



O-87043

Vannforurensning i
Nordgruvefeltet - Røros

Arbeidet 1990

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.:

0-87043

Undernummer:

Løpenummer:

2602

Begrenset distribusjon:

Reportens tittel: VANNFORURENSNING I NORDGRUVEFELTET – RØROS Arbeidet 1990	Dato: 6. mai 1991
Forfatter (e): Rolf Tore Arnesen	Prosjektnummer: 0-87043
	Faggruppe: MILTEK
	Geografisk område: Sør-Trøndelag
	Antall sider (inkl. bilag): 40

Oppdragsgiver: Bergvesenet	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
-----------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Kartlegging av forurensning i Nordgruvefeltet har pågått siden 1978. Undersøkelsen var i 1990 konsentrert om veltene ved Kongens/Arvedalens gruve, der det er utført analyse av vannprøver og fast avfall. Fra veltene og gruva går årlig ca. 3 tonn kopper og 5-6 tonn sink til Orva.

Også i Christianus Sextus-området er det gjort undersøkelser i 1990. Her har forurensningstransporten endret seg lite siden 1978, og Orvjøen tilføres ca. 1,7 tonn kopper og 4,1 tonn sink fra dette området. For å få fisk i Orvsjøen kreves en reduksjon i koppertransporten på vel 90 %.

Arbeidet i 1990 har hovedsakelig vært rettet mot overflatevann og fast avfall, men i samarbeid med Bergavdelingen, NTH er treansporten i grunnvannet også vurdert.

4 emneord, norske:

1. Gruver
2. Tungmetaller
3. Forurensningstransport
4. Sør-Trøndelag

4 emneord, engelske:

1. Mines
2. Heavy metals
3. Transport of pollutants
4. Sør-Trøndelag, Norway

Prosjektleder:


Rolf Tore Arnesen

For administrasjonen:


Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1906-4

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

O-87043

Vannforurensning i Nordgruvefeltet - Røros

Arbeidet 1990

Oslo, 6. mai 1991

Prosjektleder: Rolf Tore Arnesen

Medarbeidere:

Brynjar Hals

Eigil R. Iversen

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
0. SAMMENDRAG	3
1. BAKGRUNN	4
2. METODER	5
2.1 Vannprøver	5
2.2 Fast stoff	6
2.3 Transportberegninger	7
2.4 Grunnvannsundersøkelser	7
3. OMRÅDET VED KONGENS/ARVEDALEN	8
3.1 Overflatevann	8
3.2 Grunnvann	15
3.3 Materialtransport	16
3.4 Analyse av fast avfall	19
4. OMRÅDET VED CHRISTIANUS SEXTUS	27
4.1 Vannkvalitet - overflatevann	27
4.2 Grunnvann	31
4.3 Forurensningstransport	32
5. ORVSJØEN	34
5.1 Generelt	34
5.2 Tungmetallforurensning i Orvsjøen	35
6. KONKLUSJON	39
6.1 Kongens/Arvedalens gruve	39
6.2 Christianus Sextus	39
6.3 Orvsjøen	40
REFERANSER	40

0. SAMMENDRAG

Arbeidet med å kartlegge vannforurensningene i Nordgruvefeltet ved Røros har pågått siden 1978.

Undersøkelsene i 1990 var spesielt konsentrert om veltene ved Kongens/Arvedalens gruve, men måleprogrammet for beskrivelsen av metalltransport i avrenningen fra området fortsatte også. 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 gruve ble det opprettet et målepunkt for vannmengdemåling, og det ble gjennomført et måleprogram i månedene september/oktober for beregning av materialtransport. Også i Sextus-området ble det utført undersøkelser for å anslå transport i grunnvannet.

Resultatene fra hele Nordgruvefeltet viste at forurensningstransporten i overflatevannet har endret seg lite ved de fleste målepunktene siden målingene startet. Ved utløpet av dammen ved Kongens gruve, er imidlertid transporten gått ned siden målingene startet, og er antakelig mer enn halvert siden 1978. Koppermengden som kommer herifra er etter hvert blitt en relativt liten andel av den totale tilførslen til Orva.

Total forurensningstilførsel fra Kongensområdet til Orva er anslått til ca. 150 tonn sulfat, 3 tonn kopper og ca. 10 tonn sink årlig. Det meste kopperet kommer fra gruve og velter, mens 30 - 50 % av sinken kommer fra avgangsdammen. Grunnvannstransporten er usikker, og det må derfor regnes betydelige marginer på disse tallene.

Fra Sextusområdet er forurensningstransporten lite endret siden 1978. Orvsjøen mottar herifra ca. 30 tonn sulfat, 1,3 tonn kopper og 3,6 tonn sink pr år. Grunnvannets bidrag i denne sammenheng er noe under 40 % for kopper og ca. 70 % for sink.

For å få fisk tilbake i Orvsjøen, må den samlede forurensningstilførslen til innsjøen reduseres med ca. 90 %. Dersom det gjennomføres tiltak som tar sikte på dette, må det stilles meget høye krav til de tekniske løsninger. Mulige tiltak er omtalt i NIVAs rapport for 1989 (Arnesen 1990).

1. BAKGRUNN

NIVA har i mange år drevet undersøkelser i Nordgruveområdet ved Røros. I 1978/79 foregikk en mer systematisk kvantifisering av forurensningstransporten fra de største gruveområdene rundt Røros. 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. 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 beskjeden. De tidligere undersøkelsene i området er nærmere beskrevet i rapporten fra 1989 (Arnesen 1990)

For å få en bedre beskrivelse av de øvrige forurensningskildene i området ble det etter avtale med Bergvesenet utarbeidet et undersøkelsesprogram for Nordgruvefeltet sommeren 1990. Programmet som er datert 12.07.90, omfatter følgende oppgaver:

1. Kartlegging av mengde og sammensetning av avfall ved Kongens/Arvedalens gruve.
2. Anslå transport av forurensninger i grunnvann fra velter ved Sextus gruve.
3. Anslå transport av forurensninger i gruvevann fra Sextus gruve.
4. Utrede krav til effektivitet av tiltak ved Sextus gruve for å gjøre Orvsjøen fiskeførende.

I arbeidet som er utført i 1990 er dette programmet stort sett fulgt. I stedet for å forsøke å anslå avfallsmengdene på grunnlag av kart og målinger NIVA har gjort i felt, vil vi i samarbeid med Bloms oppmåling prøve å beregne volumene ut fra eksisterende flybilder. Resultatene av dette arbeidet rapporteres separat.

I tillegg til de arbeidsoppgavene som er nevnt har vi fortsatt innsamling av vannprøver i området ved Kongens/Arvedalens gruve for å bedre datagrunnlaget for beregning av transportverdier. Det også gjort en vurdering av forurensningstransporten i grunnvannet ved Kongens gruve.

Grunnvannsundersøkelsene er utført i samarbeid med Bergavdelingen, Institutt for geologi og bergteknikk ved NTH. Arbeidet i Sextus-området er utført som diplomarbeid av Stud. techn. Randi Skirstad, mens de tilsvarende undersøkelsene i Kongensområdet er utført av Stud. techn. Lars Hovde. Veileder for arbeidet var førsteamanuensis Torleiv Moseid.

Siden NIVA i 1988 stilte sammen det datamaterialet som til da fantes fra Nordgruvefeltet (Arnesen 1989), har vi utvidet og komplettert beskrivelsen av dette området. I rapporten om arbeidet i 1989 (Arnesen 1990) ble data som var samlet inn det året presentert. Bare data som ikke er rapportert tidligere i de omtalte rapportene, er tatt med i den foreliggende rapporten. Det gjelder data som er samlet inn i 1990, og fra Christianus Sextus-området er data fra 1978/79 også tatt med i årets rapport.

I omtalen av resultatene fra arbeidet (kapittel 3 og 4), er området ved Kongens/Arvedalens gruve og området ved Christianus Sextus omtalt hver for seg. Dessuten er den samlede påvirkningen av Orvsjøen/Orva behandlet for seg.

2. METODER

2.1 Vannprøver

I 1990 ble vannprøver samlet inn på samme måten som i 1989, ved faste målesteder der vannføringen er målt samtidig med prøvetakingen. Bortsett fra de prøvene NIVA har tatt ved befaringene 20. mars, 30. - 31. august og 19. september, er alle vannprøvene tatt av Åse Berg, RADIOS.

Vannprøvene fra Orva, som har relativt lavt innhold av metaller, er analysert av NIVA. Ellers er alle metallanalysene utført med atomabsorpsjonsinstrument med flamme ved CS-Kjemi i Oslo. De forholdsvis få sulfatanalysene som er gjort i 1990 er utført gravimetrisk samme sted.

pH og konduktivitet er dels målt i felt ved befaringene, dels på NIVA umiddelbart etter

mottak av prøvene.

2.2 Fast stoff

Prøver for bestemmelse av sammensetning av avfallet i veltene ved Kongens gruve er tatt av NIVA. 30. august ble det tatt prøver fra 11 punkter med spade og spadbor. 20. september ble det tatt prøver fra 15 punkter med gravemaskin. Gravemaskinarbeidet ble utført av Evavold Maskin A/S, Røros.

Alle prøvepunktene er avmerket på kartet i figur 1.

Prøvene ble analysert både på vannløselige forbindelser og på totalt innhold av svovel og metaller.

Prøvene som var tatt manuelt ble behandlet slik:

Bestemmelse av vannløselige forbindelser:

250 g prøve ble tilsatt 500 ml destillert vann og tromlet 5 minutter i porselensmølle. Vannfasen ble helt av, filtrert og sendt til CS-kjemi for analyse.

Totaloppløsning med Lunges væske:

Resten av prøven ble sendt til Norges geotekniske institutt (NGI), der den ble knust og malt til en kornfordeling $7\% < 1$ mm. Etter ytterligere nedmaling i agatmorter på NIVA, ble prøven oppløst med konsentrert HNO_3 : HCl (1:3). Denne oppløsningen antas å være tilnærmet kvantitativ for svovel og metaller bundet til svovel og for sekundært utfelte oksyder og hydroksyder. Tørrstoffinnholdet ble bestemt ved tørking ved 105°C .

Ekstraktene etter syrebehandlingen ble analysert på metaller med atomabsorpsjon (flamme) ved CS-kjemi. Svovel ble bestemt direkte i fast fase på NIVA med Carlo-Erba Element Analysator Modell 1106.

Prøvene som var tatt med gravemaskin, var fra hvert sted fordelt på 2 stk. 10 liters plastbøtter. Representativitet ble forsøkt ivarettatt etter skjønn på stedet.

Den ene bøtta ble sendt til (NGI), og siden behandlet som beskrevet ovenfor.

Innholdet i den andre delprøven ble tilsatt vann. Lokket ble satt på, og bøtta ble rullet på golvet i ca. 2 minutter. Vannfasen ble tatt ut, sentrifugert og analysert på pH, konduktivitet, kopper og sink. Resultatene er oppgitt i prosent av opprinnelig prøve (ikke tørrvekt).

Metallanalysene ble utført av CS-Kjemi, mens svovelanalysene forgikk på NIVA.

2.3 Transportberegninger

Forurensningstransport er produktet av vannføring og konsentrasjon ved et gitt tidspunkt. Forurensningstransport i et tidsrom er summen av øyeblikksverdiene av transport gjennom dette tidsrommet. Ideelt sett kreves kontinuerlig måling av vannføring og konsentrasjon for å få en pålitelig transportverdi. Når det bare foreligger enkeltmålinger, som ved undersøkelsene i Nordgruvefeltet, kan transportverdiene anslås på ulike måter. Mest vanlig er middelveidier av døgnverdier der enkeltmålingene antas å gjelde ett døgn. Middelveidien kan igjen beregnes på ulike måter, ved at alle dager teller like mye, eller ved å la verdiene få vekt etter det tidsrom de representerer (tidsveide middelveidier). Dette siste gir antakelig mest pålitelige verdier, spesielt når intervallet mellom prøvetakingene varierer sterkt.

Transportberegningen i den foreliggende rapporten er utført etter begge metodene. Forskjellene mellom resultatene ble så små at det ikke hadde betydning for bruken av resultatene. I tidligere rapporter er det brukt vanlige middelveidier. Av hensyn til sammenliknbarheten er det derfor brukt vanlige middelveidier i denne rapporten også.

Transportverdiene er i alle tabellene angitt i tonn eller kilo pr. år. I tidligere rapporter er det både brukt tonn/år og kg/døgn ved angivelse av transportverdier. I denne rapporten er det valgt å konsekvent bruke tonn/år og kg/år. Disse verdiene er midlere døgntransport over året, multiplisert med antall dager i året.

Hensikten er å forenkle sammenlikningen med data fra tidligere år og fra andre gruver.

2.4 Grunnvannsundersøkelser

Grunnvannsundersøkelser er i sin helhet utført som hovedoppgaver ved Norges Tekniske Høgskole, Bergavdelingen. Metodene som ble benyttet er beskrevet i hovedoppgavene, som NIVA har trykket i et lite opplag (Skirstad 1990), (Hovde 1990).

Det må nevnes at undersøkelser av materialtransport i grunnvann som regel er betydelig mer ressurskrevende enn tilsvarende undersøkelser i overflatevann. Grunnvannets bevegelser foregår i tre dimensjoner, og både bevegelseshastighet og vannkvalitet er avhengig av lokale geologiske forhold som bl.a. løsmassenes permeabilitet og kjemiske egenskaper.

Konklusjoner som er gjort i de to hovedoppgavene er ikke nærmere etterprøvet av NIVA, men resultatene er i rimelig overensstemmelse med erfaringer fra lignende områder.

3. OMRÅDET VED KONGENS/ARVEDALEN

3.1. Overflatevann

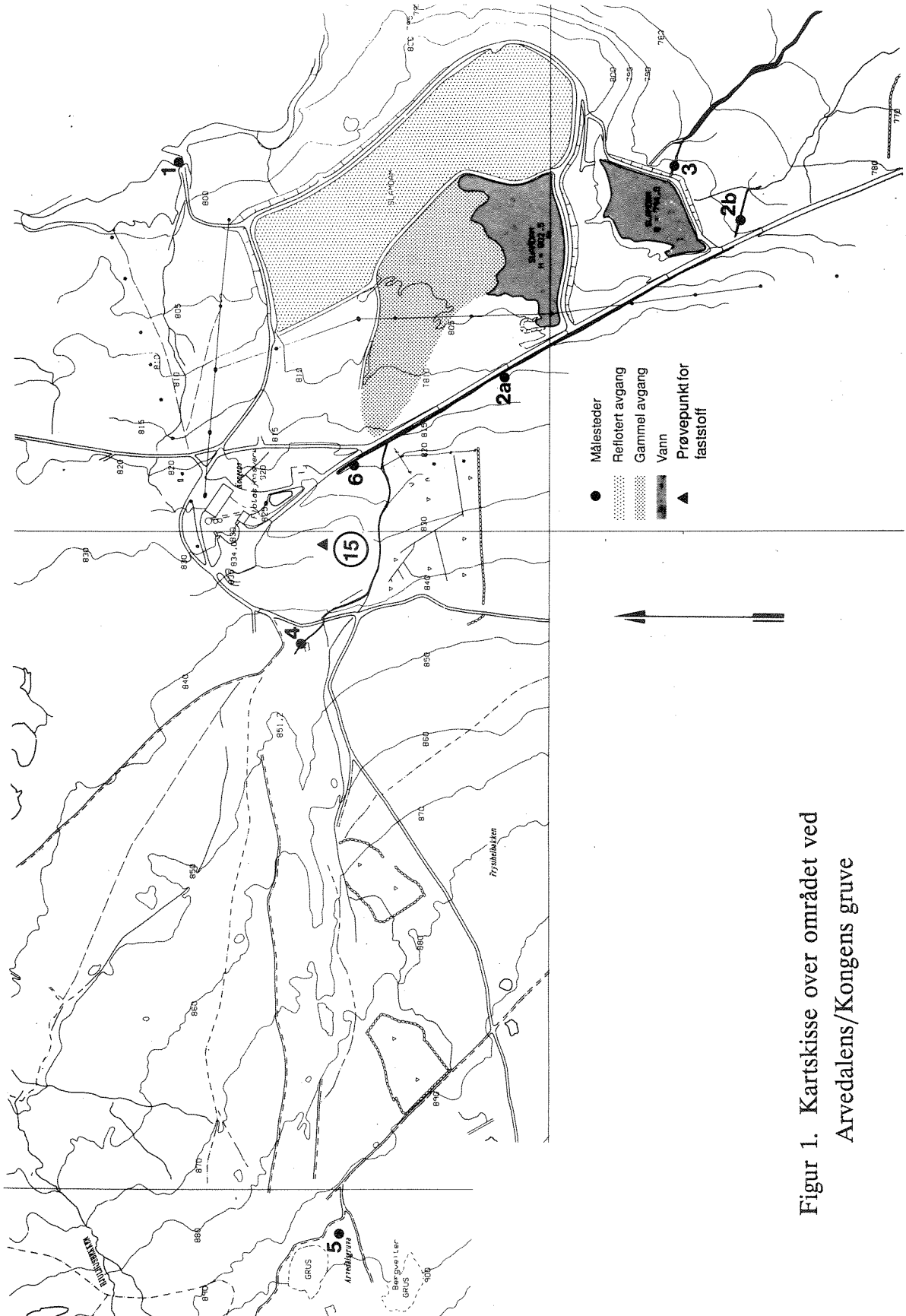
De tre målestedene der vannprøver er tatt og vannføringen er målt er markert på kartet i figur 1. Analyseresultatene fra disse stasjonene er samlet i tabellene 1 - 3.

Hensikten med prøvetakingen i 1990 var å få vannprøver tatt over en lengre periode, først og fremst for å få bedre grunnlag for beregning av materialtransport i delstrømmene i nedbørfeltet. Det kan likevel være av interesse å sammenlikne vannkvaliteten ved målepunktene med tilsvarende data fra tidligere år. Sammenlikningen er gjort subjektivt. En mer kvantitativ vurdering krever bruk av statistiske metoder.

I overløpet ved nedre dam i avgangsdeponiet (Tabell 2), viser datamateriale at konsentrasjonen av kopper og sink stort sett har vært lavere i 1990 enn i perioden fra 1978 - 1988.

For gruvevann fra Arvedalen/Kongens gruve (Tabell 3) og målepunktet i veigrøfta nedenfor flotasjonsverket (Tabell 1) er det lite data fra tidligere. Det er imidlertid ikke tegn til noen avtakende tendens i løpet av den tiden det finnes data.

Det er tatt enkeltprøver fra to andre punkter i området. Disse prøvestedene er også avmerket i figur 1, og resultatene er samlet i tabell 4.



Figur 1. Kartskisse over området ved Arvedalens/Kongens gruve

Tabell 1. Analysereultater for vann fra bekk i veigrøft ved Kongens gruve. (Pkt. 2a og 2b)

Dato	pH	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kad- mium µg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Vannf. l/s
02.05.90	2,72	350	80,0		10,1	16,6	
09.05.90	2,89	242	47,7	19	6,6	10,3	
16.05.90	2,76	415	73,7	38	11,0	17,0	
23.05.90	2,79	433	73,6	39	10,7	17,6	
31.08.90 ³	2,70	819	113,0	63	15,4	32,6	3,7
19.09.90	3,01		29,1	15	4,4	8,0	34,9
26.09.90	2,60		113,0	70	15,7	29,8	8 ¹
03.10.90	2,71		103,0	60	14,6	28,1	5,7
10.10.90	2,74		105,0	51	13,6	26,4	6,4
17.10.90	2,80						5,0
25.10.90	2,75		146,0	83	18,7	37,9	3,7
31.10.90	2,69		131,0	81	18,4	37,2	1,90 ²

¹ Måledam ikke tett, anslått verdi.

² Måledam islagt.

³ Målested flyttet til pkt. 2b

Tabell 2. Analyseresultater - Nordgruvefeltet, Røros
Utløp nedre dam ved Kongens (Pkt. 3)

Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kad- mium µg/l	Kop- per mg/l	Sink mg/l	Vanf. l/s
25.04.90	2,76		650	126		2,1	20,0	1,3
02.05.90	2,88	114	430	78		6,4	25,0	9,9
09.05.90	2,75		617	127	26	4,6	26,1	3,1
16.05.90	2,68		907	154	40	5,3	37,1	0,6
23.05.90	2,73		989	162	39	5,1	39,5	0,2
30.05.90	2,71		1052	159		5,6	43,4	0,5
31.08.90	2,64	202	1273	167	29	2,9	35,7	2,2
19.09.90	2,73	217		207	35	3,9	42,6	10,2
26.09.90	2,54	256		147	35	3,7	39,9	2,5
03.10.90	2,67	222		194	40	4,2	40,9	2,1
10.10.90	2,68	212		191	28	3,9	40,0	1,6
17.10.90	2,75	209						2,0
24.10.90	2,71	232		233	39	4,0	44,7	1,2
31.10.90	2,65	217		169	34	3,7	33,4	1,6

Tabell 3. Analyseresultater for gruvevann fra Kongens/Arvedalen gruve (Pkt. 4)

Dato	pH	Kond mS/m	Sul- fat mg/l	Jern mg/l	Kad- mium µg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Vannf. l/s
20.03.90	2,76			229	75	11,1	48	
25.04.90	2,63		1200	222		16,4	45,4	8,5
02.05.90	2,73	112,9	340	56		9,1	15,0	104
09.05.90	2,62		690	127	56	18,5	28,3	13,0
16.05.90	2,67		746	136	64	19,8	30,3	10,0
23.05.90	2,69		844	148	69	20,1	32,1	4,0
30.05.90	2,72		711	120	54	18,0	28,0	13,0
31.08.90	2,71	158,1	791	109	58	12,2	29,0	3,5
19.09.90	2,78	155,0			51	13,4	28,8	11,1
26.09.90	2,60	188,0		73,4	57	12,8	25,8	3,9
03.10.90	2,70	178,3		102	63	14,7	30,0	2,9
10.10.90	2,70	170,3		117	54	14,1	30,2	2,4
17.10.90	2,77	168,3						3,5
24.10.90	2,74	181,6		130	69	15,3	33,5	2,2
31.10.90	2,67	189,0		123	67	14,8	32,5	1,6

Tabell 4. Analyseresultater - Nordgruvefeltet, Røros

5. Bekk mellom veltene i øvre (vestlige) område

6. Sig i veigrøft ovenfor flotasjonsverk

Prøve- sted	Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kad- mium µg/l	Kop- per mg/l	Sink mg/l
5.	30.09.90	2,82	105	362	26,2	25	5,9	15,3
6.	31.08.90	2,36	559	3348	1056	54	139	27,1

Prøve 5 i tabell 4 er tatt ovenfor gruveåpningene. Vannet renner litt lengre nede inn i gruva og kommer antakelig ut ved prøvepunkt 4.

Bare en enkelt prøve gir ikke tilstrekkelig bakgrunn til å vurdere den forurensningsmessige betydningen av disse delstrømmene. Resultatene kan imidlertid brukes for å vurdere kilder for de ulike forurensningskomponentene. For den biologiske virkningen av tungmetallene fra det aktuelle området antas det at kopper i mange sammenhenger er viktigst. Derfor er det spesielt viktig å lokalisere de kilder som gir avrenning med høy konsentrasjon av kopper.

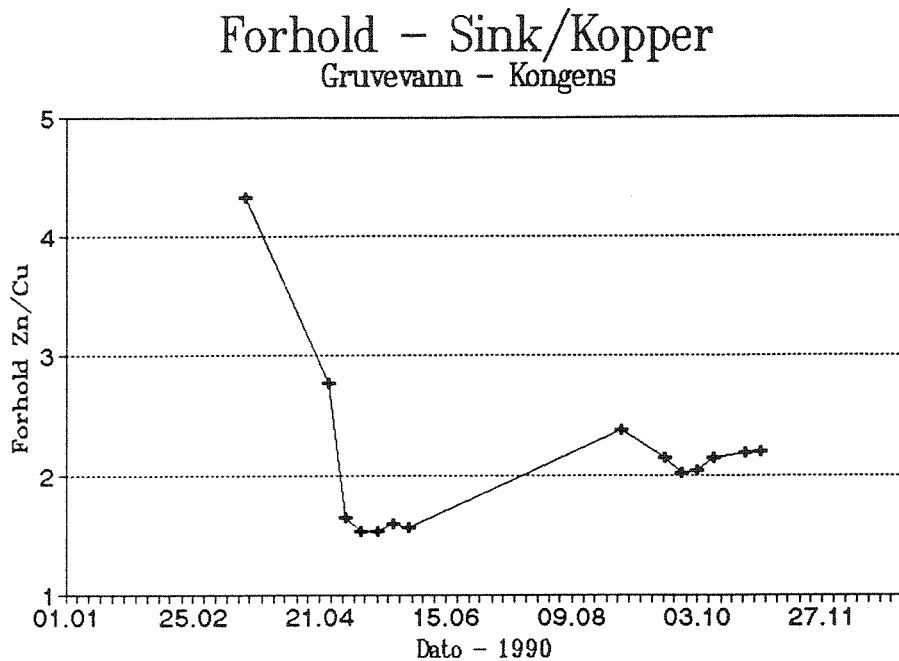
I tabell 5 er gjennomsnittlig forhold mellom kopper og sink ved de ulike målestedene angitt.

Det fremgår tydelig av tabellen at avløpsvannet fra nedre dam inneholder først og fremst sink, noe som også ble fastslått i fjorårets rapport.

Det relativt sett mest kopperholdige vannet er uten tvil siget i veigrøfta ved oppredningsverket. Vannføringen var her svært liten, det er umulig å angi noe transporttall. Vannet i denne bekken er betydelig mer forurenset enn gruvevannet ved pkt. 4. Selv om vannføringen var svært liten, er det kilder i denne delen av nedbørfeltet som kan ha betydning.

Tabell 5. Forhold mellom sink og kopper (mg/l) ved de ulike målestedene
Plassering av de enkelte målepunktene er vist på figur 1

Prøve- sted	Betegnelse	Forhold Sink/Kopper
2	Veigrøft	1,9
3	Nedre dam	8,5
4	Gruvevann	2,1
5	Bekk, Arvedalen	2,6
6	Sig, Kongens	0,2



Figur 2. Forhold mellom sink- og kopper-konsentrasjon i gruvevann fra Kongens gruve våren 1990.

Forholdet mellom kopper og sink i avrenningen fra et område kan variere mye i løpet av et år. Figur 2 viser som eksempel, forholdet sink/kopper i 1990 i gruvevann fra Kongens gruve. Figuren viser at kopperinnholdet relativt til sink er høyest om våren. Undersøkelser som ikke omfatter prøvetaking i denne perioden kan derfor gi feil med hensyn til den innbyrdes betydning av forurensningskildene i et område.

Også fra gruvevannet fra Lergruvebakken ble det tatt en vannprøve i 1990. Resultatene finnes i tabell 6.

Tabell 6. Analyseresultater for gruvevann fra Lergruvebakken

Dato	pH	Kond. mS/m	Jern $\mu\text{g/l}$	Kopper $\mu\text{g/l}$	Sink mg/l
31.08.90	7,23	30,1	83	< 20	1,80

I tiden siden den første prøven ble tatt herfra, har jern- og sinkkonsentrasjonen avtatt. Dette antar vi skyldes at gruva er blitt vannfylt, og at dette har ført til at oksidasjonen av kis i gruva har stoppet opp etter hvert som den er blitt dekket av vann.

3.2 Grunnvann

I denne rapporten gis det bare en kort omtale av resultatene av grunnvannsundersøkelsene i området ved Kongens gruve. For nærmere detaljer henvises til den tidligere omtalte hovedoppgaven (Hovde 1990).

Kapittel "7.4 Transportberegninger" i Hovdes arbeid gir en oversikt over forurensningsmengden som transporteres med grunnvannet i de ulike deler av Kongens/Arvedalenområdet.

Beregningene tar utgangspunkt i å angi hvor mye vann som transporteres ut av de enkelte delområdene som grunnvann. Beregningene angir hvor mye grunnvann som passerer et gitt tverrsnitt gjennom løsmassene. Dette vannet kan på grunn av topografi e.l. komme opp til overflaten senere og bli transportert videre som overflatevann.

Hovdes beregninger av vannføringene ved NIVAs målestasjoner tyder på at noe vann

transporteres inn og ut gjennom de veiene/dammene som avgrenser avgangsdeponiene.

Grunnvannet som transporterer forurenset vann ut av området med bergvelter (vest for veien forbi flotasjonsverket) utgjør 2 - 20 % av overflatevannet i området. Dette vannet antas å passere under veien nedenfor oppredningsverket, og inn i dammene med avgang.

Dette er også bekreftet av NIVAs feltundersøkelser i 1989, der det ble påvist en sone med jernutfellinger et stykke ned i avgangsdammen i området nærmest oppredningsverket.

For avgangsdeponiet utgjør vannet som ikke transporteres ut med overflatevannet (Målepunkt 3) 30 - 50 % av vannføringen i v-overløpet.

Følgende grunnvannstrømmer gir bidrag til transporten ut av området:

- * Grunnvannet fra det nordøstre hjørnet av dammen med reflatert avgang.
- * Grunnvannet ut ved nedre dam - vann som ikke er registrert ved v-overløp 3.

I sitt arbeid har Hovde ikke gjennomført kjemiske analyser på det grunnvannet som går ut ved nedre dam, men ved beregning av forurensningstransport er verdier fra overflatevann benyttet. Antakelig fører dette til for høye transportverdier, uten at det kan kvantifiseres. Beregning av transportverdier for grunnvann er nærmere omtalt i neste kapittel.

3.3 Materialtransport

Ved alle prøvetakingstedene i Nordgruvefeltet hvor det er tatt prøver regelmessig over noe tid, er det montert V-overløp for måling av vannføring. Dette gjør det mulig å anslå materialtransporten, og derved fastslå hvilke deler av gruveområdet som bidrar med de største tilskudd til forurensningstilførslene til hovedresipientene - Orva og Glomma.

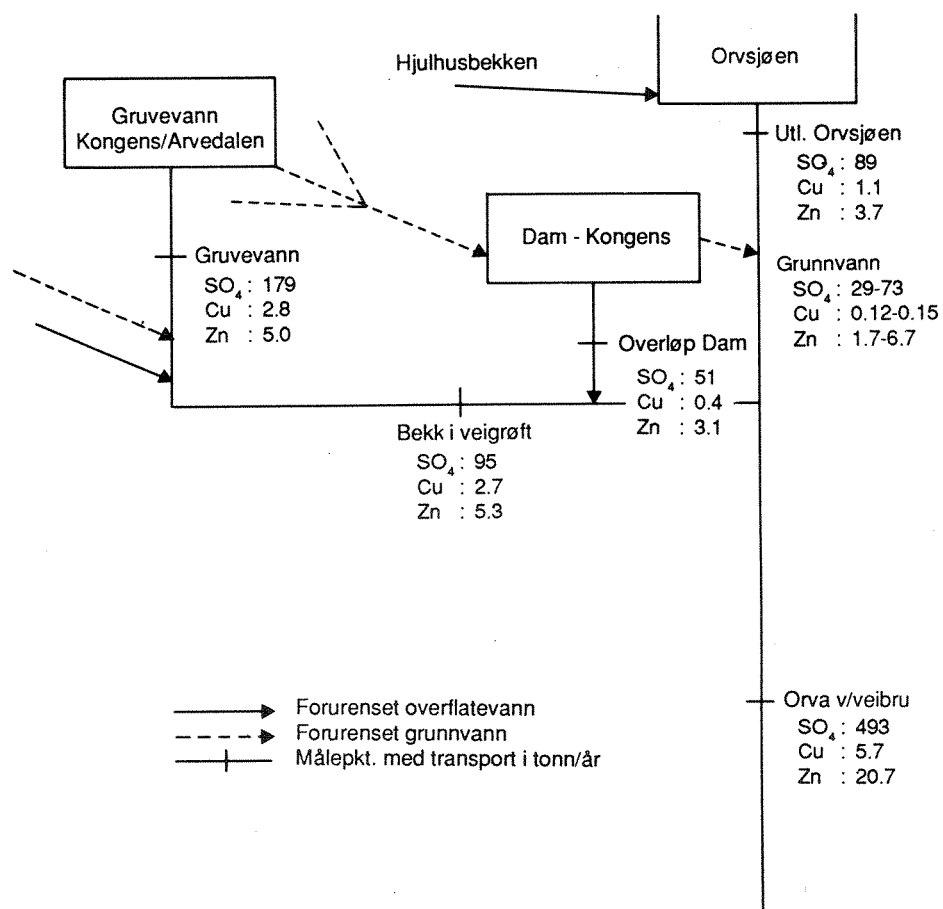
I tabell 7 er de gjennomsnittlige transportverdiene for 1990 samlet. For sulfat er det for flere stasjoner meget få målinger, og verdiene er lite pålitelige. For kopper og sink er målingene i 1990 antakelig det beste grunnlaget til nå for å beregne en midlere årlig transportverdi.

For sammenlikningen er også tilsvarende verdier for tidligere år listet.

Tabell 7. Midlere transportverdier for sulfat kopper og sink ved målepunktene i Kongens-området.

Prøvested	Periode	Sulfat tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
Gruvevann, Kongens	Tidligere	-	-	-
	1989	115	2,1	4,4
	1990	179	2,8	5,0
Veigrøft, Kongens	Tidligere	56	0,7	1,5
	1989	139	3,1	6,3
	1990	95 ¹	2,7	5,3
Nedre Dam, Kongens	Tidligere	118	1,2	6,9
	1989	134	0,5	4,5
	1990	51	0,4	3,1

¹ Bare en måleverdi.



Figur 3. Skjematisk fremstilling av forurensningstransport i Nordgruvefeltet, 1990.
Alle mengdeangivelser i tonn/år

I figur 3 finnes en skjematisk oversikt over forurensningstransporten i området rundt Kongens gruve. Tallene i figuren angir årlige transportverdier. I rapporten fra Nordgruvefeltet fra 1989 (Arnesen 1990), var tallene i den tilsvarende figuren angitt som gjennomsnittlig transport pr. døgn, mens figurteksten feilaktig angir den til tonn/år.

På grunnlag av et datamateriale som er begrenset i tid, har Hovde i sin hovedoppgave anslått forurensningstransporten i grunnvannet i forholdt til transporten i overflatevann. Med forbehold om sesongvariasjoner er transportverdier for området nedenfor oppredningsverket ved Kongens gruve samlet i tabell 8.

Tabell 8. Samlede transportverdier ut av området ved Kongens gruve

Vannstrøm	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
Overflatevann	146		3,1	8,4
Grunnvann	29 - 73		0,12 - 0,15	1,7 - 6,7
Sum	175 - 219		3,2 - 3,3	10 - 15

Disse transportverdiene er i god overensstemmelse med de verdier som tidligere er beregnet for forurensningstransport i Orva ved veibru.

3.4 Analyse av fast avfall

Prøvetaking og metoder for analyse av faste prøver er omtalt i kapittel 2.2, side 6.

Hensikten med slike undersøkelser er å finne frem til de kilder som bidrar mest til forurensningstransporten på kort og lang sikt. Analysemetodene er valgt ut fra dette, idet mengden vannløselige metaller gir et mål for den øyeblikkelige forurensningsfaren som er forbundet med f.eks. en gitt velt. Resultatene av analysene etter syreoppslutning gir et mål for avfallets langsiktige forurensningspotensiale, og kan derved brukes til å forutsi en fremtidig utvikling.

Det er imidlertid begrenset med erfaring både her landet og internasjonalt, med å

overføre kjemiske analyseresultater til kvantitative beregninger av forurensningstransport.

De data NIVA har samlet i Rørosområdet og ved andre gruver kan bli verdifulle for en slik kopling av måleresultater i felt og prognoser for utvikling av forurensningssituasjonen med og uten forskjellige former for tiltak. Et aktuelt hjelpemiddel i denne sammenheng er matematiske simuleringsmodeller bl.a. for kisoksidasjon og hydrologi. Noen slike modeller finnes, men det er behov for å videreutvikle dem og å kalibrere dem med data fra norske gruveområder.

Ved Kongens gruve er tolkningen av datamaterialet vanskelig fordi avfallet flere steder er meget inhomogent og består tildels av forskjellige typer avfall. Det ville vært til stor hjelp i det videre arbeidet med vurdering av avfallet å ha mer detaljert kunnskap om virksomheten som har foregått i området.

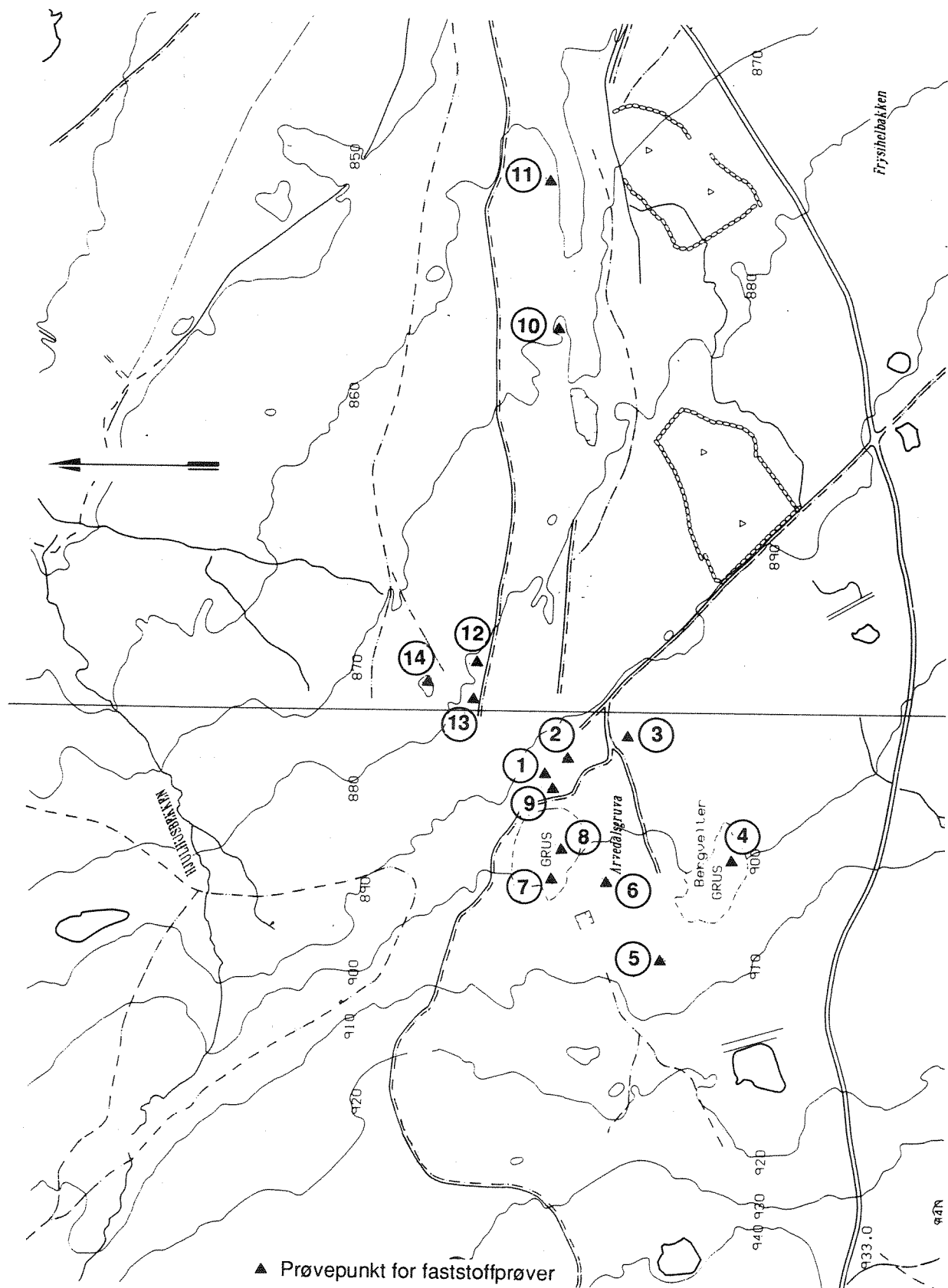
I tabellene 9 og 10 finnes analyseresultatene for de faststoff-prøvene som er undersøkt. Prøvestedene er gitt ved nummer, og finnes avmerket på kartet i figur 4.

Som nevnt ovenfor finnes ingen åpenbar sammenheng mellom analyseresultater for faste prøver og forurensningstransport. Slike resultater kan likevel brukes til å påvise områder som antakelig har høye forurensningspotensialer eller sannsynliggjøre om et avfall bidrar lite til forurensningssituasjonen. Det prøvetatte materialet var imidlertid inhomogent og prøver tatt på omtrent samme sted gir til dels forskjellige resultater slik at tolkingen av resultatene blir vanskelig.

Jern/svovelforholdet i pyritt er 0,87. Ut fra dette inneholder prøvene 4, 8 og 15 jern og svovel i forhold som svarer til lite oksidert pyritt. Prøvene 6, 10, 11 og 12 er etter dette sterkt forvitret.

I bergvelter fra kisgruver vil det foregå flere prosesser samtidig. Kis som får tilstrekkelig luft og fuktighet oksiderer og gir syre og vannløselige metallsulfater. Disse reaksjonsproduktene transporteres nedover i velten med vann. Dersom det finnes materiale som kan nøytralisere det sure vannet felles metallene ut på materialet lengre ned i velten. Særlig jern er tungt løselig, og det foregår en anrikning av jern i forhold til bl.a. svovel i materialet. Prosessen foregår antakelig i en diffus front som beveger seg innover i velten, med en hastighet som er avhengig av tilgang på luft. Slike velter inneholder derfor materiale som har nådd forskjellige stadier i forvittringsprosessen.

På grunn av skiftende driftsforhold i gruva mens veltene ble lagt opp, vil også det opprin-



Figur 4. Prøvesteder for uttak av fast avfall, Kongens/Arvedalens gruve

nelige materialet være inhomogent. Ved en prøvetaking i gamle velter kan man derfor få prøver med svært ulik sammensetning, uten at det kan sies sikkert hva forskjellene skyldes.

Materiale som har høyt innhold av vannløselige metaller mens totalinnholdet er lavt, har et høyt forurensningspotensiale på kort sikt. Om noen år vil slikt avfall være lite forurensende. Tiltak for å redusere forurensning fra disse kildene må først og fremst ta sikte på å redusere tilgangen på vann. Flytting av slikt materiale gir stor risiko for akutt forurensning.

Materiale som både har høyt innhold av vannløselig og høyt totalinnhold av metall, er er antakelig i oksidasjonssonen og vil gi forurensning i lang tid fremover. Tiltak må først og fremst hindre at luft kommer frem til materialet.

Materiale som har høyt totalinnhold av metall mens den vannløselige andelen er lav, er lite oksidert. Dette skyldes vanligvis enten at materialets fysiske og kjemiske egenskaper er slik at det oksiderer lite, eller at materialet er tatt fra et dypere lag av velten der oksidasjonen ikke er kommet i gang på grunn av mangel på luft. Slikt materiale sikres ved å hindre lufttilgang. Selv om materiale av den førstnevnte kategorien ikke gir særlig forurensning i dag, kan det ikke utelukkes at forholdene kan endre seg i fremtiden.

Prøvene fra prøvested 8 har meget høyt totalinnhold av metaller og svovel, mens den vannløselige delen er liten. Det samme gjelder prøvested 9. Prøvene fra 3 og 4 har også stort sett slike egenskaper.

Prøvene fra 5, 6, 11 og 13 derimot, har høyt innhold av vannløselige metaller, mens totalinnholdet er relativt lavt. Jerninnholdet er imidlertid høyt i forhold til det målte svovelet. Dette tyder på at svovelet er vasket ut som sulfat, mens jernet er overført til andre tungtløselige forbindelser (oksid/hydroksid).

De fleste av de øvrige prøvene inneholdt også tungmetaller og svovel, men stort sett i lave konsentrasjoner. Prøve 2.2 har imidlertid det høyeste innholdet av vannløselig kopper av samtlige prøver, uten at det avspeiles i de øvrige analyseresultatene for denne prøven.

Alle massene som er prøvetatt inneholder materiale som kan gi forurensninger. Det er derfor vanskelig å holde noe materiale utenfor ved eventuelle tiltak, men prøvene fra 10, 11 og 12 er lave i totalt svovel og tungmetaller. Også prøvene 1 og 2 er lave i totalt

svovel, men kopperinnholdet er noe høyere.

Tabell 9. Analyseresultater for vannuttrekk av faste prøver fra Arvedalen/
Kongens-området.

Prøve- sted	Dato	Dyp m	pH	Kond. mS/m	Kopper mg Cu/kg	Sink mg Zn/kg	Tørrstoff % TS
1.1	30.08.90	0,5	3,06	49,9	11,1	3,0	92,9
1.2	20.09.90	3	2,76	176,0	14,5	1,8	
2.1	30.08.90	0,5	2,81	93,0	30,2	2,1	92,8
2.2	20.09.90	3	2,62	901,0	118,9	1,1	
3.1	30.08.90	0,5	2,45	197,0	62,4	3,1	86,3
3.2	20.09.90	3	2,31	780,0	29,9	2,1	
4.1	30.08.90	0,3	2,89	67,1	6,5	6,2	95,2
4.2	20.09.90	2	2,81	192,0	7,5	1,5	
4.3	20.09.90	3	3,29	64,1	1,9	3,5	
5.1	30.08.90	0,5	2,43	193,0	24,0	8,1	78,7
5.2	20.09.90	3	2,95	427,0	67,3	26,3	
6.1	30.08.90	0,65	2,33	219,0	30,0	16,2	78,6
6.2	20.09.90	3	2,33	752,0	29,3	26,2	

Tabell 9. (Fortsatt) Analyseresultater for vannuttrekk av faste prøver fra Arvedalen/Kongens-området.

Prøve- sted	Dato	Dyp m	pH	Kond. mS/m	Kopper mg Cu/kg	Sink mg Cu/kg	Tørrstoff % TS
7.1	30.08.90	0,5	3,22	29,9	6,7	0,6	92,0
7.2	20.09.90	3	3,12	112,0	2,2	54,8	
8.1	30.08.90						
8.2	20.09.90	3	3,03	196,0	5,6	18,5	
9.1	30.08.90	0,3	3,29	32,2	3,2	3,7	95,4
9.2	20.09.90	2	3,04	187,0	4,5	17,4	
10.1	30.08.90	0,6	2,59	131,5	8,6	18,0	80,9
10.2	20.09.90	2	2,45	453,0	9,9	6,7	
11.1	30.08.90	0,7	2,49	167,9	17,0	19,2	59,5
11.2	20.09.90	3	2,47	647,0	45,0	46,1	
12.1	30.08.90						
12.2	20.09.90	2,5	2,71	256,0	4,7	1,6	
13.1	30.08.90						
13.2	20.09.90	3	2,30	680,0	26,1	36,2	
14.1	30.08.90						
14.2	20.09.90	2	2,74	173,0	1,1	1,1	
15	30.08.90	0,3	2,7	107,5	19,5	9,9	90,4

Tabell 10. Kjemiske analyseresultater for syreoppluttede prøver fra Nordgruvefeltet, Røros - Kongens/Arvedalens gruve

Prøvested	Dato	Jern % Fe	Kopper % Cu	Sink % Zn	Svovel % S	Forhold Fe/S
1.1	30.08.90	4,72	0,14	0,07	0,92	5,1
1.2	20.09.90	7,58	0,17	0,04	1,60	4,7
2.1	30.08.90	5,73	0,11	0,02	1,0	5,7
2.2	20.09.90	9,67	0,31	0,06	2,8	3,5
3.1	30.08.90	12,44	0,53	0,08	4,4	2,8
3.2	20.09.90	9,02	0,26	0,04	2,5	3,6
4.1	30.08.90	9,74	0,31	0,50	6,5	1,5
4.2	20.09.90	12,36	0,42	0,42	4,2	2,9
4.3	20.09.90					
5.1	30.08.90	20,23	0,10	0,15	3,0	6,7
5.2	20.09.90	7,73	0,39	0,30	2,1	3,7
6.1	30.08.90	10,93	0,11	0,03	2,9	3,8
6.2	20.09.90	4,68	0,03	0,02	0,87	5,4
7.1	30.08.90	8,20	0,62	0,07	2,2	3,7
7.2	20.09.90	5,87	0,33	0,37	2,1	2,8
8.1	30.08.90					
8.2	20.09.90	13,11	0,14	1,26	12,7	1,0
9.1	30.08.90	9,72	0,52	0,41	3,6	2,7
9.2	20.09.90	8,8	0,65	0,91	4,4	2,0

Tabell 10. (Fortsatt) Kjemiske analyseresultater for syreoppluttede prøver fra Nordgruvefeltet, Røros - Kongens/Arvedalens gruve

Prøvested	Dato	Jern % Fe	Kopper % Cu	Sink % Zn	Svovel % S	Forhold Fe/S
10.1	30.08.90	8,84	0,05	0,05	1,6	5,5
10.2	20.09.90	6,74	0,07	0,10	1,8	3,7
11.1	30.08.90	13,93	0,12	0,08	2,2	6,3
11.2	20.09.90	5,98	0,03	0,03	1,6	3,7
12.1	30.08.90					
12.2	20.09.90	2,48	0,03	0,02	0,38	6,5
13.1	30.08.90					
13.2	20.09.90	9,70	0,31	1,04	3,0	3,2
14.1	30.08.90					
14.2	20.09.90					
15	30.08.90	4,53	0,07	0,02	3,4	1,3

4. OMRÅDET VED CHRISTIANUS SEXTUS GRUVE

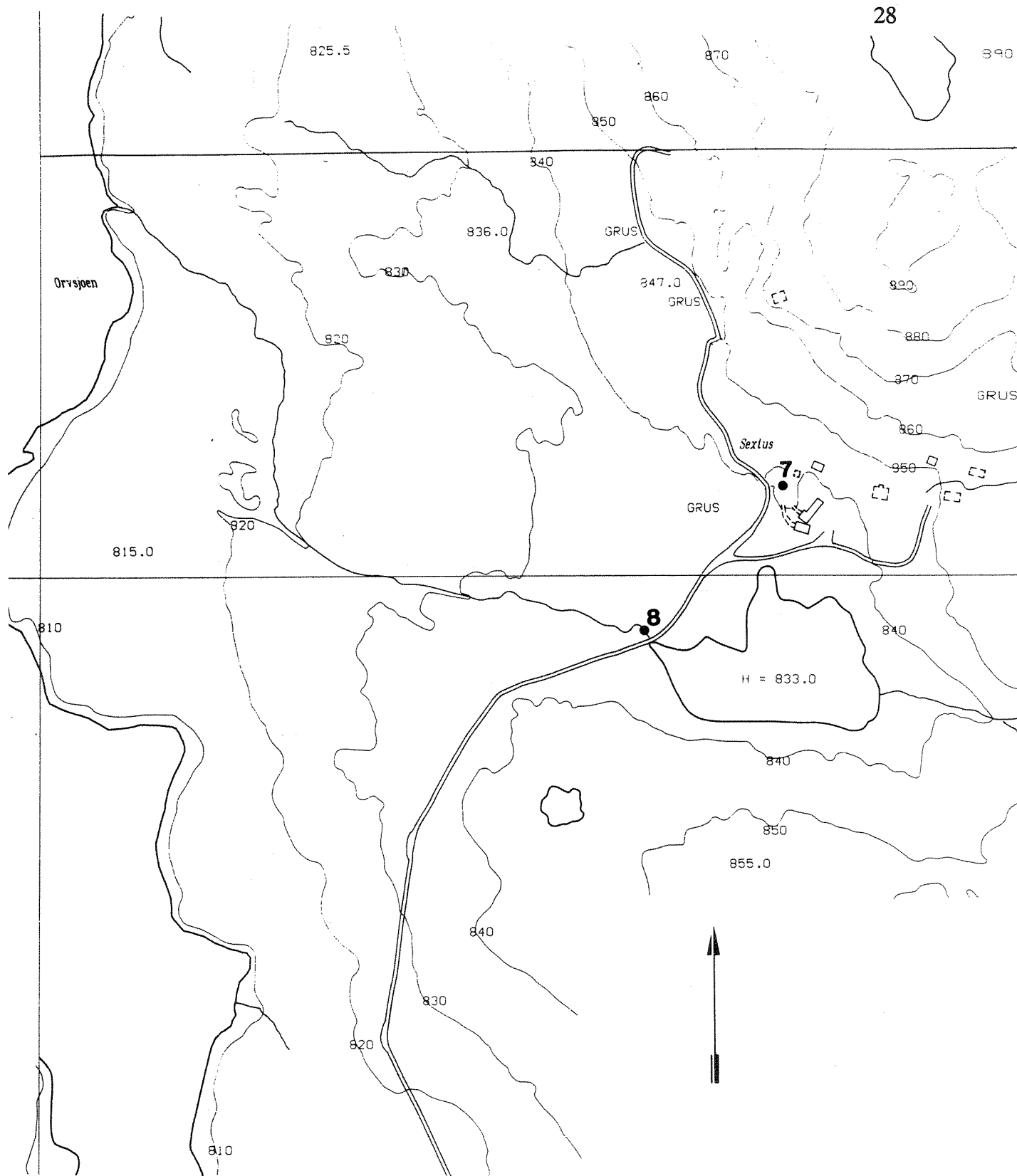
4.1 Vannkvalitet - overflatevann

I figur 5 finnes en kartskisse over området ved Christianus Sextus gruve. Prøvesteder for overflatevann er inntegnet.

I 1990 er det bare målt vannføring og tatt vannprøver i gruvevannet fra Christianus Sextus gruve. Det ble gjort undersøkelser i dette området i 1978/79 også (Arnesen og Tjomsland 1980). Analyseresultatene for gruvevann fra den gang er gjengitt i tabel 11, sammen med tilsvarende tall fra høsten 1990. En sammenlikning mellom resultatene fra de to måleperiodene tyder ikke på noen endring av vannkvaliteten i løpet av de 12 år som er gått. Også vannføringene varierer i det samme området, slik at det er rimelig å anta at forholdene stort sett har vært uforandret siden 1978/79.

I 1978/79 ble det også tatt prøver fra utløp fra tjernet ved den gamle taubanestasjonen. Dette målepunktet representerer hovedtilløpet fra gruveområdet til Orvsjøen. Prøvetakingen er ikke fulgt opp i tiden siden 1979. I 1984 ble det imidlertid tatt en enkelt prøve (Tabell 12). Analyseresultatene for denne prøven viser at det på det tidspunkt ikke kunne påvises endring i vannkvaliteten.

I 1978/79 ble det også tatt vannprøver fra en bekk som er betegnet "Østlig del av velt Sextus Gruve". 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 er i 1990 regnet inn i den transport som antas å foregå i grunnvannet i området. Tabell 13 viser analyseresultatene for dette siget i 1978/79



Figur 5. Kartskisse over Christianus Sextus-området.
Målepunkter for vannkvalitet.

Tabell 11. Analyseresultater fra gruvevann fra Christianus Sextus.
Prøvested 7

Dato	pH	Kond mS/m	Sul- fat mg/l	Jern mg/l	Kad- mium µg/l	Kop- per mg/l	Sink mg/l	Vannf. l/s
03.07.78	3,57	49,5	200	7,4	34	5,8		
01.09.78	3,37	55,2	328	11,0		7,5	22,0	1,4
21.09.78	3,65	46,6	188	9,0		6,7	18,2	4,0
30.09.78	3,83	39,3	160	6,5		5,6	14,4	4,0
28.10.78	3,88	44,4	142	5,0	40	8,2	17,0	4,0
27.11.78	3,81	44,3	188	6,9		5,1	16,0	1,5
27.12.78	3,83	41,7	171	6,3	11	2,9	18,9	5,0
01.06.79	4,58	23,5	93,2	3,5	16	3,0	8,4	1,8
28.06.79	4,15	32,5	142	3,4	21	3,8	12,0	1,8
12.07.79	3,61	46,5	186	18,1	39	5,9	18,1	1,8
28.07.79	3,22	68,2	222	16,0	49	7,9	23,2	3,4
22.08.79	3,62	47,9	200	8,2	39	6,1	19,0	1,9
30.08.90	3,81	44,0	216	4,3	28	4,4	19,2	1,2
19.09.90	3,40	59,7		11,8	30	5,7	19,7	3,9
26.09.90	3,27	64,4		8,8	57	5,6	18,0	2,2
03.10.90	3,59	48,8		6,1	43	5,2	16,7	1,7
10.10.90	3,75	47,1		3,6	23	4,2	16,0	1,2
17.10.90	3,81	48,2						1,6
24.10.90	3,58	53,0		5,5	35	4,4	18,3	1,4
31.10.90	3,54	55,6		6,3	34	4,8	19,3	1,2

Tabell 12. Analyseresultater fra utløp tjern ved Christianus Sextus
Prøvested 8

Dato	pH	Kond mS/m	Sul- fat mg/l	Jern mg/l	Kad- mium µg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Vannf. l/s
23.08.73	3,60	36,4				4,4	9,2	
03.07.78	3,56	--	131	1,4	28	3,9	9,5	
01.09.78	3,57	36,4	132	1,0		3,9	10,0	7,0
21.09.78	3,74	35,1	145	1,7		4,6	10,3	10,2
30.09.78	3,68	36,1	132	2,0		4,7	10,5	9,5
28.10.78	3,63	40,6	131	2,1	20	4,7	10,1	10,2
27.11.78	3,79	28,8	110	1,1		3,3	7,6	4,4
27.12.78	3,78	28,2	108	1,2	10	2,3	16,4	4,4
10.06.79	3,64	30,1	104	1,8	15	2,7	7,3	7,0
28.06.79	3,63	37,4	128	1,2	17	3,0	8,3	13,0
12.07.79	3,62	35,5	125	1,2	18	3,1	8,8	7,5
28.07.79	3,63	34,8	124	1,2	23	3,1	9,0	14,2
22.08.79	3,64	34,4	85.6	1,1	23	3,3	9,4	12,1
25.06.84	3,56	40,6		1,9	19	3,8	9,7	

Tabell 13. Kjemiske analyseresultater fra bekk fra velter - Christianus Sextus gruve

Dato	pH	Kond. mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kad- mium µg/l	Kop- per mg/l	Sink mg/l	Vannf. l/s
03.07.78	2,49	463,7	2896	365	850	116	381	
01.09.78	3,09	172,37	1080	12,5		41,0	103	0,02
21.09.78	2,99	233,2	1504	140		65,0	190	0,5
30.09.78	3,12	229,35	1280	17,5		60,0	194	0,3
28.10.78	3,24	230,89	910	8,03	295	42,0	125	0,5
27.11.78	3,31	229,02	2400	5,20		30,0	130	0,02
27.12.78	3,28	216,7	1568	6,00	11,5	47,0	188	0,02
10.06.79	3,23	155,1	886	5,75	225	34,5	115	0,08
28.06.79	3,09	179,19	1000	23,1	227	36,5	99,2	0,3
12.07.79	3,13	185,24	1424	15,8	249	39,6	112	0,06
28.07.79	2,72	306,9	1580	240	435	76,9	194	0,5
22.08.79	2,76	282,48	1780	219	383	66,6	179	0,4

4.2 Grunnvann

I det følgende er det gitt en kort omtale av de resultater som ble oppnådd ved grunnvannsundersøkelsene. For nærmere detaljer henvises til den utførte hovedoppgaven (Skirstad 1990).

Arbeidet som ble utført omfatter sonderboringer og boring av grunnvannsbrønner med uttak av vann- og faststoffprøver for nærmere undersøkelser. I hovedsak ble arbeidet konsentrert om den nordligste velten i Sextus-området, fordi denne var forholdsvis klart avgrenset fra resten av feltet. Det ble også tatt noen prøver i andre deler av området bl.a. for å bedømme representativiteten av resultatene. Ut fra de målinger som er gjort er konklusjonen at påvirkningen på grunnvannet er betydelig større fra det sentrale gruve-

området enn fra den nordre velten.

Faststoffprøver fra den nordre velten viser imidlertid at det er et betydelig innhold av svovelkis også her.

I tabell 14 er det samlet noen kjemiske analysedata for grunnvannsprøver fra området.

Tabell 14. Kjemiske analyseresultater for grunnvannsprøver fra Sextus-området. Prøvepunktene plassering er beskrevet i teksten.

Prøve	pH	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kop- per 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
Bekk v/ velt	2,73	2500	200	99	261

Prøvene 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.

4.3 Forurensningstransport

I tabellene 15 - 17 er samlet transportverdier for gruvevann, bekk fra tjern og sig fra velter for de perioder det finnes data.

Tabell 15. Middelveier for forurensningstransport
Gruvevann Christianus Sextus

Periode	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1978/79	15,6	0,7	0,5	1,5	2,7
1990	8,2 ¹	0,5	0,3	1,1	2,1

¹ Bare en måling

Resultatene viser at det ikke har foregått vesentlige endringer i forurensningstransporten i gruvevannet siden 1978.

Tabell 16. Årlige middelveier for transport "Bekk fra østre velt" - Christianus Sextus
gruve

Periode	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1978/79	28,7	0,85	0,45	1,3	2,8

Tabell 17. Årlige middelveier for materialtransport ut av tjern ved Christianus Sextus
gruve.

Periode	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1978/79	34,6	0,41	1,02	2,7	5,92

Bekken ut av tjernet ved taubanestasjonen fører forurensning både fra gruvevannet og fra veltene i denne delen av gruveområdet til Orvsjøen. Det virker ikke urimelig å anta at denne transporten har vært omtrent uendret siden 1978/79. Det betyr at gruvevannet

representerer ca. 50 % av koppertransporten og ca 80 % av sinktransporten i overflatevannet til Orvsjøen fra Sextus-området.

Det er bare en del av veltene i området som drenerer til tjernet. Hovedmengden av forurensningene fra veltene transporteres i grunnvannet. Grunnvannsundersøkelsen i området (Skirstad 1990) konkluderer med at sinktransporten i grunnvannet er ca. 20 % av den som er beregnet for bekken fra tjernet, mens koppertransporten er ca. 30 %. I tabell 18 er det satt opp en oversikt over transport fra de ulike kildene i Sextus-området.

Tabell 18. Transportverdier fra Sextus-området til Orvsjøen, anslått på grunnlag av resultatene fra 1978/79 og 1990

Kilde	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
Gruvevann	ca. 10	0,5	0,5	2,5
Overfl.vann ellers	ca. 20	0,2	0,5	0,5
Sig - velter, Grunnvann	-	-	0,3	0,6
Sum	> 30	-	1,3	3,6

5. ORVSJØEN

5.1 Generelt

I Orvsjøen hadde A/S Røros Kobberverk utslipp av flotasjonsavgang i tiden fra sommeren 1975 til årsskiftet 1977/78. Utslipet foregikk i innsjøens dypeste parti.

Tabell 19 viser en del hydrometriske data fra Orvsjøen. Det kan nevnes at området i sjøen som er dypere enn 10 m, har et areal på ca. 250.000 m², og dyp større enn 15 m, har et areal på ca. 100.000 m².

I den tiden flotasjonsanlegget ved Orvsjøen var i drift, ble det sluppet ut ca. 150.000 tonn kisholdig flotasjonsavgang. Anslagsvis opptar den et volum på ca. 100.000 m³. Dersom det

kisholdig flotasjonsavgang. Anslagsvis opptar den et volum på ca. 100.000 m³. Dersom det antas at avgangen er samlet i den dypeste delen av innsjøen og at overflaten av deponert avgang er horisontal, vil arealet av avgang som er direkte eksponert mot fri vannmasser være 60.000 m². I praksis er antakelig dette arealet betydelig større.

Tabell 19. Hydrometriske data for Orvsjøen

Samlet nedbørfelt til utløp	16,7 km ²
Avrenningskoeffisient	15 l/s km ²
Årlig midlere avrenning	0,25 m ³ /s
Anslått totalt volum	8,8·10 ⁶ m ³
Areal av overflate	1,72 km ²

5. 2 Tungmetallforurensning av Orvsjøen

NIVA har foretatt flere prøvetakinger i Orvsjøen både før avgangsutslippet startet og senere. Dessuten har instituttet foretatt en rekke prøvetakinger i Orva.

Analyseresultatene for 1990 finnes i tabell 20, mens resultatene fra tidligere år er rapportert tidligere.

I tabell 20 er analyseresultatene fra Orva ved utløp av Orvsjøen og ved veibrua samlet.

Tabell 20. Analyseresultater for Orva i 1990

Dato	pH	Kond. mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kad- mium µg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l
Utløp Orvsjøen							
30.08.90	6,26	3,24	< 10	0,05	5	0,095	0,30
19.09.90	6,48	3,39				0,10	0,32
Orva ved Veibru.							
09.05.90	4,07		24,7	2,7		0,48	1,10
16.05.90	4,26		20,6	2,1		0,39	0,90
23.05.90	4,14		25,7	2,4		0,42	1,16
31.08.90	4,10	11,42	41,8	1,3		0,33	1,23
19.09.90	3,75	19,76				0,69	2,33

Ved en subjektiv vurdering av resultatene, er det ikke mulig å se noen endring av betydning i vannkvaliteten i Orva siden de første prøvene ble tatt tidlig i 70-årene.

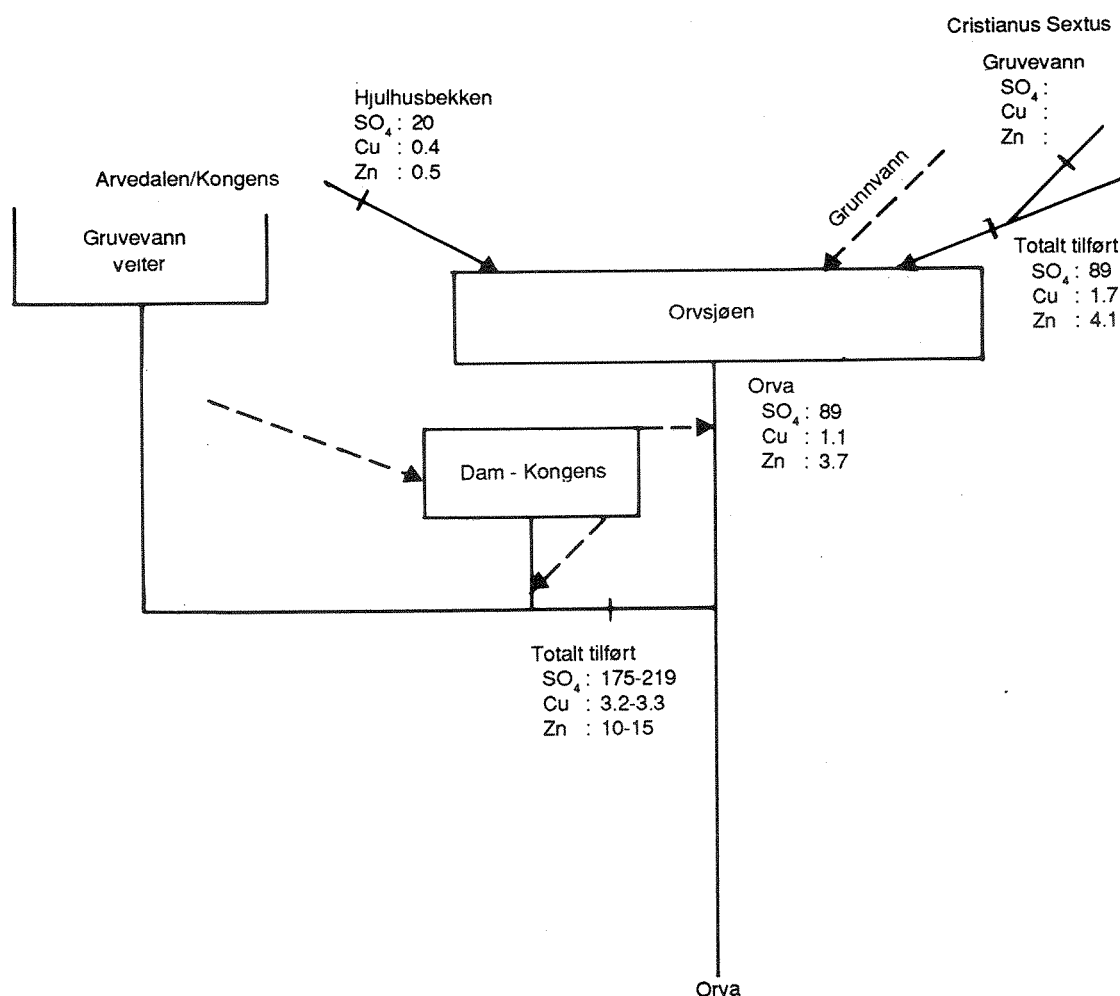
Det er også tatt sedimentprøver i Orvsjøen i 1976 og i 1979 som tyder på at det er betydelige utfellinger av metallhydroksider i innsjøen. I tillegg ble det i 1979 påvist at sedimentene inneholdt en betydelig andel avgang.

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

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.

Tilførslene til Orvsjøen er listet i tabell 21. Tilførslene fra Kongens-området er beregnet på grunnlag av de analyseresultatene som foreligger fra Hjulhusbekken der den krysser veien langs Orvsjøen. Vannføringen er ved beregningen satt til 10 l/s.

Figur 5 viser en skjematisk oversikt over forurensningstilførslene til Orva og Orvsjøen.



Figur 5. Skjematisk framstilling av forurensningstransport til Orva og Orvsjøen - 1990. Alle transportverdier i tonn/år.

Med utgangspunkt i transportverdiene og i midlere vannføring ut av Orvsjøen - 250 l/s - kan midlere konsentrasjon i Orva ved utløpet fra Orvsjøen beregnes til kopper: 0,22 mg/l og sink: 0,52 mg/l. Tilsvarende målte verdier er kopper: 0,05 - 0,16 mg/l og sink: 0,25 - 0,73 mg/l. Beregnet verdi må ventes å bli høy i forhold til målte verdier, bl.a. fordi metallene vil bli utfelt fordi pH stiger ved fortykning i Orvsjøen.

Ved en reduksjon i tilførselene blir utfellingen prosentvis mindre, fordi pH i Orvsjøen allerede er relativt høy. Det er derfor rimelig å regne med de anslåtte tilførselene når nødvendig reduksjon i tilførselene skal beregnes.

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 $\mu\text{g Cu/l}$, og helst ikke være mer enn 15 $\mu\text{g/l}$ (Grande 1991).

Tabell 20. Forurensningstilførsler til Orvsjøen

Område	Sulfat tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
Sextus	> 30	1,3	3,6
Kongens	20	0,4	0,5
Totalt	> 50	1,7	4,1

Hvis vi tar utgangspunkt i en konsentrasjon på 15 $\mu\text{g/l}$ svarer dette til en midlere tilførsel til Orvsjøen på 118 kg kopper pr. år. Det betyr at tilførselene til Orvsjøen må reduseres med 92 % for å få fisk tilbake 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 fra Kongens-området, men det vil bare redusere koppertilførselene med ca. 20 %. Mulige tiltak i Sextusområdet er omtalt i NIVAs rapport om arbeidet i 1989 (Arnesen 1990). Eventuelle tiltak må omfatte både gruvevann og velter og må ha en meget høy virkningsgrad.

6. KONKLUSJON

6.1 Kongens/Arvedalens gruve

1. Forurensningstransporten fra gruva og veltene vest for flotasjonsverket har ikke endret seg vesentlig i den tiden NIVA har data fra - 1978-1990. Samlet transport ut av dette området målt ved bekken i veigrøfta (målepkt. 2a og 2b), er 95 tonn sulfat, 2,7 tonn kopper og 5,3 tonn sink årlig. Grunnvannstransporten ut av området antas i hovedsak å fortsette under veien og inn i avgangsdammen nedenfor flotasjonsverket.
2. Forurensningstransporten ut av dammen i overflatevannet er ca. 51 tonn sulfat, 0,4 tonn kopper og 3,1 tonn sink pr. år. Grunnvannstransporten antas å være betydelig for sulfat og sink, og er anslått til 29 - 73 tonn sulfat, 0,12 - 0,15 tonn kopper og 1,7 - 6,7 tonn sink i året.
3. Mulige tiltak mot forurensninger fra Nordgruvefeltet ble omtalt i NIVAs rapport for 1989. Undersøkelsene i 1990 har vært spesielt rettet mot gruveområdet og veltene ved Kongens/Arvedalens gruve. Dreneringsforholdene her gjør det svært vanskelig å fastslå om det er gruve eller veltene som gir de største forurensningsbidragene. Årets undersøkelser har imidlertid konstatert at avfallet til dels har høye innhold av metaller og svovel, både totalt og i vannløselig form. Analysereultatene fra bekken som renner mellom veltene i området ovenfor gruva viser også at veltene har stor betydning for transport av forurensninger.
4. Det vil være vanskelig å gjøre effektive tiltak i dette området uten å flytte avfallet. Det vil i så fall være viktig å ha sikkerhetsrutiner som hindrer akutt vannforurensning i Glomma.

6.2 Christianus Sextus

Forurensningstransporten fra Sextus-området til Orvsjøen har neppe endret seg vesentlig siden 1978. Det samme gjelder forholdet mellom gruvevannets betydning og avrenningen fra veltene. Gruvevannet utgjør vel halvparten av koppertransporten og en noen mindre andel av sinktransporten. Grunnvannstransporten fra området er antatt å være liten.

Mulige tiltak mot forurensning fra området ble omtalt i rapporten fra 1989.

6.3 Orvsjøen

For å gjøre Orvsjøen fiskeførene, må tilførslene til sjøen reduseres med mer enn 90 %. En så høy effektivitet på de tiltak som er aktuelle i denne sammenheng, stiller meget høye krav til eventuelle tekniske løsninger.

REFERANSER

Arnesen, R.T. og Tjomsland 1980 Røros Kobberverk, Vannforurensning fra gruver. NIVA-rapport O-78050, Serienr.: 1206, Juni 1980.

Arnesen, R.T. 1989 Vannforurensning i Nordgruvefeltet, Røros. NIVA-rapport 87043, Serienr.: 2207, Februar 1989.

Arnesen, R.T. 1990 Vannforurensning i Nordgruvefeltet - Røros. Arbeidet 1989. NIVA-rapport 87043, Serienr.: 2413, April 1990.

Grande, M. 1991 Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger. NIVA-rapport O-89103, 1981.

Hovde, L.R. 1990 Løsmassedekkets betydning for avrenningen fra gruver, bergvelter og avgangsdeponi ved Kongens gruve, Røros. Hovedoppgave i faget Ingeniørgeologi, Bergavdelingen, NTH 1990.

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  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo

ISBN 82-577-1906-4