



RAPPORT LNR 4081-99

Forurensningstransport i Nordgruvefeltet, Røros



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

Akvaplan-NIVA A/S

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

Tittel Forurensningstransport i Nordgruvefeltet, Røros	Løpenr. (for bestilling) 4081-99	Dato 29. Juni 1999
	Prosjektnr. Undernr. O-99095	Sider 36
Forfatter(e) Rolf Tore Arnesen Tor Haakon Bakken Eigil Rune Iversen	Fagområde Miljøteknologi	Distribusjon
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA 1999

Oppdragsgiver(e) Bergvesenet	Oppdragsreferanse 15/96, 12/97, 28/98
---------------------------------	------------------------------------------

Sammendrag

Det er gjort praktiske undersøkelser av tungmetalltransport ved 4 stasjoner i Nordgruvefeltet ved Røros i årene 1996-98. I tillegg er vannføring beregnet ved simuleringmodell (HBV) tilbake til 1988. Ut fra dette materialet er det anslått at tungmetalltransporten i Orva er ca 4 tonn kopper og 14 tonn sink pr. år. Dette svarer til en reduksjon på henholdsvis 25 og 30 % i forhold til transporten i 1993. Årlig forurensningstransport er sterkt avhengig av avrenningen, og de nevnte verdier gjelder et "normalår". Tungmetallkonsentrasjonene i Orvsjøen og Orva er fortsatt så høye at det ikke kan forventes nevneverdig liv her.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gruve 2. Tungmetaller 3. Forurensningstransport 4. Sør-Trøndelag 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mines 2. Heavy metals 3. Pollution loads 4. Sør-Trøndelag
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Rolf Tore Arnesen
Prosjektleder



Svein Stene-Johansen
Forskningsleder
ISBN 82-577-3687-2



Torsten Källqvist
Forskningsjef

Forurensningstransport i Nordgruvefeltet, Røros

Forord

NIVAs arbeid med gruveforurensning i Rørosområdet har pågått i mange år. Årsaken til dette er selvfølgelig den store betydningen gruvedriften har hatt for området og den virkningen den har hatt på flere vassdrag i Røros-regionen.

Dette arbeidet har gitt faglige utfordringer og bidradd til å utvikle NIVAs kompetanse innen dette feltet. I de senere år er det først og fremst Bergvesenet som har vært oppdragsgiver for prosjektene våre. Harald Ese, som har vært ansvarlig for vår kontakt til Bergvesenet, har vist stor interesse for arbeidet. Som saksbehandler gjennom mange år vil undertegnede takke Bergvesenet for de faglige muligheter arbeidet har gitt.

Undersøkelsene i Nordgruefeltet pågår fortsatt, og en ny, enkel rapport vil bli utarbeidet ved neste årsskifte.

Oslo, 29. juni 1999

Rolf Tore Arnesen

Innhold

Sammendrag	6
Summary	7
1. Bakgrunn	8
2. Beskrivelse av området	8
2.1 Geografiske forhold	8
2.2 Meteorologi	9
2.3 Tidligere virksomhet og forurensningskilder	10
2.4 Gjennomførte tiltak	11
2.5 Tidligere undersøkelser	12
3. Hydrologi	13
3.1 Gruvevann Kongens	13
3.2 Bekk Kongens øvre	14
3.3 Orva	14
3.3.1 Beregning av vannføringer fra tidligere år	16
4. Kjemiske analysedata	18
4.1 Målinger i årene 1996-98	18
4.1.1 Gruvevann Kongens	18
4.1.2 Bekk under velter ved Kongens - Øvre område	19
4.1.3 Orva ved utløp av Orvsjøen	20
4.1.4 Orva ved bro på vei til Kongens gruve	21
4.2 Tidligere undersøkelser i Orva	22
5. Transportverdier	23
5.1 Resultater fra årene 1996 - 98	23
5.1.1 Utløp Orvsjøen	23
5.1.2 Bekk under tipp - Kongens, øvre område	24
5.1.3 Gruvevann - Kongens gruve	24
5.1.4 Orva ved bro på vei til Kongens gruve.	24
5.2 Orva - tidligere år	25

6. Lergruvebakken	26
7. Diskusjon av resultatene	27
8. Konklusjon	29
9. Referanser	30
Vedlegg A.	31

Sammendrag

Nordgruvefeltet ved Røros har i mange år vært en av de største kilder til forurensning i den øvre delen av Glomma. NIVA har siden 1966 arbeidet med vannforurensning fra Nordgruvefeltet ved Røros. Siden 1996 har arbeidet vært mer systematisk, med hovedvekt på forurensningstransport i området. Følgende 4 stasjoner er opprettet for prøvetaking til kjemisk analyse, 1. Orva ved bro på vei til Kongens gruve, 2. Gruvevann fra Kongens gruve, 3. Bekk under velte (Kongens øvre område) og 4. Orva ved utløp av Orvsjøen.

Ved de tre først nevnte stasjonene er det dessuten etablert kontinuerlig registrering av vannføring. For å få fram transportdata på grunnlag av tidligere års kjemiske undersøkelser var det dessuten behov for vannføring fra tidligere år. Ved hjelp av HBV-modellen er daglig vannføring i Orva beregnet tilbake til 1988.

På grunnlag av tidsveiede årsmiddel for kjemiske analyser og målt årsavrenning ved stasjonene, er transport av sulfat, jern, kobber, sink og for noen år kadmium beregnet. De undersøkelsene NIVA utførte i 1996 - 1998 tyder på at det ikke har vært endringer i forurensningstransporten i gruvevannet fra Kongens gruve, til tross for at en del av vannet som tidligere rant inn i gruva nå er overført til Hjulhusbekken, som renner til Orvsjøen.

I området rundt flotasjonsverket ved Kongens gruve ble det gjennomført en overdekking av avgang og annet avfall i årene fra 1991 til 1996. Dette synes å ha gitt en reduksjon av forurensningstransporten i Orva. Gjennomsnittlig transport av kobber og sink var i perioden 1996- 98 henholdsvis 4 tonn Cu og 14 tonn Zn pr. år, mens den tilsvarende var henholdsvis 5,7 og 20,7 tonn i 1993. Dette svarer til en reduksjon i kobbertransporten på 25 %, og for sink har reduksjonen vært ca. 30 %.

Det er vist at årlig tungmetalltransport er sterkt avhengig av årsavrenningen, med høye verdier i år med høy avrenning. Tallene som er angitt ovenfor svarer til situasjonen i et år med tilnærmet "normal" avrenning.

Undersøkelsene i Nordgruvefeltet videreføres i 1999, og det er aktuelt å etablere en mer kvantitativ sammenheng mellom avrenning og materialtransport når også tallene fra dette året foreligger.

Konsentrasjonene av tungmetaller i Orva og i Orvsjøen er fortsatt så høye at det ikke kan ventes nevneverdig liv her.

I henhold til SFTs normer for vannkvalitet må Glomma nedenfor Orvos etter SFTs klassifisering av miljøkvalitet betegnes som "meget sterkt forurenset".

I forhold til de øvrige kildene til forurensning i området, har gruvevannet fra Lergruvebakken ingen praktisk betydning for tilførslene fra Nordgruvefeltet til Glomma.

NIVA 4081-99

Summary

Title: Pollution loads in the Northern Mining Area, Røros

Year: 1999

Author: Rolf Tore Arnesen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3687-2

1. Bakgrunn

Nordgruvefeltet ved Røros har i mange år vært en av de største kilder til forurensning i den øvre delen av Glomma. NIVA har derfor foretatt undersøkelser i det aktuelle vassdraget i perioder siden 1978. I løpet av denne tiden er det utarbeidet en rekke rapporter som beskriver forholdene i området (Arnesen *et al.* 1973, 1980, 1989, 1990, 1991 og 1994).

Det har vært forskjellige oppdragsgivere for prosjektene i Nordgruvefeltet. Den første tiden ble arbeidet utført for Røros Kobberverk A/S, i forbindelse med reetableringen av virksomhet i Nordgruvefeltet i 1970-årene. I 1978-79 foretok NIVA en undersøkelse som omfattet både Nordgruvefeltet og Stortvartz-området. Arbeidet ble utført på oppdrag fra Industridepartementets bergverkskontor, og hadde til hensikt å beskrive forurensningssituasjonen rundt Røros.

Hensikten med undersøkelsene den gang var å registrere virkningen av forurensningene i resipientene og å vurdere konsekvenser av endret drift.

Senere har vi gjennomført en rekke undersøkelser i Nordgruvefeltet på oppdrag fra Bergvesenet. Programmene for disse undersøkelsene har variert noe, avhengig av målsetningen for arbeidet.

Etter hvert ble arbeidet konsentrert om å beskrive forurensningskildene i området med sikte på å finne mest mulig effektive tiltak mot forurensning fra området.

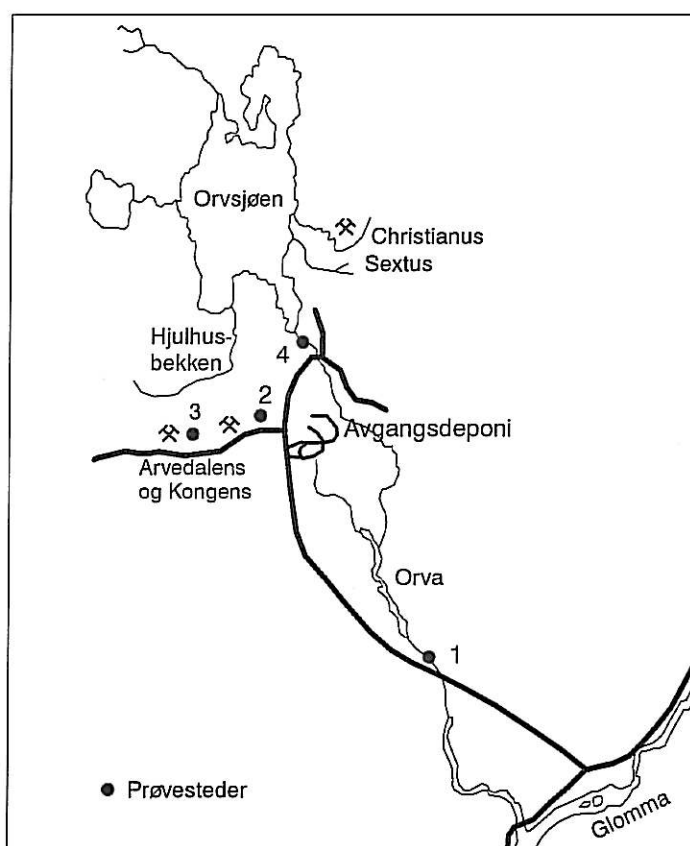
For nærmere beskrivelse av hvordan disse tidligere undersøkelsene er gjennomført henvises til rapportene. Datamaterialet fra tidligere år er så langt det har vært mulig inkludert i den foreliggende rapport.

2. Beskrivelse av området

2.1 Geografiske forhold

Den foreliggende rapporten omfatter den del av Nordgruvefeltet som drenerer til Orvsjøen eller direkte til elven Orva. Det vil si at det er forurensning fra Arvedalen, Kongens og Christianus Sextus gruver som er behandlet i rapporten. Selv om Nordgruvefeltet omfatter et større område enn det som beskrives i rapporten, er betegnelsen her brukt, som en forenkling, om de tre nevnte gruvene. Kongens og Arvedalen gruver utgjør en enhet, og i det følgende er de omtalt som Kongens gruve.

Kartskissen i figur 1 viser Nordgruvefeltet med prøvetakingsstasjonene som er omtalt i rapporten, inntegnet. En nærmere beskrivelse av stasjonene er gitt i kapittel 2.5. Nordgruvefeltet omfatter i tillegg til gruvene som er avmerket i figuren også Fjellsjøgruva og Lergruvebakken, som også drenerer til Orvavassdraget. Forurensningsbidraget fra disse gruvene er så lite at det ikke er tatt med i den samlede vurderingen, men i kapittel 6 er det listet noen data fra Lergruvebakken. Videre omtales ofte også gruvene Mugg og Rødalen i forbindelse med Nordgruvefeltet. De bidrar imidlertid ikke med forurensning til Orva eller Orvsjøen.



Figur 1. Kart over Nordgruvefeltet. De inntegnede prøvestedene har følgende betegnelser i rapporten:

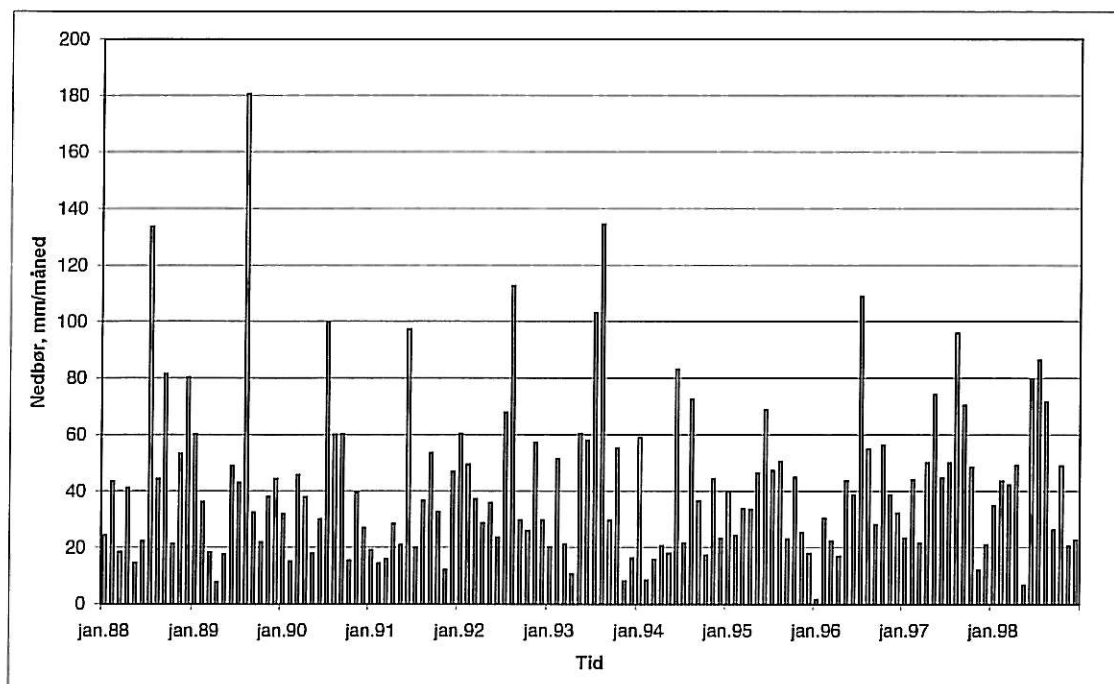
1. Orva ved bro på vei til Kongens gruve
2. Gruvevann fra Kongens gruve
3. Bekk under velte (Kongens øvre område)
4. Orva ved utløp av Orvsjøen

2.2 Meteorologi

Alle meteorologiske data i denne rapporten er innsamlet av Det norske meteorologiske institutt (DNMI) ved målestasjon 10400 Røros. Stasjonen er lokalisert nær jernbanestasjonen i Røros, omlag 10 km sørøst for de sentrale deler av Nordgruvefeltet. DNMI's stasjon befinner seg 628 meter over havet, som er snaut 100 meter lavere enn det laveste punktet i den delen av Orvas nedbørfelt som omfattes av modelleringen (kapittel 3.3.1.).

Ved beregning av tidligere års vannføringer er det i første rekke daglige middeltemperaturer og nedbørhøyder som er benyttet.

I figur 2 er månedlige nedbørhøyder for Røros vist grafisk.



Figur 2. Månedlige nedbørhøyder fra DNMI målestasjon 10400 Røros.

Årsnormalen for Røros er 504 mm, noe som representerer et forholdsvis tørt innlandsklima. Årsnedbøren f.eks. i Gauldalen er betydelig mer, og stasjonen i Haltdalen (67770) har en normal nedbørshøyde på 750 mm. Fordi nedbørfeltet for Orva i noen grad strekker seg i denne retningen, kan nedbørshøyder og derved avrenningen bli underestimert.

Ved siden av nedbørshøyder er døgnmiddeltemperatur benyttet ved beregning av vannføringen i tidligere år. I og med at temperaturen er målt nede på Røros, mens det aktuelle nedbørfeltet stort sett ligger 100 - 400 m høyere kan også denne forskjellen ha betydning for vurderingene, men beregningsmodellen tar til en viss grad hensyn til dette.

2.3 Tidligere virksomhet og forurensningskilder

Den første gruvedriften i Nordgruvefeltet startet i 1657 da Arvedalen gruve ble åpnet. I 1723 ble Christianus Sextus gruve på østsiden av Orvsjøen åpnet, og i 1736 kom driften i Kongens gruve i gang. Arvedalen og Kongens gruve er i dag et sammenhengende system av gruver der det er vanskelig å navngi de enkelte deler.

Driften ved disse gruvene har hatt varierende omfang gjennom årene, og ved Kongens, Arvedalen og Christianus Sextus gruver ble produksjonen antakelig lagt ned tidlig på 40-tallet. Flotasjonsverket som lå ved Kongens gruve var bygget i 1932, og produksjonen stanset her i 1943, men kom i gang igjen noe senere på malm fra Rødalen gruve. Avrenningen fra denne gruva går ikke til Orva, men til elven Røa som renner ut i Glomma sørvest for Orvos.

De siste årene før driften ved Røros Kobberverk ble nedlagt (ca. 1970 - 1977), var virksomheten igjen knyttet til Nordgruvefeltet. Gammel bebyggelse inklusive flotasjonsverket ble da revet og gruveavfallet ble doset ut over et stort område. Det ble bygget et nytt flotasjonsanlegg ved Kongens gruve, og malmen ble tatt fra Lergruvebakken gruve, ca 1 km fra Kongens gruve. Før Lergruvebakken gruve

ble åpnet ble flotasjonsverket en tid drevet på gods fra velter i området. Avgangen fra denne første driften ble deponert i dammer nedenfor verket, mens ca 150 000 tonn avgang fra malmen i Lergruvebakken ble deponert i den dypeste delen av Orvsjøen fra 1975 til 1977. Avgangen hadde et høyt innhold av svovel.

Gruvene og det avfallet de skapte har etter hvert utviklet seg til en rekke geografisk adskilte forurensningskilder i Nordgruvefeltet.

Da det nye flotasjonsverket ved Kongens gruve ble bygget i 1968, var det liten oppmerksomhet på miljøvern og bevaring av kulturminner. Bygninger ble revet og gamle velter ble spredd over store flater. Dammene som ble brukt for deponering av avgang i de første årene var ikke tette, og det ble etter hvert betydelig lekkasje av kopper og spesielt sink fra dem.

Fra tidligere var gruvevannet fra Kongens gruve og avrenningen fra veltene lengst i vest betydelige forurensningskilder her. Veltene drenerte tidligere til gruva, og utgjorde derfor en belastning direkte på Orva. Etter at en stor del av dette vannet er samlet opp og overført til Hjulhusbekken, er forurensningsbelastningen på Orvsjøen øket.

Avrenningen fra Christianus Sextus gruve går gjennom grunnen til Orvsjøen. Dette var tidligere hovedkilden for forurensningen i Orvsjøen. Etter at en del dreinsvann fra det øvre området ved Kongens gruve ble overført til Hjulhusbekken, er det foreløpig uklart hvor stor %-vis betydning de ulike kildene har på Orvsjøen. Avgangen som er deponert i Orvsjøen bidrar antakelig meget lite til forurensningen av innsjøen. Bidraget fra Fjellsjøgruva er også meget beskjedent.

2.4 Gjennomførte tiltak

Siden 1991 har det vært gjennomført betydelige tiltak for å redusere lekkasje av forurensninger fra områdene rundt det nye flotasjonsverket. Avgangen ble dekket med morene, mens dammene ble tettet for å heve grunnvannsnivået. Hensikten med disse arbeidene var å redusere transporten av oksygen i materialet slik at oksidasjonshastighetne avtar. Arbeidet strakte seg over flere år, og i 1994 ble det videreført ved at det gamle materialet fra velter på vestsiden av veien og parkeringsplassen ved gruva ble dekket med morene. Arbeidet her ble avsluttet i 1996, og det er etter hvert etablert gress på de tildekkede områdene. For å kvantifisere forurensningstransporten fra de ulike kildene i området har NIVA utført en rekke prosjekter. Som tidligere nevnt er en stor del av dette arbeidet rapportert tidligere.

De største veltene ved Kongens gruve ligger lengre vest, og her er det foreløpig gjort lite for å redusere forurensningstransporten. I august 1996 ble imidlertid bekken som fører mesteparten av avrenningen fra tippene overført til Hjulhusbekken, som renner ut sør i Orvsjøen. Hensikten skulle være at Orvsjøen skulle tjene som utjevningsbasseng, slik at sjokkbelastning på Glomma skulle unngås. I tillegg kunne det skje en utfelling av tungmetallene fra Hjulhusbekken i Orvsjøen, som følge av en utjevnet og høyere pH.

Den tidligere nevnte deponeringen av avgang på dypt vann i Orvsjøen må også betraktes som et forurensningshindrende tiltak. Det er ikke påvist at denne avgangen har bidratt til å øke forurensningstransporten i vassdraget.

Selv om det neppe var et bevisst tiltak mot forurensning, ble Lergruvebakken gruve naturlig fylt med vann etter at driften var lagt ned i 1977.

Resultatet av de ulike tiltakene er foreløpig ikke dokumentert, og et av målene med den foreliggende rapport er å vurdere hvilken effekt de har hatt.

2.5 Tidligere undersøkelser

Måleprogrammet i Nordgruvefeltet er utviklet gradvis. De første vannprøvene fra området ble analysert så tidlig som i 1966, men prøvetakingen var tilfeldig og undersøkelsene var bare orienterende. Etter hvert ble interessen rettet mot tilstanden i Orvsjøen og Orva, og det ble gjort enkle biologiske undersøkelser som kunne konstatere at det ikke fantes hverken fisk eller bunndyr disse delene av vassdraget. Etter hvert ble undersøkelsene mer rettet mot kildene for forurensning i området med tanke på tiltak for å redusere forurensningen fra området. Dette utviklet seg etter hvert til undersøkelsesprogrammet som nå løper, der kvantifisering av forurensningstranport i ulike deler av området er et hovedmål.

Sommeren 1995 ble det etablert kontinuerlig vannføringsmåling i gruvevannet fra Kongens gruve. Omtrent samtidig ble det satt i gang månedlig prøvetaking for kjemiske analyser. Ved årsskiftet 1995/96 etablerte NVE på oppdrag fra NIVA en stasjon for kontinuerlig måling av vannføring i Orva ved broen på veien til Kongens-området. Samtidig ble det også her etablert månedlig prøvetaking. I august 1997 startet prøvetaking i utløpet av Orvsjøen, og i juli samme år ble det etablert en målestasjon for vannføring i bekken under veltene i det øvre området ved Kongens gruve. Stasjonen er plassert der vannet føres inn på rørledningen til Hjulhusbekken. Her er det også tatt månedlige vannprøver siden dette tidspunkt.

3. Hydrologi

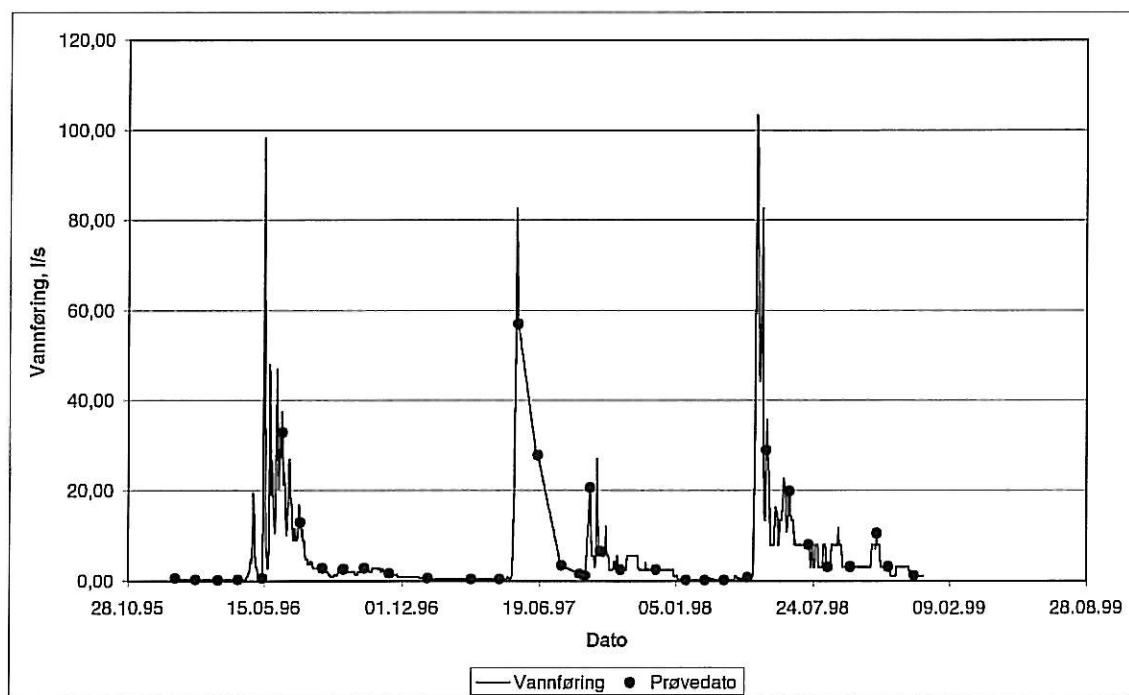
3.1 Gruvevann Kongens

De hydrologiske forholdene omkring Kongens gruve er beskrevet i en tidligere NIVA-rapport (Arnesen 1991). Siden denne rapporten ble utgitt, er bekken som renner under veltene i det øvre området, overført gjennom et rør til Hjulhusbekken som renner til Orvsjøen nord for gruveområdet. Overføringen ble gjennomført i august 1996.

Det er likevel en del av avrenningen fra veltene i dette området som drenerer direkte til gruva bl.a. på grunn av relativt store åpninger til overflaten. Lengre ned i terrenget er det store rasområder, og i det nedre området (nær oppredningsverket) er det store åpninger til dagen. På grunn av de mange åpningene ned i gruva og uoversiktlige dreneringsforhold fra av den tidligere aktiviteten er det vanskelig å beregne arealet av nedbørfeltet for gruvevannet. Gruva strekker seg bl.a. så langt mot vest (Oscar sjakt) at deler av den naturlige avrenningen til Rødalen i vest, i stedet antakelig dreneres inn i gruva.

NIVA har siden 1989 hatt et V-overløp for måling av vannføring ved utløpet fra gruva, men først i oktober 1995 ble det etablert kontinuerlig måling av vannføring.

I figur 3 er de målte vannføringene i gruvevannet framstilt grafisk, mens årsvarening for årene 1996 - 98 finnes i tabell 1.



Figur 3. Vannføring i gruvevann fra Kongens gruve - 1996 -97.

I rapporten fra 1991 ble arealet av nedbørfeltet for gruvevannet fram til målepunktet beregnet til 0,32 km². Det tilsvarer en årlig middelvannføring på 4,8 l/s eller en årsvarening på 151373 m³. Av dette arealet var ca 0,2 km² nedbørfelt for bekken som rant ned i gruva på den tiden. Etter august 1996

skulle gruvevannet derfor komme fra et nedbørfelt med areal på 0,12 km². Dette vil bli nærmere vurdert i det følgende.

Året 1996 var forholdsvis tørt i området og målingene bl.a. i Orva tyder på at avrenningen var lav det året. I årene 1997 og 1998 var derimot avrenningen antakelig høyere enn gjennomsnittet i Orva. Ut fra verdiene i tabell 1 kan dette tyde på at den årlige middelavrenningen fra Kongens gruve er ca. 200 000 m³, som svarer til et nedbørfelt på ca. 0,42 km². Dette er betydelig mer enn det som tidligere er anslått ut fra planimetrering på kart. Det er grunn til å undersøke nedbørfeltet nærmere for å avgjøre om det er deler av området som drenerer inn i gruva, uten at det framgår av kartet.

Tabell 1. Årlig avrenning av gruvevann fra Kongens gruve i den tiden det har foregått kontinuerlige registreringer.

År	Årssum m ³ /år
1996	148268
1997	243173
1998	213599

3.2 Bekk Kongens øvre

Denne bekken er sterkt avhengig av meteorologiske forhold. Lange perioder om sommeren er det ingen vannføring, mens det i snøsmelting og regnværperioder kan være betydelig avrenning. På grunn av de raske skiftningene i vannføring er det stor erosjon langs bekken, og det har vært betydelige problemer med å drive stasjonen for kontinuerlig måling av vannføring. Kontinuerlig registrering og logging av data startet høsten 1997. I september 1998 ble V-overløpet i bekken skiftet ut med en renne med karakteristisk profil (H-renne). Vannføringsmålingene vil derved bli mindre utsatt for problemer med tilslamming av målepunktet.

Foreløpig er det ikke vannføringsdata for et fullstendig kalenderår. Ved beregning av årlig avrenning og årlige transportverdier har vi i denne rapporten benyttet daglige middelveier fra september 1997 til september 98. Total avrenning i denne perioden er beregnet til 201429 m³. Det er en betydelig usikkerhet i denne verdien, fordi trykksonden som måler vannhøyden til tider har vært sterkt tilslammet, mens den i andre perioder har ligget uten vann over.

Den målte årsavrenningen i bekken under veltene i det øvre området er betydelig høyere enn antatt i rapporten fra 1991. I denne tidligere rapporten var nedbørfeltet anslått til 0,2 km², med en midlere vannføring på ca. 3 l/s. Målingene nå tyder på at nedbørfeltet har et areal på 0,4 km², med en normal vannføring på ca.6 l/s. Grunnlaget for denne beregningen er imidlertid svakt. Datamaterialet dekker ikke et helt kalenderår, og det har vært mange problemer av teknisk art med målestasjonen.

Hydrologien ved denne stasjonen vil bli nærmere vurdert i rapporten for 1999.

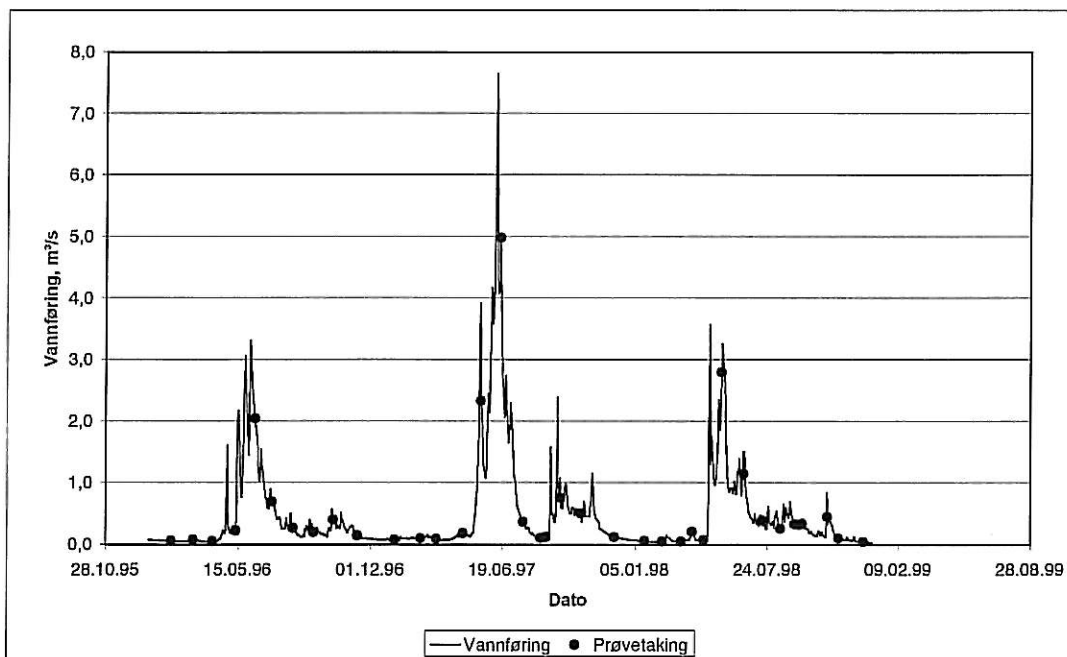
3.3 Orva

Siden 9. desember 1995 har NVE, Region Midt-Norge, målt vannføringen i Orva kontinuerlig ved broen på veien til Kongens gruve. Målepunktet ble kalibrert i løpet av de første to års drift, og er nå i normal drift. Data overføres fra NVE til NIVA en gang pr. år.

For å kunne beregne (anslå) vannføringen i andre deler av Orvas nedbørfelt er arealer til de aktuelle områdene målt med planimeter, og vannføringene beregnes forholdsmessig. Det er selvfølgelig en viss usikkerhet i en slik beregning, men det ville vært svært ressurskrevende om vannføringen skulle måles på alle prøvetakingsstedene. I tabell 2 areal av nedbørfelt og anslått midlere vannføring for de viktigste delnedbørfeltene i Orva samlet. For gruvevannet og bekken i det øvre området ved Kongens gruve, er tallene i tabell 2 anslått ut fra måling av vannføring på disse stasjonene. Disse verdiene bør vurderes nærmere i det videre arbeidet i området.

Tabell 2. Areal og midlere avrenning fra delnedbørfelter i Orvavassdraget. Avrenningskoeffisienten for Orvas nedbørfelt er i tabellen satt til 15 l/s·km⁻². For Glomma oppstrøms Orva er koeffisienten satt til 19,7.

Målepunkt	Areal km ²	Midlere avrenning l/s
Drensvann, Arvedalen	0,4	6
Gruvevann Kongens	0,82	12,3
Gruvevann etter overf.	0,42	6,3
Utløp Orvsjøen	17,6	264
Orva ved veibru	25,5	382,5
Orva ved utløp Glomma	32	480
Glomma nedenfor samløp med Orva	930	18000



Figur 4. Vannføring i Orva ved bro på vei til Kongens gruve. 1996-98.

I figur 4 er vannføringen i Orva for årene 1996-98 presentert grafisk. Verdiene gjelder målestasjonen ved broen på veien til Kongens gruve. For å gi et subjektivt bilde av hvor representative prøvetakings-

tidspunktene er, er disse dagene markert på kurven. Uten at det er gjort noen statistisk vurdering av dette, synes prøvene å representere variasjonen i vannføringen godt.

For å få et bedre grunnlag for å anslå forurensningstransport i tidligere år, er de målte vannføringene i Orva benyttet til å beregne daglige verdier fra tidligere år, på grunnlag av temperatur og nedbørshøyder.

I tabell 3 finnes de simulerte årsavrenningene for årene 1988 - 98. For år hvor det er utført målinger er resultater av disse oppført til sammenlikning. Avrenningen ut av Orvsjøen er beregnet forholdsmessig ut fra nedbørfeltets areal. I 1993 ble vannføringen målt i Orva like nedenfor utløpet av Orvsjøen. En nærmere beskrivelse av hvordan simuleringsberegningen er utført, finnes i kapittel 3.3.1.

Tabell 3. Målt og simulert årsavrenning i Orva (m³/år) ved veibro og i utløp av Orvsjøen. For årene 1996 - 98 er vannføringen målt ved veibroen. I 1993 ble den målt ved utløpet av Orva. For øvrig er verdiene beregnet ved hjelp av HBV-modellen og som forholdstall for nedbørfeltens arealer.

	Ved veibro		Utløp Orvsjøen	
	Simulert	Målt	Simulert	Målt
1988	13209869		9114810	
1989	19950192		13765632	
1990	14073955		9711029	
1991	10511424		7252883	
1992	15486422		10685631	
1993	18924106		13057633	10374011 ¹⁾
1994	13084330		9028187	
1995	14527987		10024311	
1996	9664877	12009168	6668765	8286326 ²⁾
1997	18619027	20979043	12847129	14475540 ²⁾
1998	16458163	12417840	11356133	8568310 ²⁾

¹⁾ Målt i elva

²⁾ Beregnet ut fra målinger ved veibro

3.3.1 Beregning av vannføringer fra tidligere år

NIVAs undersøkelser i Nordgruvefeltet ved Røros har pågått siden 1973. I den første tiden foregikk disse undersøkelsene først og fremst ved prøvetaking for kjemisk analyse. Etter hvert er målet for undersøkelsene blitt beregning av forurensningstransport. Dette har ført til at det er opprettet målestasjoner for vannføring på en rekke punkter i området (kapittel 3.4). For å få sammenliknbare transportdata fra flest mulig år er det gjennomført modellberegninger for beregning av midlere daglige vannføringer på grunnlag av meteorologiske data fra Røros.

En modell som ofte brukes for slike beregninger er HBV-modellen. Den ble opprinnelig utviklet ved SMHI (Sveriges Meteorologiska og Hydrologiska Institutt), Hydrologiska Byrån, avdeling for Vattenbalans (Tveit, 1994). Senere er den modifisert og tilpasset norske forhold. Særlig i forbindelse med tilsigsprognoser til kraftverksmagasiner er HBV-modellen blitt benyttet, men den brukes i dag også for flomvarsling.

De viktigste meteorologiske inngangsdataene til HBV-modellen er nedbør og temperatur. DNMI's målestasjon ligger omlag 10 km sørøst for de sentrale deler av Nordgruvefeltet og 628 meter over havet, som er snaut 100 meter lavere enn det laveste modellerte punktet. Korreksjoner, terskelverdier og gradienter for nedbør og temperatur er også definert. Det er ikke mulig å endre fordampningsdata i den benyttede versjonen av HBV-modellen. Ettersom standardverdien ligger høyere enn hva som er tilfellet i Rørostraktene (Tveit, 1994), er dette kompensert ved å manipulere verdiene for nedbør.

Av andre fysiske parametre som gis inn i modellen er feltets hypsografi viktig. Den hypsografiske kurven beskriver nedbørfeltets høydefordeling som funksjon av areal. Laveste punkt i feltet befinner seg på omlag 700 meter over havet, mens det høyeste er på drøyt 1000 meter over havet. Det totale modellerte området er på 25,5 km². Andelen innsjøer er av betydning for hvor raskt vannet drenerer, og i Nordgruvefeltet er innsjøandelen på 12 %.

HBV-modellen består også av en del parametre som ikke har noen direkte fysisk mening, men som må defineres før en simulering kan utføres. Disse parametrene kalles frie parametre og må kalibreres ved hjelp av målte vannføringer slik at forskjellen mellom observert og beregnet verdi blir minst mulig. Når de frie parametrene er tilpasset det aktuelle nedbørfeltet, kan modellen benyttes til å beregne vannføringer hvor det kun foreligger data for nedbør og temperatur. Ved den utførte kalibreringen var de fleste frie parametrene innenfor forventet variasjonsområde (Killingtveit og Sælthun, 1995). Modellen ble kalibrert ved å benytte observerte vannføringer fra årene 1996 - 1998 sammen med meteorologiske data fra tilsvarende periode.

Den tilpassede hydrologiske modellen viser rimelig god overensstemmelse med de observerte dataene. Tilpasningen er testet statistisk ved å beregne kumulativ differanse og forklart varians.

Kumulativ differanse: er definert som summen av differansen mellom målt og simulert daglig vannføring, $\sum (Q_o - Q_s)$, der Q_o er den observerte vannføringen og Q_s er den simulerte. Dette kan sees på som et uttrykk for vannbalansen over den aktuelle perioden (september 1996 og ut 1997). Det var et positivt avvik på 5.2 % mellom observert og beregnet avrenning fra området over hele perioden. Dette må sies å være akseptabelt.

Den andre testen som er utført er forklart varians som er definert ved følgende formel:

$$R^2 = \frac{\sum (Q_o - \bar{Q}_s)^2 - \sum (Q_s - Q_o)^2}{\sum (Q_o - \bar{Q}_s)^2}$$

R^2 kan variere fra $-\infty$ til +1.0, hvor verdier i området 0.6 - 0.9 er vanligst. Tilpasningen til Nordgruvefeltet ga en forklart varians på 0.81. Dette indikerer at resultatene er gode.

Tilpasningen av HBV-modellen kan antageligvis forbedres hvis den fysiske beskrivelsen av nedbørfeltet gis mer nøyaktig. Det tenkes her primært på en mer presis gjengivelse av den hypsografiske kurve. De frie parametrene kan også justeres finere hvis mer tid legges ned i kalibrering av disse. Det er dessuten svakheter i funksjonaliteten i denne benyttede versjonen av HBV. En mer avansert versjon som tillater en riktigere behandling av de meteorologiske dataene vil gi en mer nøyaktig beskrivelse av de hydrologiske forholdene.

4. Kjemiske analysedata

4.1 Målinger i årene 1996-98

Ved undersøkelsene i årene 1996 - 98 er det tatt månedlige prøver ved de aktuelle stasjonene. Prøvetakingen ble imidlertid startet til forskjellig tid, slik at måleseriens lengder er forskjellige. De lengste seriene finnes for gruvevannet fra Kongens gruve og fra Orva ved broen på vei til Kongens gruve (figur 1).

Alle kjemiske data som er benyttet i den foreliggende rapport er samlet i tabell 18 til tabell 24 i Vedlegg A.

4.1.1 Gruvevann Kongens

Ved denne stasjonen er det tatt vannprøver i mange år. De første prøvene ble tatt i 1989 og allerede i 1978 ble det tatt prøver i bekken fra gruva, men ca. 200 m nedenfor den nåværende stasjonen (2). Systematisk prøvetaking over et helt år kom ikke i gang før i 1993. Siden 1996 er det tatt månedlige prøver av gruvevannet ved Kongens gruve. Denne prøvetakingen er opprettholdt i 1999.

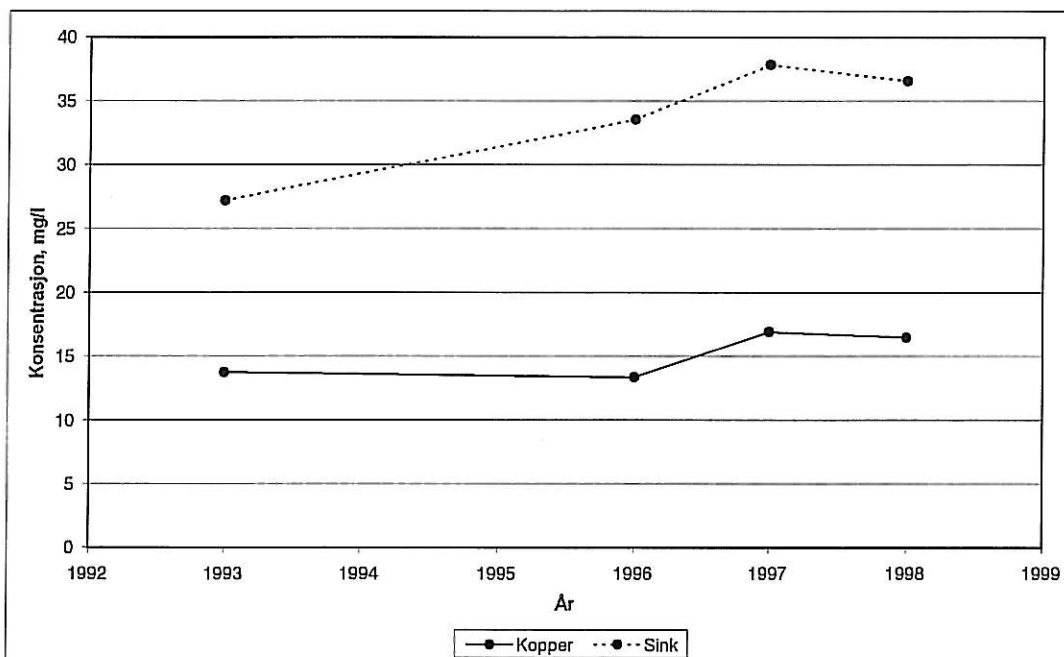
I tabell 4 er årlig middelværdi, standard avvik og antall prøver for årene 1993 og perioden 1996 - 98 samlet. De samme middelværdiene for kopper og sink er vist grafisk i figur 5.

Tabell 4. Middelværdier for analysedata for prøver fra gruvevann ved Kongens gruve..

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l
1993							
Middel	2,80	148,3	730	108,9	13,8	27	
Antall	13	13	13	13	13	13	13
Std.avv.	0,07	23,4	210	31	3,7	6,4	15
1996							
Middel	2,71	182	856	136	13,4	34	40
Antall	11	11	11	11	11	11	11
Std.avv.	0,09	30	231	44	3	7,4	13
1997							
Middel	2,73	185	991	156	17	38	62
Antall	14	14	14	14	14	14	14
Std.avv.	0,05	34	333	59	6	12	27
1998							
Middel	2,73	192,2	1030	161,9	16,5	37	73,6
Antall	14	14	14	14	14	14	14
Std.avv.	0,08	29,33	275,1	61,3	2	9,0	13,6

Av tabell 4 og figur 5 framgår det at det kopper- og sinkkonsentrasjonene i gruvevannet har endret seg lite i de årene det finnes målinger for. Det kan se ut som om metall og sulfatkonsentrasjonene er gått

litt opp samtidig som pH er blitt litt lavere siden 1993. Endringene er imidlertid så små at de neppe er statistisk signifikante.



Figur 5. Årlig middelkonsentrasjon av kopper og sink i gruvevann fra Kongens gruve (stasjon 2).

4.1.2 Bekk under veltet ved Kongens - Øvre område

Prøvetakingen i bekken nedenfor veltene i det øvre området ved Kongens gruve har vært uregelmessig. Prøvestedet er relativt vanskelig tilgjengelig, og vannføringen her varierer meget. Om vinteren og i perioder om sommeren kan det være umulig å ta prøver her fordi er bekken fullstendig tørr. I vårflom og i våte perioder sommer og høst kan vannføringen bli betydelig.

Middelverdi, standard avvik og antall prøver i hver periode for viktige forurensningsparametre fra denne stasjonen er samlet i tabell 5. Verdiene for 1991/92 er svært spredt og middelverdiene avviker en del fra det som er funnet i 1997/98. Mer regelmessig prøvetaking kom i gang i juni 1997 og først i 1998 har det vært mulig gjennomføre prøvetaking et fullt kalenderår. I 1998 forsvant vannføringen i bekken i oktober/november, og siste prøve ble derfor ikke tatt i oktober.

Tabell 5. Middelveier for analysedata for prøver fra bekk under velte ved Kongens, øvre. Verdiene for 1997 og -98 er beregnet tidsveiet i de periodene det finnes prøver.

År	pH	Konduk- tivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium mg/l
1991/92	<i>Datamaterialet fra denne perioden er svært spredt</i>						
Middel (aritm)	2,80	128	538	61,9	14,2	19,2	
1997	<i>Middel for 1997 er beregnet for perioden juni - des.</i>						
Middel	2,98	102	409	39	11	19	
Std.avv.	0,20	42	216	29	6,9	11,2	
Antall	7	7	7	7	7	7	
1998	<i>Middel for 1998 er beregnet for perioden april - oktober</i>						
Middel	2,97	95	334	33	9	12	25
Std.avv.	0,13	29	164	14,7	3,9	7,2	12
Antall	8	8	8	8	8	8	8

4.1.3 Orva ved utløp av Orvsjøen

Prøvetakingen ved utløpet av Orvsjøen har ikke vært gjennomført systematisk før i 1992/93, da det ble tatt månedlige prøver samtidig med at vannføringen ble registrert kontinuerlig. Etter at denne måleserien var avsluttet, var det ingen prøvetaking fram til august 1997, da regelmessig prøvetaking igjen ble etablert.

Da måleprogrammet ble startet i 1997, ble stasjonen for prøveuttak flyttet ca. 200 m nærmere utløpet av innsjøen. Dette skyldtes dels praktiske hensyn, dels at dette punktet er mer representativt for vannkvaliteten i Orvsjøens overflatelag.

Hensikten med disse målingene er å bedre grunnlaget for en materialbalanse for forurensnings-transport i området.

Tabell 6. Årsmiddel for kjemiske analysedata for prøver fra utløp av Orvsjøen

Dato	pH	Konduk- tivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kad- mium µg/l
1992/93							
Årsmiddel	6,31	4,1	11	182	119	569	0,85
Antall	18	18	18	18	18	18	5
Std avv.	0,53	1,0	4,0	146	61	354	0,20
1998							
Middel	6,58	3,4	8,5	68	133	384	0,85
Antall	12	12	12	11	12	12	12
Std.avv.	0,15	0,3	0,5	14	34	68	0,15

I tabell 6 er samlet årsmiddel, standard avvik og antall prøver for viktige analysevariable for årene 1992/93 og 1998.

Det er vanskelig å avgjøre om de to måleperiodene i tabell 6 har gitt forskjellige resultater. For det første er de to prøveseriene gjennomført i noe forskjellige tidsperioder i løpet av året. I tillegg er variasjonen i de fleste analysevariable så stor at forskjellene i middelværdier ikke er statistisk signifikant. Denne usikkerheten vil bli redusert noe i og med at målingene fortsettes også i 1999.

En annen hensikt med måleprogrammet for utløpet av Orvsjøen, er å studere betydningen av å overføre bekken i det øvre området ved Kongens gruve til Hjulhusbekken. Betydningen av dette vil bli nærmere diskutert når analysedata for 1999 foreligger.

4.1.4 Orva ved bro på vei til Kongens gruve

Denne stasjonen er en av dem hvor NIVA har data lengst tilbake i tid. Oppfølgingen og regularitet i måleprogrammene har imidlertid variert. På dette punktet i Orva er praktisk talt alle forurensninger fra Nordgruvefeltet ført inn i elva, bare gruvevannet fra Lergruvebakken renner inn i Orva nedstrøms stasjonen.

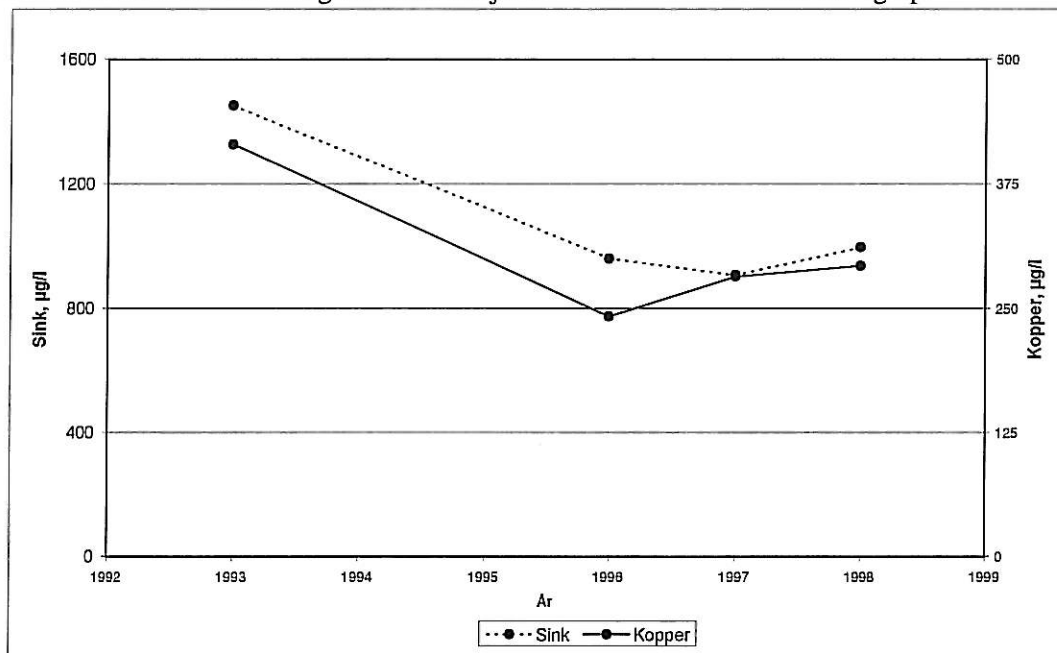
I tabell 7 finnes årsmiddel, standard avvik og antall prøver for årene 1993 og 1996 - 98. I figur 6 er de årsmiddel for kopper og sink i de samme årene framstilt grafisk. Analysedata for prøver fra tidligere år er omtalt i neste kapittel (4.2).

Tabell 7. Tidsveiede middelværdier for analysedata for prøver fra Orva ved bro på vei til Kongens gruve

År	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1993							
Middel	4,94	9,6	31	2788	415	1451	
Antall	14	14	14	14	14	14	
Std.av.	0,61	5,4	16	2755	346	1048	
1996							
Middel	5,17	7,8	25	1564	242	960	1,59
Antall	10	10	10	10	10	10	10
Std.av.	0,81	1,9	7	844	108	368	0,68
1997							
Middel	5,00	7,5	25	2763	282	906	1,50
Antall	12	12	12	12	12	12	12
Std.av.	0,55	3,3	12	2569	163	358	0,62
1998							
Middel	4,68	8,0	28	2515	293	996	1,55
Antall	14	14	14	14	14	14	14
Std.av.	0,31	1,7	6	964	100	249	0,49

Ut fra datamaterialet er det rimelig å anta at det har vært en viss forbedring av vannkvaliteten i Orva fra 1993 til perioden 1996-97. Det kan samtidig synes som om det har vært en økende tendens spesielt i kopper og sinkverdien i perioden. Disse tendensene er neppe statistisk signifikante, men en bedre vurdering av dette vil bli mulig når måledata for hele 1999 foreligger.

Det har vært store endringer i nedbørfeltet fra 1993 og fram til i dag. Det er gjennomført tiltak på avgangsdammer og gruveavfall rundt flotasjonsverket, og bekken i det øvre området er overført til Hjulhusbekken. Det kan ta flere mange år før situasjonen er stabilisert etter slike inngrep.



Figur 6. Tidsveiede årlige middelværdier for kopper og sink i Orva ved broen på vei til Kongens gruve.

4.2 Tidligere undersøkelser i Orva

I årene før det nåværende måleprogrammet ble etablert, var det bare en periode i 1992/93 hvor vannføringen var registrert kontinuerlig. Da ble den målt kontinuerlig i Orva like nedenfor utløpet fra Orvsjøen, og det ble i samme periode tatt vannprøver stort sett hver måned eller oftere fra utløp av Orvsjøen, i Orva ved veibro og fra gruvevann fra Kongens gruve. Bortsett fra denne perioden, er data-materialet fra Nordgruvefeltet spredt, og målsetningen for undersøkelsene i de forskjellige periodene var forskjellige. Det er derfor vanskelig å sammenlikne data fra tidligere år. I tabell 8 er middel, antall og standardavvik for alle data fra årene 1988 - 1992 stilt sammen.

Tabell 8. Kjemiske analyseresultater fra Orva ved veibro til Kongens gruve i tiden 1988 - 1992

	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l
Middel	4,18	12,1	32,2	2372	451	1383
Antall	12	9	10	10	12	12
Std.av.	0,26	3,53	9,36	856	98	404

Middelværdiene fra før 1993 gjelder prøver som er tatt svært spredt, og uten hensyn til årstid. Det er derfor interessant at disse verdiene viser såvidt stor overensstemmelse med årsmidlene for 1993.

Variasjonene i dette materialet avviker merkbart fra det vi finner i de enkelte år i perioden 1996 -98. Prøvetakingen foregikk tidligere først og fremst i sommerhalvåret, men det er foreløpig ikke påvist noe klart mønster for sesongvariasjoner for kjemiske parametre i Orva.

5. Transportverdier

5.1 Resultater fra årene 1996 - 98

For årene 1996 - 1998 foreligger nå relativt pålitelige kontinuerlige målinger av vannføring på flere steder. Det er dessuten tatt vannprøver månedlig ved de samme stedene. Dette gjelder hele perioden for Orva ved veibro og gruvevannet fra kongens gruve. For de øvrige prøvepunktene er måleperioden kortere, men det blir etter hvert et pålitelig datamateriale også fra Orva ved utløp av Orvsjøen og fra bekken som nå overføres til Hjulhusbekken og videre direkte til Orvsjøen.

Alle transportverdier som er gjengitt i det følgende er beregnet ved å beregne tidsveide årsmiddel for de ulike vannkvalitetsparametrene (jern, kopper, sink og kadmium) Disse middelverdiene er multiplisert med total avrenning for året for å bestemme transporten. Dette er en litt annen måte for beregning av slike verdier enn det som er benyttet i tidligere rapporter, men antakelig den mest pålitelige når det foreligger gode verdier for årsavrenningen. Verdiene i denne rapporten kan derfor avvike noe fra det som finnes i tidligere rapporter, men det anbefales at verdiene i den foreliggende rapport legges til grunn for vurderinger i framtiden. Så langt som mulig er verdier for tidligere år forsøkt beregnet på samme måte (kapittel 5.2).

I dette kapitlet beskrivelse av beregningsmåter og resultater samlet, mens sammenhengen mellom transportverdiene ved de ulike stasjonene blir nærmere diskutert i kapittel 7.

5.1.1 Utløp Orvsjøen

Ved utløpet av Orvsjøen er vannføringen beregnet ut fra verdien ved broen på vei til Kongens gruve. Det ligger en viss usikkerhet i dette, så små endringer fra år til år bør ikke tillegges for stor vekt. På grunn av menneskelige inngrep kan det tenkes at beregning av nedbørfeltets areal ut fra kartet kan gi en systematisk feil. I tabell 9 er samlet verdier for transport av viktige forurensninger (sulfat, jern, kopper, sink og kadmium) for 1993 og 1998. Selv om det ikke skulle være grunn til noen reduksjon i verdiene ved denne stasjonen, er de fleste av verdiene lavere i 1998 enn i 1993. Avrenningen i 1993 var betydelig høyere i 1993 enn i 1998, og dette kan uten tvil forklare denne forskjellen.

Tabell 9. Transportverdier for sulfat og tungmetaller i Orva ved utløp av Orvsjøen. Verdiene gjelder år der det har vært kontinuerlig måling av vannføring i elva og regelmessig prøvetaking.

År	Avrenning m ³ /år	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1993	10374011	112	1,9	1,2	5,9	8,9
1998	8568310	73	0,6	1,1	3,3	7,3

5.1.2 Bekk under tipp – Kongens, øvre område

Vannføringsdata fra denne stasjonen er foreløpig svært usikre, og transportverdiene får tilsvarende usikkerhet. Det finnes bare avrenningstall fra ett år, og perioden gjelder ikke et fullt kalenderår. Dette avrenningstallet er multiplisert med tidsveiet årsmiddel 1998 for de aktuelle forurensningsparametrene. Resultatene av disse beregningene er ført opp i tabell 10. Verdiene er tilordnet 1998, selv om måleperioden for vannføring er noe forskjøvet i forhold til dette. Avviket gjelder imidlertid vintermånedene, når vannføringen i lange perioder er tilnærmet null.

Tabell 10. Transport av sulfat og tungmetaller i bekk under tippene på Kongens gruve - øvre område. Verdiene er basert på middelkonsentrasjonene i tabell 5.

År	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år	Avrenning m ³
1998	67	7	1,8	2,3	5,1	201429

5.1.3 Gruvevann – Kongens gruve

Denne stasjonen er et viktig utgangspunkt for vurdering av forurensningstransporten fra denne delen av Nordgruvefeltet. Tidligere utgjorde denne strømmen sammen med utløpet fra avgangsdammene lengre nede den samlede avrenningen fra området. Etter at dammene ble tettet og avgangen ble overdekket, er avrenning fra denne delen av nedbørfeltet ikke målt av NIVA. Likevel antas gruvevannet å representere den største tilførselen til Orva nå. Fordi bekken i det øvre området nå er overført til Hjulhusbekken, skulle en vente at transportverdiene i gruvevannet skulle bli tilsvarende redusert.

I tabell 11 er transportverdier samlet for de årene det finnes avrenningstall for, dvs. 1996 – 98.

Tabell 11. Transport av sulfat og tungmetaller i gruvevann fra Kongens gruve i for årene 1996 - 98

År	Avrenning m ³ /år	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1996	148268	127	20	2,0	5,0	
1997	243173	241	38	4,1	9,2	15,2
1998	213599	220	35	3,5	7,8	15,7

Det har vært store variasjoner, og det framgår meget tydelig av tabellen at avrenningen er avgjørende for transportverdien. Den meget lave verdien i 1996 skyldes nettopp at dette året var spesielt tørt.

5.1.4 Orva ved bro på vei til Kongens gruve.

Dette er det viktigste målepunktet for vurdering av samlet forurensningstransport i Nordgruvefeltet. Tiltak som gir reell reduksjon av tilførselen fra en kilde i området bør kunne registreres ved denne stasjonen. Det er imidlertid usikkerhet i måleresultatene også her, og det skal relativt store endringer til for at dette skal resultere i statistisk signifikante endringer i de beregnede transportverdiene. I tabell 12 er samlet beregnede transportverdier for årene 1993 og 1996 – 98. Det er relativt store variasjoner fra

år til år, men det kan se ut til at det har vært en viss nedgang i forurensningstransporten i Orva på dette punktet siden 1993. Hvor stor denne reduksjonen har vært er det vanskelig å kvantifisere, men dette vil bli nærmere drøftet i kapittel 7.

Tabell 12. Transport av sulfat og tungmetaller i Orva ved veibro i for årene 1993 og 1996 - 98

År	Avrenning m ³ /år	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1993	18924106	593	53	7,8	27	
1996	12009168	306	19	2,9	12	19,1
1997	20979043	535	58	5,9	19	31,5
1998	12417840	346	31	3,6	12	19,3

5.2 Orva - tidligere år

Som nevnt i kapittel 4.2 var måling av vannføring og prøvetaking i årene før 1996 lite systematisk, når vi ser bort fra en periode i 1992/93. Det er derfor vanskelig å beregne pålitelige transportverdier for tidligere år. NIVA har imidlertid kjemiske analysedata helt tilbake i 1973, og det er av stor interesse å prøve å knytte disse verdiene til vannføringer, slik at det blir mulig å vurdere forurensningstransport i tidligere år. Som nevnt i kapittel 3.3.1 er det gjort en beregning av daglige vannføringer i Orva for årene fra 1988 til 1995 ved hjelp av HBV-modellen. Beregningene er i hovedsak basert på daglige nedbørhøyder og middeltemperaturer.

Det er få systematiske prøveserier fra området, men det er likevel forsøkt å beregne transportverdier på dette grunnlaget.

Tabell 13. Anslåtte årlige transportverdier i Orva ved bro på vei til Kongens gruve i årene 1988 - 1992. Beregningsmåten er beskrevet i teksten.

År	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
1988	425	31	6,0	18
1989	642	47	9,0	28
1990	453	33	6,3	20
1991	338	25	4,7	15
1992	498	37	7,0	21

De årlige transportverdiene som finnes i tabell 13 er fremkommet ved at det er beregnet en samlet aritmetisk middelvei for sulfat, jern, kopper og sink for alle analysedata fra perioden. Disse middelveiene er igjen kombinert med de simulerte verdier for årsavrenning. Denne beregningsmetoden er selvfølgelig svært unøyaktig, men de beregnede verdien er antakelig de mest korrekte verdiene som hittil er presentert for området.

6. Lergruvebakken

Da Lergruvebakken ble lagt ned i 1977, ble gruva etter hvert fylt med vann naturlig. I dag renner gruvevannet som en bekk over plassen foran gruva. NIVA har ikke fulgt bekken videre, og vi vet ikke eksakt hvor forurensningene fra området evt. når fram til Orva.

Det har ikke vært regelmessige prøvetakinger her, men i årene fra 1977 til 1998 er det tatt i alt 11 vannprøver. Viktige analyseresultater fra disse prøvene er samlet i tabell 14. Det framgår av tabellen at vannet har høy pH, litt forhøyede sulfat- og jernverdier, og meget høyt innhold av sink. Vannmengden er vanligvis meget liten, og transportverdiene er derfor lave og uten betydning i forhold til den øvrige transport av tungmetaller i Nordgruvefeltet.

I forbindelse med undersøkelsene i Nordgruvefeltet er det også gjort orienterende undersøkelser ved Lergruvebakken og ved Rødalen gruve. Avrenningen fra disse gruveområdene inngår ikke i data som er tatt ved noen av de øvrige målestasjonene i området. Transportverdiene som er beregnet for Orva omfatter derfor ikke avrenning fra disse gruvene.

Tabell 14. Analyseresultater for gruvevann fra Lergruvebakken gruve. Alle NIVAs prøvetakinger. Der det ikke er oppført verdier er analysen ikke utført

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Vannføring l/s
09.02.77	8,61	41,3	71	29000	2950	6800	-	
25.06.84	7,37	42,4	106	480	7	3040	1,4	
15.06.87	7,14		220	250	6,9	8770	-	
23.06.88	7,45	36,2	65	310	1,8	2040	0,31	
14.08.88	7,50	36,4	71	370	7	2180	1,5	
11.10.89	7,60	35,2	48	360	12	2320	1	
31.08.90	7,23	30,1	56	26200	10	1800		
21.05.91	7,10	32,8	47	-	5,4	1940	-	
01.09.93	7,53	32,3	50,3	120	5,14	1157	0,71	
18.06.98	7,30	34,1	52,4	240	-	1240	-	3,57
04.09.98	7,33	33,7	55,4	100	-	1290	0,7	2,45

- ikke påvist

Tabell 15. Transportverdier for gruvevann fra Lergruvebakken gruve. Vannføring er kun målt i 1998. Tilsvarende årstransport er angitt i kg og g pr. år.

Dato	Sulfat kg/døgn	Jern kg/døgn	Kopper kg/døgn	Sink kg/døgn	Cd g/døgn
18.06.98	16,2	0,07	-	0,38	-
04.09.98	11,7	0,02	-	0,27	0,15
Middel	13,9	0,05		0,33	0,15
Tilsv. årstransport	5090	17	-	120	54

7. Diskusjon av resultatene

Årsavrenningen i Orva ved broen på vei til Kongens gruve var i 1990 meget nær middelavrenningen for perioden fra 1988 - 1998 (ca. 6 % høyere). I årene 1996 - 1998 var det store variasjoner i årsavrenningen, men middelverdien for disse tre årene var også nær middelverdien for 1988 -98. Det er viktig å huske at mange av avrenningstallene i disse beregningene er anslått ved hjelp av en simuleringsmodell, slik at usikkerheten er betydelig. Med utgangspunkt i disse avrenningstallene er det likevel antatt at transportverdiene i 1990 og middelverdiene for 1996 - 98 er sammenliknbare.

På grunnlag av undersøkelsene i 1990 og det datamaterialet som forelå da, ble forurensningstransport i Nordgruvefeltet anslått i NIVAs rapport fra 1991 (Arnesen). I tabell 16 er samlet verdier som gjelder tilsvarende målesteder i det nåværende programmet.

Tabell 16. Anslått forurensningstransport i Nordgruvefeltet i 1990. Betegnelsene svarer til de stasjoner som er benyttet i den foreliggende rapport (Arnesen 1991).

Stasjon	Sulfat tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
Utløp Orvsjøen	89	1,1	3,7
Gruvevann Kongens	179	2,8	5,0
Orva ved bro på vei til Kongens gruve	493	5,7	20,7

I 1990 ble total tilførsel til Orva fra Kongens-området anslått til 3,3 tonn kopper, 15 tonn sink og 200 tonn sulfat. Av denne transporten ble 51 tonn sulfat, 0,4 tonn kopper og 3,1 tonn sink antatt å komme som overflateavrenning fra avgangsdammene nedenfor flotasjonsverket. De øvrige tilførselene fra området var da gruvevannet og sigevann fra gruveavfallet på oversiden av veien.

I tabell 17 er midlere årstransport for sulfat, kopper og sink i perioden 1996 - 98 samlet. Fordi den midlere avrenningen i disse årene er tilnærmet lik verdien for 10-årsperioden 1988 - 98, er det antatt at transportverdiene i tabell 16 og tabell 17 er sammenliknbare.

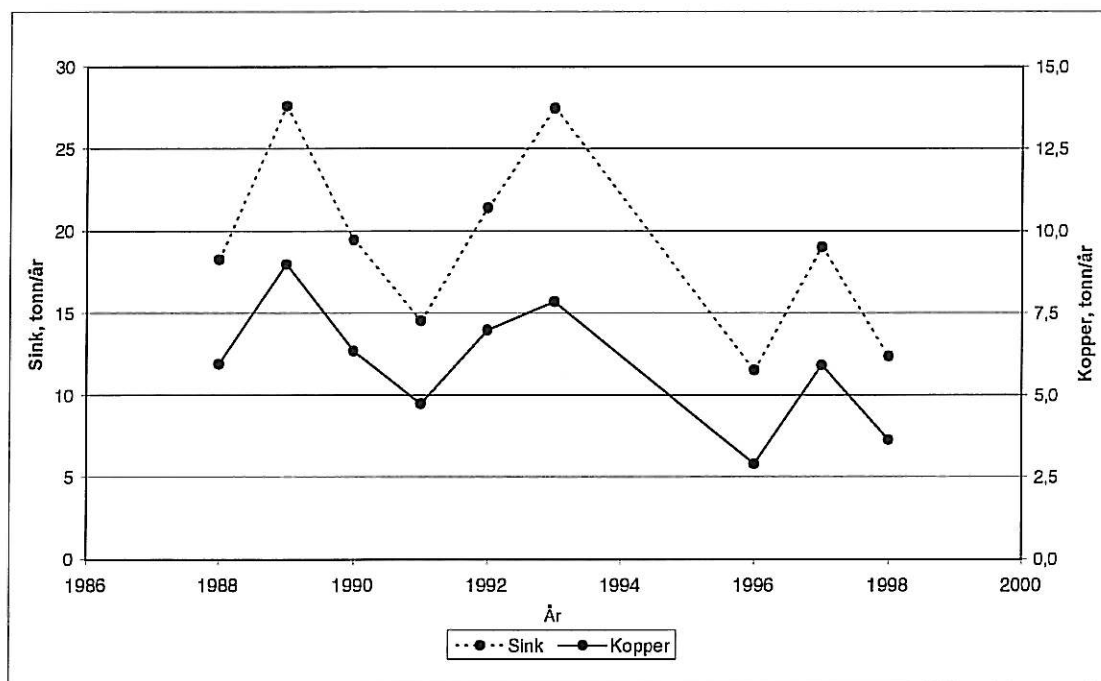
Tabell 17. Beregnede middelverdier for forurensningstransport i Nordgruvefeltet i årene 1996 - 98

Stasjon	Sulfat tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
Gruvevann - Kongens gruve	196	3	7
Orva ved bro på vei mot Kongens gruve	395	4	14

På et slikt grunnlag tyder resultatene på at tiltakene som er gjennomført ved Kongens gruve har hatt en effekt på forurensningssituasjonen i Orva ved broen på vei til Kongens gruve. For kopper har det anslagsvis vært en reduksjon på 25 %, for sulfat 20 % og for sink litt over 30 % i løpet av disse årene.

Med den usikkerheten man har i slike måleopplegg er disse forholdsvise små reduksjonene neppe statistisk signifikante, men det er rimelig å anta at endringene er reelle og at de skyldes tiltakene som er gjennomført.

Også i 1993 ble det foretatt beregning av transportverdier for stasjoner i Nordgruvefeltet. Dette året hadde spesielt høy avrenning. Disse verdiene er det derfor ikke lagt spesiell vekt på ved sammenlikninger mellom enkeltår, men verdiene er benyttet ved beregning av middelverdier for området, og i vurdering av vannføringens betydning for forurensningstransport.



Figur 7. Årlig transport av kopper og sink i Orva ved bro på vei til Kongens gruve.

Tungmetalltransporten fra Nordgruvefeltet fører til økning i konsentrasjonene i Glomma. Reguleringen av Aursunden kan føre til relativt lave vannføringer i Glomma i forhold til den i Orva på samme tid. En teoretisk beregning av konsentrasjonsøkningen på grunn av transporten fra gruveområdet er derfor bare veiledende, og angir bare en størrelsesorden.

Dersom vi antar en midlere vannføring i Glomma nedenfor Orvos på $18 \text{ m}^3/\text{s}$ (tabell 2) og en transport av kopper på 4 tonn pr. år i Orva, svarer dette til en konsentrasjonsøkning på ca. $7 \mu\text{g}$ kopper pr. liter i Glomma. Dette er en betydelig økning. Til tider vil konsentrasjonsøkningen være betydelig høyere fordi vannføringene i Glomma og Orva ikke varierer i takt. I henhold til SFTs normer for vannkvalitet må Glomma nedenfor Orvos, etter SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Bratli *et al.* 1997), betegnes som "meget sterkt forurenset" (Kopper $> 6 \mu\text{g}/\text{l}$).

I Orvsjøen og i Orva har tiltakene ved Kongens gruve gitt så små endringer i konsentrasjonsforholdene at disse vannforekomstene fortsatt i praksis er uten liv.

8. Konklusjon

NIVA har gjennom en rekke år utført undersøkelser av vannforurensning fra Nordgruvefeltet ved Røros. Siden 1996 har arbeidet vært mer systematisk, med hovedvekt på forurensningstransport i området.

Det er opprettet 4 stasjoner med regelmessig prøvetaking for kjemisk analyse. Ved tre av disse stasjonene er det dessuten etablert kontinuerlig registrering av vannføring.

Undersøkelsene i 1996 - 1998 tyder på at det ikke har vært endringer i forurensningstransporten i gruvevannet fra Kongens gruve, til tross for at en del av det vannet som tidligere gikk inn i gruva nå er ført ut av gruvas nedbørfelt og til Orvsjøen.

Tiltak som er gjennomført i området rundt flotasjonsverket ved Kongens gruve fra 1991 til 1996 synes å ha gitt en reduksjon av forurensningstransporten i Orva. Gjennomsnittlig transport av kopper og sink var i perioden 1996- 98 henholdsvis 4 tonn Cu og 14 tonn Zn pr. år, mens den tilsvarende var 5,7 og 20,7 tonn i 1993. Dette svarer til en reduksjon i koppertransporten på 25 % og for sink har reduksjonen vært ca. 30 %.

Det er vist at årlig tungmetalltransport er sterkt avhengig av årsavrenningen, med høye verdier i år med høy avrenning. Tallene som er angitt ovenfor svarer til situasjonen i et år med tilnærmet "normal" avrenning.

Undersøkelsene i Nordgruvefeltet videreføres i 1999, og det er aktuelt å etablere en mer kvantitativ sammenheng mellom avrenning og materialtransport når også tallene fra dette året foreligger.

Konsentrasjonene av tungmetaller i Orva og Orvsjøen er fortsatt så høye at det ikke kan ventes nevneverdig liv her.

I forhold til de øvrige kildene til forurensning i området, har gruvevannet fra Lergruvebakken ingen praktisk betydning for tilførselene fra Nordgruvefeltet til Glomma.

9. 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., Hals, B. og Ahlfors, J. 1991
Avrenning fra velter - Arvedalen gruve, Nordgruvefeltet, Røros
NIVA-rapport O-91156, L.nr.: 2715, 10 sider
- Arnesen, R.T. og Iversen, E.R. 1994
Virkninger av øket tilførsel av gruvevann til Orvsjøen,
Nordgruvefeltet, Røros.
NIVA-rapport O-94917/O-93126/O-92123
- Bratli, J. L., Andersen, J. R., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B. O., Aanes, K. J. 1997
Klassifisering av miljøkvalitet i vann
Statens forurensningstilsyn, TA-nummer 1468/1997, 31 sider
ISBN 82-7655-368-0
- Killingtveit, Å. og Sælthun, N. R. 1995
Hydrology. Hydropower Development - Volume no 7. Norwegian Institute of Technology, Division of Hydraulic Engineering. 1995.
- Tveit, J. 1994
Ingeniørhydrologi - bind 2, Institutt for vassbygging. 1994.

Vedlegg A.

Tabell 18. Kjemiske analyseresultater fra bekk under velte i Øvre område ved Kongens gruve

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
30.09.90	2,82	105	362	26200	5910	15300	25
02.10.91	2,68	192	1170	143000	31000	30800	
04.10.91	2,77	126			12800	19600	
08.10.91	2,87	109	495	57500	12200	17400	
14.10.91	2,79	121		60000	14100	20200	
17.10.91	2,75	113		48100	8900	12400	
23.10.91	2,74	134		63100	14700	19500	
30.10.91	2,65	155		75000	18700	24000	
06.11.91	2,71	170		79000	21600	27000	
01.07.92	3,17	52	125	4540	2400	5470	
02.07.97	3,27	39	97	9710	2860	3720	< 5
20.07.97	3,25	43	110	4260	2430	4740	9
16.08.97	2,98	80	240	9170	3180	30700	13
24.08.97	2,86	109	341	20800	4310	10200	14
15.09.97	2,78	130	527	60800	15100	19900	30
09.10.97	2,84	127	533	69600	15200	20500	45
15.10.97	2,87	139	638	62200	17500	30100	60
01.04.98	3,02	90	308	29100	9270	9280	25
15.05.98	2,80	101	299	44100	7570	9260	20
18.06.98	3,19	55	173	19200	4500	6110	10
16.07.98	3,03	70	196	13400	4460	8170	20
13.08.98	2,90	120	482	37400	10300	18000	35
04.09.98	2,80	147	674	53800	16800	27600	50
15.09.98	2,87	117	440	30300	10400	18000	35
24.10.98	2,92	103	377	52100	9890	12300	25

Tabell 19. Analyseresultater for prøver av gruvevann fra Kongens gruve, 1978-93.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
03.07.78	2,83	155	648	135000	16500	30900	62
01.09.89	2,78	170	880	131000	16400	32700	70
06.09.89	2,78	170	880	131000	16400	32000	70
10.10.89	2,84	178	1025	127000	17200	38200	70
20.03.90	2,76			229000	11100	48000	75
25.04.90	2,63		1200	222000	16400	45430	
02.05.90	2,73	113	340	56000	9100	15000	
09.05.90	2,62		690	127000	18500	28300	56
16.05.90	2,67		746	136000	19800	30300	64
23.05.90	2,69		844	148000	20100	32100	69
30.05.90	2,72		711	120000	18000	28000	54
31.08.90	2,71	158	791	109000	12200	29000	58
19.09.90	2,78	155			13400	28800	51
26.09.90	2,60	188		7340	12800	25800	57
03.10.90	2,70	178		102000	14700	30000	63
10.10.90				117000	14100	30200	54
17.10.90	2,77	168					
31.10.90	2,67	189		123000	14800	32500	67
21.05.91	2,74	175	935		23600	35500	
02.10.91	2,79	152	900	112000	15800	31600	
04.10.91	2,68	168			16000	32500	
08.10.91	2,72	171	1030	130000	20900	37500	
14.10.91	2,68	171		140000	20700	36200	
17.10.91	2,60	185		138000	20100	35800	
23.10.91	2,60	188		148000	20500	37200	
30.10.91	2,59	194		130000	19400	34000	
06.11.91	2,66	186		130000	19000	34000	
01.07.92	2,81	139	548	84400	11400	22500	40
06.11.92	2,74	161	910	131000	12200	32800	60
14.01.93	2,73	172	1072	163000	9460	35900	55
30.04.93	2,96	105	392	64600	9740	16800	< 50
28.05.93	2,70	144	560	89100	14700	23600	50
12.06.93	2,80	126	551	89200	14400	22700	50
25.06.93	2,79	147	572	87200	13700	22800	50
08.07.93	2,83	119	413	51700	9180	16900	< 50
23.07.93	2,78	129	461	62700	11300	18900	< 50
05.08.93	2,71	163	680	95400	16600	26100	50
23.08.93	2,76	167	754	109000	17900	30900	60
01.09.93	2,77	154	743	102000	17900	27800	60
17.09.93	2,74	180	886	125000	19700	31700	60
02.10.93	2,73	175	883	130000	19000	33800	70
09.11.93	2,83	158	871	127000	17100	31300	60

Tabell 20. Analyseresultater for prøver av gruvevann fra Kongens gruve, 1996-98.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l
05.01.96	2,93	193	916	137	10,5	32	50
04.02.96	2,78	188	1015	165	10,1	36	41
08.03.96	2,68	203	1114	186	9,8	38	31
06.04.96	2,69	224	1009	199	8,7	37	43
11.05.96	2,63	194	749	139	12,2	31	29
09.06.96	2,74	126	401	61	10,7	17	31
05.07.96	2,79	125	476	65	12,4	21	35
06.08.96	2,64	172	700	101	15,7	31	55
06.09.96	2,73	178	835	132	17,3	37	70
06.10.96	2,69	190	901	134	15,8	36	50
11.11.96	2,67	192	1030	146	17,5	41	<50
06.01.97	2,65	208	1129	170	15,4	43	70
14.02.97	2,70	216	1231	205	13,8	47	48
10.03.97	2,80	210	1377	229	12,9	48	70
20.04.97	2,78	226	1419	267	11,1	51	40
17.05.97	2,78	109	356	57	9,0	14	21
15.06.97	2,71	159	581	97	17,7	24	41
02.07.97	2,80	127	512	82	14,0	21	30
20.07.97	2,70	152	626	89	13,5	23	40
16.08.97	2,67	175	766	111	15,4	31	60
24.08.97	2,71	179	826	120	15,6	33	60
15.09.97	2,66	189	946	137	21,8	41	60
09.10.97	2,75	193	1096	154	26,8	48	100
15.10.97	2,73	198	1153	162	27,9	50	110
05.12.97	2,75	196	1126	166	22,1	38	95
19.01.98	2,71	230	1317	208	18,9	47	90
15.02.98	2,73	224	1428	231	16,1	50	90
15.03.98	2,71	224	1389	260	15,7	49	95
01.04.98	2,89	203	1323	255	13,5	46	90
18.04.98	2,60	236	1374	253	13,2	46	85
15.05.98	2,64	175	805	130	19,6	30	65
18.06.98	2,76	154	698	112	17,0	26	55
16.07.98	2,69	163	686	101	12,9	25	60
13.08.98	2,84	158	793	109	15,1	29	65
04.09.98	2,71	180	979	129	21,2	35	70
15.09.98	2,70	187	880	119	17,7	32	65
24.10.98	2,82	166	838	118	15,4	30	60
10.11.98	2,73	178	970	135	17,7	34	70
18.12.98	2,69	221	1141	162	16,2	40	80

Tabell 21. Kjemiske analyseresultater fra Orva ved utløp av Orvsjøen i perioden 1966 - 1993.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
29.06.66	6,82	3,3	7,9	65	160	270	
23.08.73	6,40	3,5	10,0		135	385	
29.06.76	6,89	4,5	9,3	180	100	290	
29.08.76	7,05	5,1	11,0	135	55	250	
09.02.77	6,66	6,1	12,0	260	45	730	
23.06.77	6,55	6,0	14,0	285	60	295	
03.07.78	6,00	5,2	14,0	30	95	710	
01.09.78	6,46	4,5	10,5	60	100	700	
09.09.81	6,75	3,3	12,0	79	140	410	
25.06.84	6,49	3,5	9,0	110	160	420	0,81
04.09.84	6,49	3,9	8,0	52	130	390	0,75
28.06.87	6,57	3,2	8,6	102	175	420	0,83
14.08.88	6,52	3,3	8,4	79	130	330	0,61
27.09.88	6,76	3,1	8,6	18	130	360	0,67
06.09.89	6,65	3,4	9,0	85	120	410	0,69
10.10.89	6,08	3,8	12,4	127	120	460	0,78
30.08.90	6,26	3,2		50	95	300	
19.09.90	6,48	3,4			690	2330	
21.05.91	6,81	3,4			100	350	
02.10.91	6,88	3,5		65	110	370	
01.07.92	6,45	3,5	8,0	64	97	306	0,65
06.11.92	6,53	4,1	8,7	174	85	384	0,78
27.11.92	6,52	4,1	8,8	214	94	360	0,73
06.12.92	6,36	4,1	11,5	162	100	630	
14.01.93	6,30	4,3	15,0	220	82	521	0,98
23.02.93	6,30	4,7	12,0	300	90	670	
02.04.93	6,53	4,0	9,5	79	80	400	
30.04.93	6,73	3,0	2,0	149	82	286	0,65
15.05.93	6,28	3,1	11,4	170	150	570	
28.05.93	6,10	3,6	11,2	60	160	810	
12.06.93	6,36	3,6	9,5	126	120	500	
25.06.93	6,56	3,8	7,8	62	110	340	
08.07.93	6,51	3,5	8,6	97	120	380	
23.07.93	4,95	5,8	17,2	490	240	1210	
05.08.93	6,60	3,9	9,8	102	120	430	
23.08.93	4,77	7,4	21,2	600	320	1730	
01.09.93	6,30	3,9	10,8	108	153	560	1,13
17.09.93	6,40	3,7	10,3	124	130	520	
02.10.93	6,53	3,7	9,3	97	120	460	
09.11.93	6,81	3,7	8,5	50	122	412	0,62

Tabell 22. Kjemiske analyseresultater fra Orva ved utløp av Orvsjøen i perioden august 1997 - 1998.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
16.08.97	6,46	3,1	6,5		95	294	0,70
24.08.97	6,29	3,2	6,4		82	275	0,54
15.09.97	6,48	3,2	7,5		122	342	0,82
16.10.97	6,39	3,4	8,7	88	139	410	0,86
05.12.97	6,59	3,3	8,4	90	125	387	0,80
19.01.98	6,60	3,3	8,4	79	130	377	0,83
15.02.98	6,55	3,4	8,3	59	124	352	0,75
15.03.98	6,53	3,4	8,1	70	121	368	0,81
18.04.98	6,85	3,3	7,8	66	134	328	0,76
15.05.98	6,19	3,6	8,5		171	453	0,83
18.06.98	6,57	3,1	8,8	101	224	572	0,86
16.07.98	6,56	3,1	8,3	71	137	388	0,84
16.08.98	6,68	3,2	8,4	64	125	377	0,72
15.09.98	6,70	3,5	8,5	61	96	329	0,95
24.10.98	6,50	3,5	8,7	64	102	338	1,28
10.11.98	6,61	3,6	9,6	53	119	363	0,82
18.12.98	6,60	4,0	9,2	50	114	360	0,76

Tabell 23. Analyseresultater fra Orva ved bro på vei til Kongens gruve i perioden 1988 til 1992

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l
23.06.88	4,35	8,6	26	1200	440	990
14.08.88	3,99	14,3	43	2410	410	1680
27.09.88	4,12	12,1	48	3920	480	1700
06.09.89	4,21	11,7	36	3240	410	1500
10.10.89	4,17	13,2	42	2840	460	1660
09.05.90	4,07		25	2660	480	1100
16.05.90	4,26		21	2130	390	900
23.05.90	4,14		26	2380	420	1160
31.08.90	4,10	11,42		1260	330	1230
19.09.90	3,75	19,8			690	2330
21.05.91	4,18	10,3	28		560	1160
01.07.92	4,84	7,8	28	1680	340	1190

Tabell 24. Analyseresultater fra Orva ved bro på vei til Kongens gruve 1996 - 1997.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
04.02.96	6,48	6,8	21	1100	120	630	0,88
08.03.96	6,49	5,2	15	720	140	500	0,72
06.04.96	6,14	5,9	18	860	130	560	0,85
11.05.96	4,72	8,2	26	2410	190	810	1,30
09.06.96	5,01	4,5	14	820	230	570	1,10
05.07.96	4,42	9,6	30	2290	460	1400	2,60
06.08.96	4,75	7,9	26	1820	280	1130	1,90
06.09.96	4,57	10,0	34	2840	370	1460	2,07
06.10.96	4,52	9,9	36	2920	350	1410	2,63
11.11.96	4,53	8,8	31	880	240	1120	1,92
06.01.97	4,96	7,9	26	2590	200	870	1,26
14.02.97	5,49	6,7	23	2530	130	700	1,00
10.03.97	5,52	6,8	24	2610	130	710	1,00
20.04.97	5,92	5,7	19	1530	130	610	0,88
17.05.97	4,07	10,5	33	10300	670	1440	2,76
15.06.97	5,12	4,2	12	900	250	550	1,10
20.07.97	5,36	5,0	16	1040	210	600	1,08
16.08.97	5,07	6,2	20	690	140	630	0,89
24.08.97	4,39	16,5	61	4350	350	1530	1,78
15.09.97	4,66	6,8	23	1810	320	990	1,78
16.10.97	4,39	9,3	31	2930	460	1420	2,42
05.12.97	4,78	8,3	30	2600	330	950	1,73
19.01.98	4,91	7,9	28	2530	210	860	1,21
15.02.98	5,08	6,5	24	2390	150	700	1,03
15.03.98	4,89	6,9	25	2900	180	760	1,09
01.04.98	4,87	8,4	29	2700	190	900	1,10
18.04.98	4,81	7,5	27	3010	190	830	1,00
15.05.98	4,53	5,3	20	1900	320	760	1,28
18.06.98	4,57	7,4	24	1850	410	1010	1,78
16.07.98	4,41	8,3	26	1760	320	1030	1,75
13.08.98	4,56	8,8	32	2480	370	1330	2,18
04.09.98	4,54	9,0	31	2270	290	1270	2,26
15.09.98	4,12	10,4	32	2420	400	1290	2,18
24.10.98	4,17	12,3	43	5360	480	1500	2,20
10.11.98	5,06	7,1	26	1090	260	980	1,60
18.12.98	4,95	7,6	28	2750	260	840	1,22