imidlertid på at materialtransporten i vinterhalvåret da vi har hatt få observasjoner, er liten.

I tabell 11 - tabell 13 er verdier for daglig transport samlet for de tre målestasjonene. Enkelttall i tabellene representerer øyeblikksverdier for transport ved prøvetakingstidspunktet, og middelverdiene

Tabell 11. Daglig transport av forurensninger i gruvevannet fra Christianus Sextus. Årsmiddel er beregnet tidsveiet.

Dato	Vannføring l/s	Sulfat kg/d	Jern kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Kadmium kg/d
22.04.95	0.46	8.2	0.02	0.07	0.53	0.001
23.05.95	1.58	26.6	0.63	0.63	2.28	0.004
28.05.95	8.48	120.2	8.28	3.72	10.62	0.022
25.06.95	2.55	26.7	1.00	0.69	2.25	0.004
25.07.95	1.84	34.3	1.58	0.85	3.02	0.006
26.08.95	0.8	14.3	0.16	0.27	1.34	0.002
20.09.95	0.8	14.8	0.20	0.29	1.26	0.002
Årsmiddel	1.96	29.3	1.30	0.75	2.53	0.005

Ant. døgn i måleperioden: 182

Tabell 12. Daglig transport av forurensninger i utløp fra tjern ved Christianus Sextus gruve. Årsmiddel er beregnet tidsveiet.

Dato	Vannf	Sulfat kg/d	Jern kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Kadmium kg/d
22.04.95	3.2	51	0.73	1.0	3	0.006
23.05.95	9.1	80	2.99	1.9	6	0.009
28.05.95	87.8	320	19.56	10.5	25	0.053
25.06.95	18.0	176	2.43	4.4	12	0.023
25.07.95	8.2	81	0.56	1.8	5	0.011
26.08.95	8.6	91	0.48	1.9	6	0.012
20.09.95	4.9	56	0.25	1.2	4	0.008
Årsmiddel	16.0	110	2.8	2.8	7.7	0.016

Antall døgn i måleperioden: 182

er et tidsveiet middel av disse. Det ville antakelig være mer korrekt å beregne en årstransport som er relatert til "normal" vannføring for området. Det er imidlertid vanskelig å angi noen slik normalverdi. På grunn av gruvevirksomheten er der meget vanskelig å angi et nedbørfelt for hver målestasjon. Grunnlagsdata for beregningene finnes i tabell 3, tabell 5 og tabell 7.

Tabell 13. Daglig transport av forurensninger fra velte ved Christianus Sextus gruve
Middelverdien er beregnet som aritmetisk middel.

Dato	Vannf l/min	Sulfat kg/d	Jern kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Kadmium kg/d
25.06.95	6.0	27	3.2	0.8	2.1	0.005
25.07.95	5.1	25	2.7	0.7	1.9	0.004
26.08.95	11.3	64	6.3	2.0	5.8	0.013
20.09.95	2.5	18	1.9	0.6	1.6	0.003
Middel	6.2	33	3.5	1.0	2.9	0.006

Antall døgn i måleperioden: 87

I tabell 14 er samlet årlige transportverdier i overflatevann for henholdsvis gruvevann, bekk fra tjern og sig fra velter for de perioder det til nå finnes data fra. Verdiene fra 1978/79 er endret noe i forhold til verdiene som ble rapportert i 1980. Det skyldes at middelverdiene nå er beregnet tidsveiet, mens de tidligere er beregnet som aritmetiske middelverdier uten hensyn til prøvetakingsfrekvens. Forskjellene er ikke så store at de betyr noe for konklusjonene som kan trekkes.

Tabell 14. Årlige transportverdier for de tre målepunktene i Christianus Sextus gruveområde

Kilde	Periode	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
Gruvevann	1978/79	15.9	0.7	0.4	1.6	2.7
	1990 ¹	8.2	0.6	0.3	1.2	2.5
	1994/95	10.7	0.5	0.3	0.9	1.8
Utløp tjern	1978/79	34.6	0.4	1.0	2.7	5.9
	1994/95	40.2	1.0	1.0	2.8	5.7
Avrenning fra østre velte ²	1978/79	7.0	0.5	0.3	0.8	2.8
	1994/95	12.2	1.3	0.4	1.0	2.3

¹ Bare en måling. ² Måleseriene er ikke direkte sammenliknbare

Datagrunnlaget for transportverdiene i tabell 14 er ikke tilstrekkelig til å vurdere en utviklingstrend, og for de fleste komponentene er variasjonene små.

Målepunktet "Avrenning fra østre velte" representerer avrenningen fra bare en del av gruveavfallet. Ut fra veltens utstrekning og terrengets form er denne verdien anslått til å være halvparten eller mindre, av den totale avrenningen (Arnesen og Iversen 1994).

Det er bare en del av veltene i området som drenerer til tjernet. Hovedmengden av forurensningene fra veltene transporteres i grunnvannet. Grunnvannsundersøkelsen fra 1990 (Skirstad) konkluderer med at

sinktransporten i grunnvannet er ca. 20 % av den som er beregnet for bekken fra tjernet, mens koppertransporten er ca. 30 %.

Transportverdier for forurensninger ved utløp av Orvsjøen ble anslått ut fra målingene i 1992/93 (Arnesen og Iversen 1994). Sammen med transportverdiene for kildene rundt Orvsjøen er disse verdiene er samlet i tabell 15. Tilførslene fra Kongens-området er beregnet på grunnlag av et lite antall analyseresultater som foreligger fra Hjulhusbekken der den krysser veien langs Orvsjøen. Vannføringen er ved beregningen satt til 10 l/s.

Usikkerheten i tallene i tabellen er meget stor. Det foregår en betydelig nøytralisasjon av surt gruvevann i nedbørfeltet og i Orvsjøen, slik at det foregår en utfelling og sedimentering av metallhydroksider. Dette bekreftes også av sedimentanalyser fra innsjøen (Arnesen og Iversen 1994). Det vil særlig være jern og i noen grad kopper som felles ut, mens sink er mer løselig under slike forhold. Ut fra dette er summen av tilførslene fra Kongens- og Sextus-området i tilfredsstillende overensstemmelse med tilsvarende transport ut av Orvsjøene.

Tabell 15. Transportverdier fra Sextus-området til Orvsjøen. Anslått på grunnlag av resultatene fra alle måleserier.
Sum avrenning fra alle velter er anslått til ca. dobbelt av målt avrenning fra velte.

Kilde	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
Gruvevann	13	0.6	0.3	1	2
Omr. ved taubanestasj. forøvrig	22	0.5	0.7	1.8	4
Avr. fra velter, inkl. grunnvann (ansl.)	20	1	1	2	4
Sum Sextus	55	2.1	2	4.8	10
Tilførsel fra Kongens	20	-	0.4	0.5	-
Målt utl. fra Orvsjøen	111	1.8	1.5	6.5	-

Uten å gå inn på detaljer i det tidligere materialet om Orvsjøen kan det nevnes at avgangen som tidligere er deponert i innsjøen kan bidra med sinktilførsler i noen tid fremover, selv om tilførslene til sjøen stanses. Denne utlekkingen av metaller fra avgang under vann avtar med tiden, og vil i løpet av 20 - 30 år være betydelig redusert. Analyseresultatene fra Orvsjøen tyder på at tilskuddet fra sedimentet i dag er lite i forhold til det som kommer fra andre kilder.

For å få tilbake fisken i Orvsjøen tyder praktiske erfaringer fra områder med lignende vannkvalitet på at konsentrasjonen av kopper i middel ikke bør overskride 20 µg Cu/l, og helst ikke være mer enn 15 µg/l (Grande 1991).

Hvis vi tar utgangspunkt i en konsentrasjon på 15 µg/l betyr det at den midlere tilførsel til Orvsjøen må reduseres til 118 kg kopper pr. år, d.v.s. med mer enn 95 %, for å få fisk i Orvsjøen. Et tiltak med en slik effektivitet er meget krevende og forlanger at det gjennomføres vidtgående tiltak mot alle registrerte forurensningskilder i Orvsjøens nedbørfelt.

Det er antakelig forholdsvis enkelt å avskjære hovedmengden av forurensning som i dag går til Hjulhusbekken fra Kongens-området, men det vil redusere koppertilførsene med mindre enn 20 %. Eventuelle tiltak må omfatte både gruvevann og veltet og må ha en meget høy virkningsgrad.

7. Konklusjoner

Tidligere arbeid og denne undersøkelsen av avrenningen fra området rundt Christianus Sextus gruve har gitt følgende resultater:

1. Det er meget vanskelig å angi årlig forurensningstransport fra de aktuelle delene av området ved Christianus Sextus gruve ut fra de undersøkelsene som til nå er gjennomført. Resultatene er beheftet med stor usikkerhet av følgende årsaker:
 - Det er vanskelig å finne gode målepunkter for vannføring.
 - Snø- og værforhold gjør det vanskelig å ta prøver vinterstid.
 - En betydelig del av forurensningstransporten foregår antakelig i grunnen.
2. Undersøkelsene i 1994/95 ble basert på data fra tre målesteder for vann- kvalitet og -mengde. Konsentrasjonen av kopper og sink ved de tre stasjonene varierte i området fra ca. 2 mg kopper og 15 mg sink pr. liter til henholdsvis ca. 150 og mer enn 400 mg pr. liter.
3. Totaltransport av kopper og sink fra området er på grunnlag av alle eksisterende data, beregnet til henholdsvis 2 og 4.8 tonn/år. Av dette utgjør transporten i gruvevannet bare 15 - 20 %, mens resten er diffus avrenning fra velter og annet gruveavfall.
4. Avrenningen fra Sextus-området utgjør antakelig 80 - 90 % av total belastning av kopper og sink på Orvsjøen. Tungmetalltilførslene til denne sjøen gir kopper- og sink-konsentrasjoner på henholdsvis 150 - 200 og 300 - 900 µg/l.
5. Tiltak som tar sikte på å restaurere Orvsjøen slik at den blir fiskeførende, må være svært omfattende. For å oppnå en tilstrekkelig lav kopperkonsentrasjon (ca. 15 µg Cu/l), må tiltakene alt i alt redusere tilførslene med ca. 95%. D.v.s. at innsatsen må rettes både mot Sextus-området og mot tilførslene fra Kongens/Arvedalens gruve. De høye transporttallene og spesielle verneinteresser i området gjør det vanskelig å foreslå konkrete tiltak. Det finnes flere muligheter, men for at tiltak skal ha en hensikt må de være særlig effektive, og det er viktig at de planlegges og gjennomføres meget omhyggelig.

8. Referanser

Arnesen, R.T. og Grande, M. 1973

A/S Røros Kobberverk. En undersøkelse i Orvsjøen 1973.

NIVA-rapport 73101, Oktober 1973.

Arnesen, R.T. og Tjomsland, T. 1980

Røros Kobberverk, Vannforurensning fra gruver.

NIVA-rapport 78050, Serienr.: 1206,

Juni 1980.

Arnesen, R.T. 1989

Vannforurensning fra Nordgruvefeltet, Røros.

NIVA-rapport 87043, Serienr.: 2207, Februar 1989.

Arnesen, R.T. Iversen, E.R. Hals, B. og Lundgren, T. 1990

Vannforurensning i Nordgruvefeltet - Røros. Arbeidet i 1989

NIVA-rapport O-87043, L.nr.: 2413

Arnesen, R.T., Iversen, E.R. og Hals, B. 1991

Vannforurensning i Nordgruvefeltet - Røros, Arbeidet 1990

NIVA-rapport O-87043, L.nr.: 2602, 40 sider

Arnesen, R.T. og Iversen, E.R. 1994

Virksomheter av øket tilførsel av gruvevann til Orvsjøen,

Nordgruvefeltet, Røros.

NIVA-rapport O-94917/O-93126/O-92123, L.nr.: 3130, 33 sider

Arnesen, R.T. og Iversen, E.R. 1995

Transport av tungmetaller fra norske kisgruver

NIVA-rapport O-94021, L.nr.: 3294, 164 sider

Bos, M.G. 1989

Discharge measurement structures,

International Institute for Land Reclamation and Improvement,

Wageningen 1989.

Gjestland, T. 1996

Nordgruvefeltet ved Røros - Falkbergets rike

Bergstudentenes Forening, Olavsgruvas venner

Trondheim, mars 1996.

Grande, M. 1991

Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger

NIVA-rapport O-89103, Serienr.: 2562, Mars 1991.

Hovde, L.R. 1990

Løsmassedekket betydning for avrenningen fra gruver, bergvelter

og avgangsdeponi ved Kongens gruve, Røros. Hovedoppgave i

faget Ingeniørgeologi, Bergavdelingen, NTH 1990.

ISO 1984

Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes - Triangular profile weirs, ISO-standard 4360, Second edition - 1984-12-15.

Iversen, E.R. og Johannessen, M. 1985

Undersøkelse av avgangsdeponier i Rørosområdet, Orvsjøen og Djupsjøen.

NIVA-Rapport O-84077, Serienr.: 1704, Februar 1985.

Lingsten, L. 1982

Glåma i Hedmark. Delrapport 1978-80. Vannkjemi og planteplankton.

NIVA-rapport O-78045, Serienr.: 1436, Juni 1982.

Skirstad, R. 1990

Løsmassedekkets betydning for avrenningen fra gruver og bergvelter ved Christianus Sextus gruve, Røros.

Hovedoppgave i faget Ingeniørgeologi, Bergavdelingen, NTH 1990.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3562-96

ISBN 82-577-3112-9