

NIVA



RAPPORT LNR 4660-2003

**Avrenning fra
Kongsberg Sølvverk**



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
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Avrenning fra Kongsberg Sølvverk	Løpenr. (for bestilling) 4660-2003	Dato 2003-05-05
	Prosjektnr. Undernr. O-21704	Sider 38
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA 2003

Oppdragsgiver(e) Bergvesenet	Oppdragsreferanse BV utg. 0866/01 HE/BK Best.nr. 32/01
---------------------------------	---

Sammendrag

Det er gjennomført en undersøkelse av vannkvalitet og forurensningstransport i gruveområdene ved Kongsberg Sølvverk med bakgrunn i ammunisjonsavfall og annet uspesifisert avfall fra publikum som er deponert i sjaktene. Det ble ikke påvist at avrenning fra disse deponiene har noen vesentlig betydning for vannkvaliteten i de to hovedstollene. Det ble funnet forhøyede tungmetallkonsentrasjoner i området som sannsynligvis har sammenheng med geologiske forhold i gruveområdet. Det anbefales likevel et regelmessig tilsyn med vannkvaliteten i Christian 7.stoll med bakgrunn i avfallsmengdene som er deponert der. Da det ble påvist PCB i dreinsvannet i Christian 7.stoll, bør det også gjennomføres en kartlegging av kildene til denne forurensningen.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Deponier	1. Special landfill
2. Miljøgifter	2. Environmental pollution
3. Tungmetaller	3. Heavy metals
4. Kongsberg Sølvverk	4. Kongsberg silver mines, Norway

Eigil Rune Iversen
Prosjektleder

Harsha Ratnaweera
Forskningsleder
ISBN 82-577-4325-9

Nils Roar Sælthun
Forskningsdirektør

O-21704

Avrenning fra Kongsberg Sølvverk

Forord

Undersøkelsene av avrenningen fra Kongsberg Sølvverk ble gjennomført etter initiativ fra Kongsberg kommune. Undersøkelsene er finansiert av Bergvesenet som tidligere har finansiert en rekke undersøkelser av forurensningstilstanden i gruveområdene i Norge.

Vi takker Bergvesenet for samarbeidet. Vi vil også takke Kongsberg kommune v/miljøvernkonsulent Odd-Arne Helleberg og Norsk Bergverksmuseum Sølvverket for all hjelp under gjennomføringen av feltarbeidet.

Fra NIVA har deltatt ing. Tom Chr. Mortensen som ansvarlig for vannføringsmålingene og Eigil Rune Iversen som prosjektleder.

Oslo, 5. mai 2003

Eigil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
1.1 Problemstillinger	7
1.2 Prosjektet	7
2. Kongsberg Sølvverk	8
2.1 Lokalisering og drift	8
2.2 Dreneringsretninger	8
3. Undersøkelserprogrammet	11
3.1 Feltundersøkelser	11
3.2 Analyseprogram	11
4. Resultater	12
4.1 Meteorologiske forhold	12
4.2 Fysisk/kjemiske analyseresultater	13
4.2.1 Christian 7. stoll	13
4.2.2 Underbergstollen	15
4.2.3 Kisgruveområdet	18
4.2.4 Kobberbergselva	18
4.2.5 Overflateprøver i Overberget gruvefelt	19
4.2.6 Overflateprøver i Underbergets gruvefelt	21
4.2.7 Prøver tatt under dagen i Christian 7. stoll	21
4.2.8 Prøver tatt i sjaktene nær deponiene	25
4.3 Vannføringsmålinger	28
4.3.1 Christian 7. stoll	28
4.3.2 Underbergstollen	29
4.4 Forurensningstransport	30
5. Organiske mikroforurensninger	32
5.1 Metodikk	32
5.2 Resultater	33
6. Samlet vurdering	34
7. Referanser	36
Vedlegg A. Resultater fra utvidet elementanalyse v.h.a. ICPMS	37

Sammendrag

Det er gjennomført en feltundersøkelse av avrenningen fra Kongsberg Sølvverk i perioden fra oktober 2001 til oktober 2002. I tillegg til dreinsvann fra de to hovedstollene Christian 7.stoll og Underbergstollen er det også tatt prøver av dreinsvann i dagen i Overberget og Underberget gruvefelt. I tillegg er det tatt stikkprøver ved Kisgruva og av Kobberbergselva.

Undersøkelsen bekrefter tidligere observasjoner som har påvist forhøyede tungmetallkonsentrasjoner i dreinsvann i området, spesielt for elementer som bly, sink og kadmium. I tillegg til disse metallene ble det også funnet forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv. Kvikksølvkonsentrasjonene var noe høyere i Christian 7.stoll enn i Underbergstollen. Det er også tatt prøver av dreinsvann nær ammunisjonsdeponiene. Resultatene for disse prøver tyder ikke på noen tungmetallavrenning av betydning fra disse kilder. Årsaken til de forhøyede tungmetallkonsentrasjoner som er påvist, har derfor trolig med naturlige tilførsler å gjøre som følge av geologiske forhold. Dette understøttes av relativt høye sulfatkonsentrasjoner som viser at det pågår forvitring av kismineraler. Forvitningsprosessene er imidlertid ikke så omfattende at dreinsvannet er surt. I tillegg til tungmetaller antar vi at analyse av totalnitrogen, totalfosfor og totalt organisk karbon vil fange opp nedbrytningsprodukter etterhvert som ammunisjonen brytes ned. Hittil tyder ikke resultatene på noen tilførsler av betydning fra ammunisjonsdeponiene.

Det er også foretatt kontinuerlige vannføringsmålinger i de to hovedstollene over en periode på ett år. Ved hjelp av disse observasjoner er forurensningstransporten ut av de to hovedstollene beregnet. Beregningene viser at til tross for forhøyede konsentrasjoner i forhold til naturlige bakgrunnsnivåer, er tungmetalltransporten svært beskjeden sammenlignet med de verdier en finner ved kisgruver. Mengdene er heller ikke av en slik størrelse at de påvirker vannkvaliteten i resipienter som Kobberbergselva eller Lågen.

Avrenningen fra Kisgruva er sterkt sur og tungmetallholdig. Avrenningsmengdene synes imidlertid å være for beskjedne til å påvirke Kobberbergselva.

Selv om det ikke ble påvist at avrenningen fra ammunisjonsdeponiene har noen vesentlig betydning for vannkvaliteten i de to hovedstollene, anbefaler vi likevel en regelmessig oppfølging av vannkvaliteten i Christian 7.stoll. Dette kan eventuelt gjøres ved en årlig stikkprøve om høsten. Da det ble påvist PCB i dreinsvannet i Christian 7.stoll under prøvetaking med passiv prøvetaker, anbefaler vi også en oppfølging av dette forholdet med prøvetaking av dreinsvann direkte for om mulig å lokalisere kilden nærmere. En slik prøvetaking vil også gi informasjon om størrelsen på PCB-transporten, noe som ikke var mulig å få til med den passive prøvetakeren.

Av hensyn til publikum bør det foretas en mer omfattende kartlegging av tungmetallnivåene ved kilder i dagen. Der det er aktuelt, bør kilder som eventuelt ikke egner seg som drikkevann merkes.

Summary

Title: Pollution loads from Kongsberg Silver Mines

Year: 2003

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4325-9

The silver mines in Kongsberg were operated between 1623-1958. A large number of mines are connected with two main adits, The Christian 7th Adit and The Underberg Adit. In these adits are also collected all the drainage water from the workings and the shafts. In the period after 1945 some of the shafts were used for disposal of municipal and ammunition waste. The report describes the results of a field study carried out in the period from October 2001 to October 2002. It was found that the heavy metals levels of lead, cadmium, mercury and zinc were significantly higher than in unaffected areas. Comparing results from drainage samples taken close to the ammunition waste and from the dumps it was however found that the metal levels were caused by natural run-off from weathered pyritic minerals in the ore. The levels of total nitrogen, total phosphorus and total organic carbon were also relatively low and close to natural levels in surface water. It was found traces of PCB in Christian 7th Adit. At the outlet of 2002 run-off from the waste deposits are of no significance to the water quality in the two main adits. We recommend however a simple monitoring programme to be carried out concerning the futural development of the water quality in The Christian 7th Adit.

1. Bakgrunn

1.1 Problemstillinger

Kongsberg Sølvverk, som idag er et kulturminne, har i lang tid vært benyttet til deponering av avfall fra private husholdninger og av gammel ammunisjon fra Forsvaret og Raufoss Ammunisjonsfabrikker. Det er antatt at folk begynte å kaste avfall ned i dagåpningene allerede i 1920-årene. Forsvaret tok til å dumpe avfall i 1945, dvs mens Sølvverket var i drift. Kongsberg kommune startet kartleggingen av disse fyllingene i 1994 etter at Statens forurensningstilsyn tok fatt i problemet på landsbasis. Det var da godt kjent at flere av Sølvverkets gruver og skjerp var benyttet til avfallsdeponering. Norsk Bergverksmuseum, som leier gruverommene av Nærings- og handelsdepartementet, ble i denne forbindelse også kontaktet. Det ble arrangert en konferanse i 1995 der flere instanser deltok. Konferansen førte til at det ble startet et måleprogram for å kartlegge problemene i forbindelse med avfallsdeponeringen i Sølvverkets gruver nærmere. Det ble bl.a tatt prøver av dreinsvann fra stoller og gruverom, samt prøver av overflatevann i nedbørfeltet. Det ble funnet relativt høye konsentrasjoner av bly og kadmium ved flere lokaliteter. Det var imidlertid vanskelig å avgjøre om de tungmetallkonsentrasjoner som var påvist hadde noen sammenheng med ammunisjonsdumpingen eller skyldtes naturlige årsaker i forbindelse med berggrunnens sammensetning. Analyse materialet førte til at det ble sammenkalt til et nytt møte i mars 2001 der alle impliserte parter deltok. Forsvaret og Raufoss Ammunisjonsfabrikker gjorde på møtet rede for omfanget av ammunisjonsdumpingen i området. I mai 2001 ble det foretatt en befaring til området der NIVA også deltok. Møtet i etterkant av befaringen konkluderte med at man så det som viktig å fortsette kartleggingen av forurensningstilstanden i området og at Kongsberg kommune tok initiativet til videre undersøkelser ved å rette en formell henvendelse til Statens forurensningstilsyn.

1.2 Prosjektet

Norsk Institutt for Vannforskning mottok en henvendelse fra Bergvesenet i mai 2001 med anmodning om å delta i en befaring til området som ble foretatt den 10.05.2001. Etter initiativ fra Kongsberg kommune ble det senere laget et forslag til undersøkelser av forurensningstilstanden i området, datert den 30.08.2001. Programforslaget ble lagt til grunn for bestilling i brev av 07.09.2001 fra Bergvesenet. Feltundersøkelsene som skulle ha ett års varighet ble startet i slutten av september 2001 og ble avsluttet 1.oktober 2002. Prosjektet har hatt som målsetting å gjøre rede for fysisk/kjemisk vannkvalitet i området og beregne forurensningstransport ved de viktigste kildene. De sikkerhetsmessige vurderingene i forbindelse med ammunisjonsdumpingen vil bli foretatt av Forsvaret som en egen sak.

2. Kongsberg Sølvverk

2.1 Lokalisering og drift

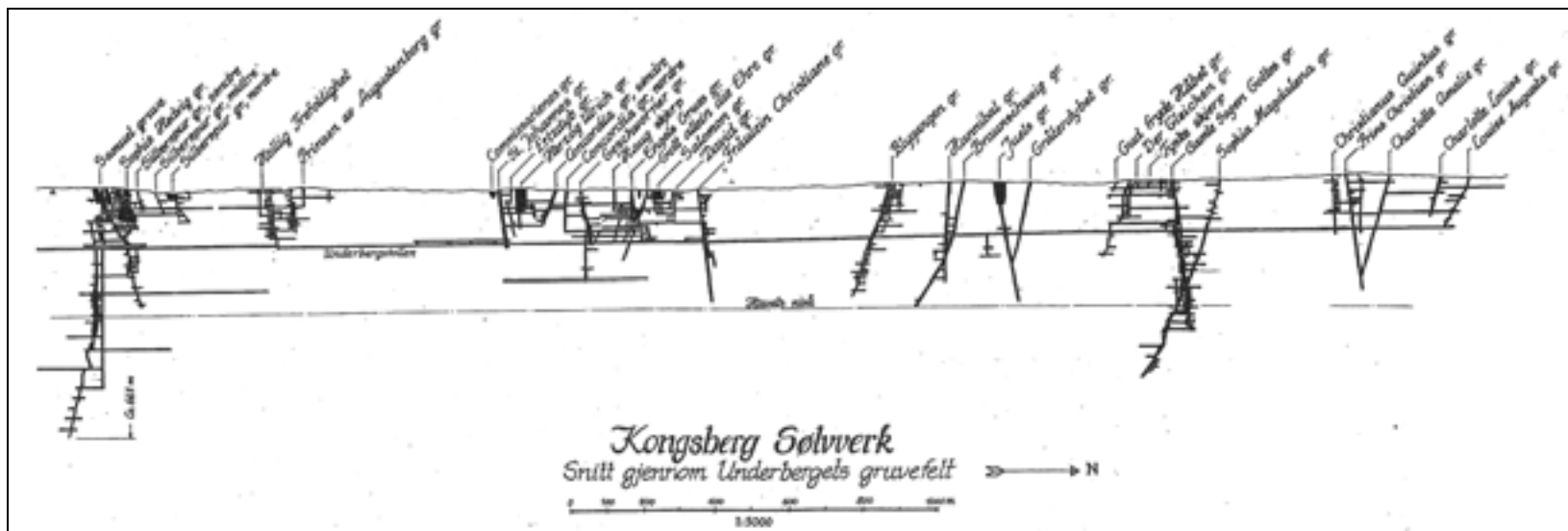
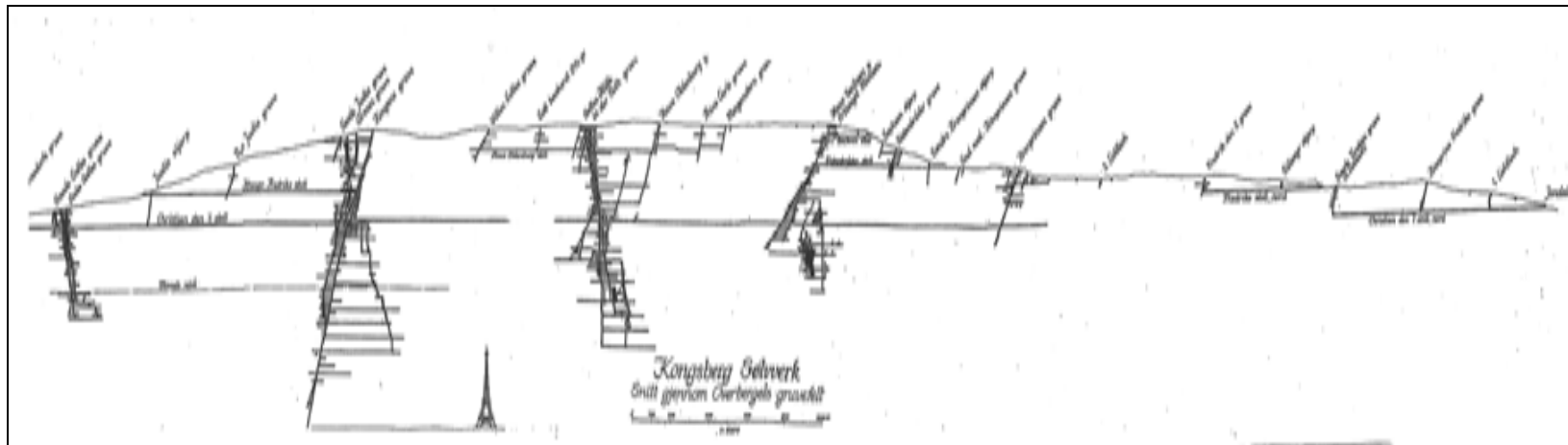
Kongsberg Sølvverk var i drift i perioden 1623-1958, i 335 år. Sølvverket har i særklasse vært landets største bergverk dersom en legger antall årsverk til grunn. En regner at det i alt er utført ca. 300 000 "gammeldagse" årsverk, derav 250 000 før 1800. Driften var på det høyeste i 1770. Tilsammen er det produsert 1347 tonn sølv. Gruveområdene er lokalisert i Kongsberg, Flesberg og Øvre Eiker kommuner, med hovedtyngde på Kongsberg. Det er drevet på en rekke gruver. De fleste er lokalisert i to hovedfelter, Overberget og Underberget gruvefelter. I tillegg kommer en rekke skjerp og mindre gruver utenfor de to hovedfeltene. Figur 1 viser et utdrag av en kartskisse der de viktigste gruvene er markert. Figur 2 viser de to gruvefeltene i snitt. I tillegg til sølvgruvene ble det også drevet på noen mindre kisforekomster der det ble tatt ut svovelkis til smelteprosessen. Den viktigste av disse er Kisgruva i Kisgruveåsen i Saggrenda. Denne gruva ble opprinnelig åpnet som kobbergruve, kan hende allerede i 1520-årene. Det ble utvunnet svovelkis til bruk under utsmeltingen av sølv, mens kobber var et biprodukt som gikk til legeringsmetall i mynter.

2.2 Dreneringsretninger

Gruvene er drenert av to hovedstoller, Christian 7.stoll som drenerer Overberget og Underbergstollen som drenerer Underberget. Avløpet fra Christian 7.stoll føres inn på et rørnett som fører til Kobberbergselva som er sideelv til Numedalslågen. Avløpet fra Underbergstollen går inn på et overvannsnett som munner ut i Numedalslågen. Dreneringen av gruveområdet i dagen er mer komplisert. Avrenningen fra Kisgruva fører mot en bekk som munner ut i Kobberbergselva. Overflateavrenningen fra Overberget gruvefelt fører både mot Kobberbergselva og mot bekker som fører mot Numedalslågen. Underberget gruvefelt drenerer i sin helhet mot Numedalslågen.



Figur 1. Kart over området ved Overberget og Underberget gruveområde.



Figur 2. Snitt gjennom Overberget og Underberget gruveområde.

3. Undersøkelsesprogrammet

3.1 Feltundersøkelser

Feltundersøkelsene ble startet den 20.09.2001 med en befaring med prøvetaking av overflatevann ved aktuelle lokaliteter i Overberget og Underberget gruvefelter, samt i gruveområdet ved Kisgruva. Befaringen ble gjentatt våren 2002 i mai måned. Det ble også tatt en kontrollprøve for kjemisk analyse av Kobberbergselva som bl.a. mottar avrenning fra Kisgruveområdet og fra Christian 7.stoll.

I perioden 01.10.2001-01.10.2002 ble det gjennomført et prøvetakingsprogram i de to hovedstollene Christian 7.stoll og Underbergstollen som har bestått i en månedlig stikkprøve tatt ved utløpet av de to stollene for kjemisk analyse etter et fast program. Ved de to prøvetakingspunktene ble det foretatt kontinuerlige vannføringsmålinger i hele perioden.

Ved to anledninger den 01.10.2001 og den 22.05.2002 ble det foretatt befaringer innover Christian 7. stoll til et stykke innenfor tilløp fra Gottes Hülfe in der Noth gruve med prøvetaking av drensvann. Det ble også foretatt manuelle vannføringsmålinger ved hver prøvetaking.

For å få en bedre oversikt over mulige forurensningstilførsler fra de områdene hvor det er deponert ammunisjon, ble det i regi av Forsvaret tatt vannprøver i de aktuelle sjaktene nær ammunisjonen. Prøvene ble tatt av klatrere fra Berganfahrerne på prøvetakingsflasker fra NIVA.

3.2 Analyseprogram

Analyseprogrammet for undersøkelsene har vært omfattende. Programmet har omfattet analyser for generell vannkvalitet, organisk stoff og næringssalter, metaller inkludert en rekke tungmetaller med kvikksølv, samt organiske miljøgifter (PCB). Alle analysene er utført ved NIVAs laboratorium.

For å fange opp mulige tilførsler fra ammunisjonsavfallet antar vi at disse vil bli registrert av resultatene for totalt organisk karbon, totalnitrogen, totalfosfor, samt tungmetaller. Når det gjelder annet uspesifisert avfall deponert av privatpersoner, vil de samme komponenter registrere betydningen av dette. I tillegg valgte vi å kontrollere samlet utgående vann i de to hovedstollene mht PCB-nivå. Dette ble gjort ved utsetting av passiv prøvetaker som sto ute i væskestrømmen i en måned. Berggrunnen i gruveområdet har også et naturlig innhold av kismineraler som forvitrer ved tilgang på luft og vann. Forvitningsprosessene har ofte størst omfang i tippene der overflaten er stor. I strosser og gruverom der det ofte kan være mye knust materiale, kan det også frigjøres betydelige metallmengder.

Innledningsvis ble det foretatt en elementanalyse vha ICPMS av vann fra begge hovedstollene etter et program med 52 elementer. Etter vurdering av analysematerialet ble det valgt et program med 14 elementer for den rutinemessige prøvetakingen. Til orientering er resultatene for de overskytende elementer er samlet i tabell 15 bak i rapporten.

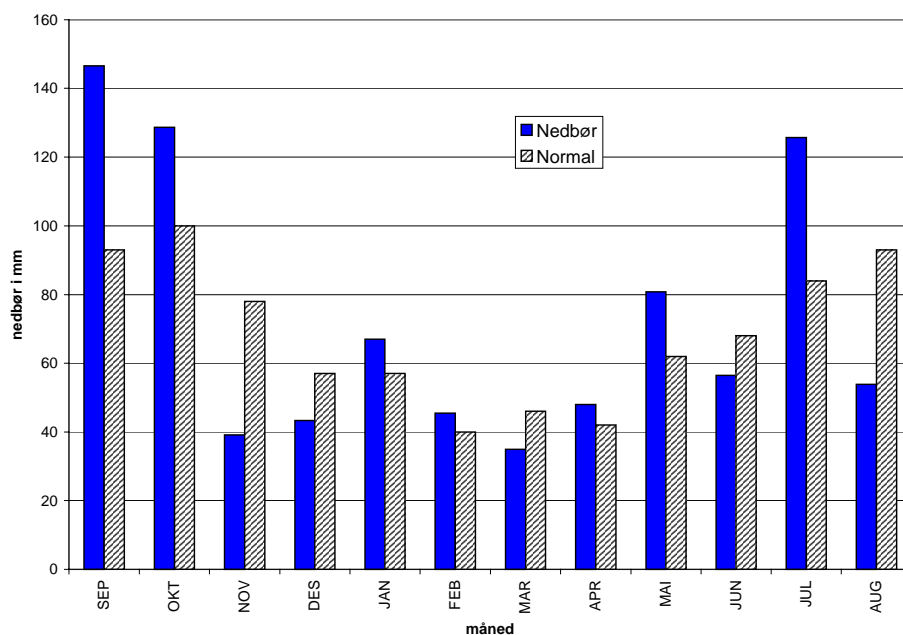
4. Resultater

4.1 Meteorologiske forhold

Nedbør og lufttemperatur har stor betydning under en avrenningsundersøkelse i et gruveområde. I denne undersøkelsen pågikk feltundersøkelsene i perioden 20.09.2001 – 30.09.2002. I tabell 1 er gjort en sammenstilling av månedlige nedbørhøyder for perioden september 2001 – august 2002 for stasjonen til Det norske meteorologiske institutt i Kongsberg. Nedbørhøydene er presentert grafisk i figur 3. I denne perioden falt det 106,1 % av normal årsnedbør. Månedene september 2001, oktober 2001, mai 2002 og juli 2002 var spesielt nedbørrike. Høsten 2002 var meget nedbørfattig.

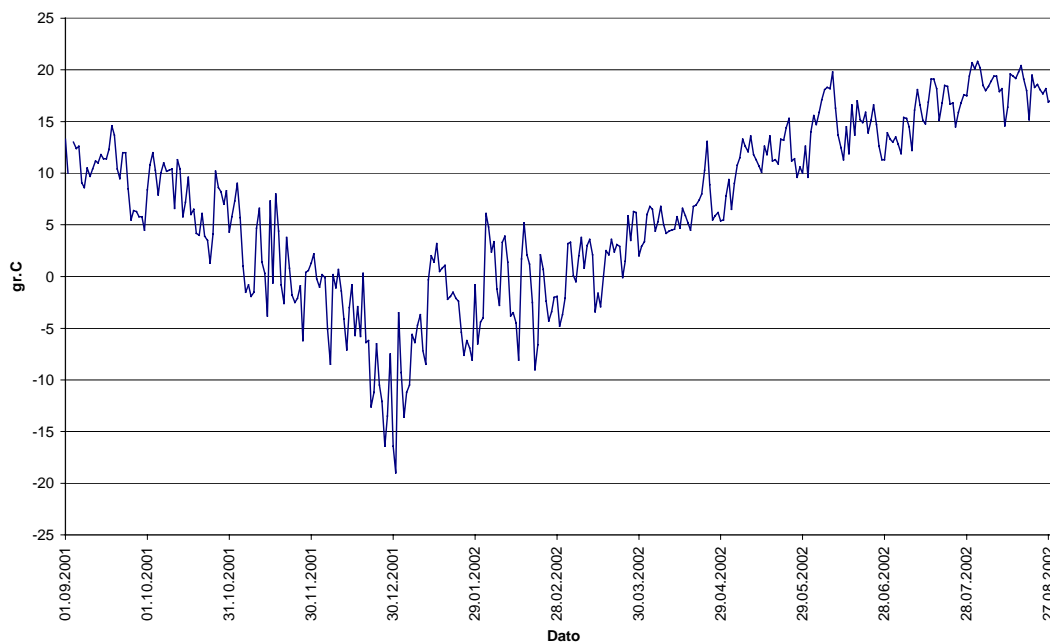
Tabell 1. Månedsnedbør fra DNMI for stasjonen 28370 Kongsberg for perioden september 2001- august 2002.

	SEP	OKT	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	ÅR
Nedbør, mm	146,6	128,7	39,1	43,3	67	45,4	35	48	80,8	56,5	125,7	53,8	869,9
Normal, mm	93	100	78	57	57	40	46	42	62	68	84	93	820
Avvik, mm	53,6	28,7	-38,9	-13,7	10	5,4	-11	6	18,8	-11,5	41,7	-39,2	49,9
Nedbør i % av normal	157,6	128,7	50,1	76,0	117,5	113,5	76,1	114,3	130,3	83,1	149,6	57,8	106,1



Figur 3. Månedlige nedbørhøyder for stasjonen 28370 Kongsberg for perioden september 2001- august 2002.

Figur 4 viser døgnmiddeltemperaturene for den samme måleperioden. Figuren viser at perioden med sterk kulde var forholdsvis kortvarig og at det var flere episoder med temperaturer over 0 i løpet av vinteren. Fra midten av mars måned var døgnmiddeltemperaturene over 0.



Figur 4. Døgnmiddeltemperaturer for stasjonen 28370 Kongsberg for perioden september 2001-august 2002.

4.2 Fysisk/kjemiske analyseresultater

4.2.1 Christian 7. stoll

Det ble tatt stikkprøver i Christian 7.stoll med en månedlig prøvetakingsfrekvens. Prøvetakingspunktet i stollen var lokalisert like nedstrøms tilførslene fra Gabe Gottes gruve. Det er fortsatt noen mindre tilførsler nedstrøms prøvetakingspunktet, men disse utgjør lite mht volum. Alle analyseresultatene er samlet i tabell 2.

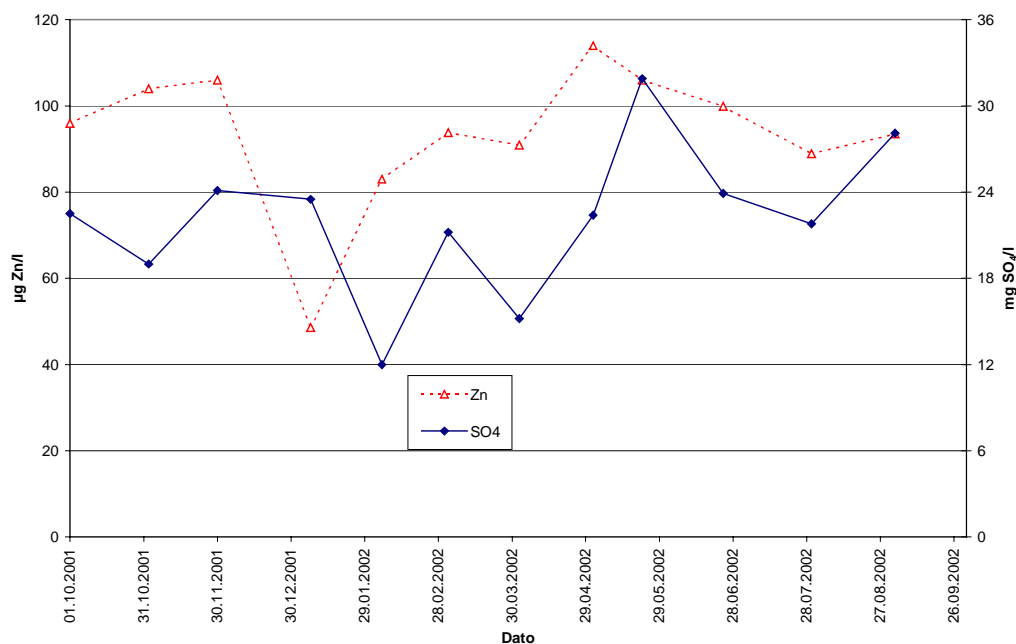
Resultatene viser at vannkvaliteten er svakt alkalisk med pH 7,3 som årsmiddel. Kalsium- og magnesiumkonsentrasjonene er noe høyere enn de man normalt finner i overflatevann, noe som viser betydningen av kontakt med alkaliske bergarter.

Sulfatkonsentrasjonene er også en del høyere enn de man finner i upåvirket overflatevann, noe som viser at det pågår forvitring av kismaterialer i gruverommene. Mest sannsynlig er svovelkis viktigste kismaterial siden gruvevannet inneholder noe jern. Ved den relativt høye pH-verdien vannet har, må en regne med at mye av jernet felles ut som hydroksid/oksid på veien gjennom gruva. Når det gjelder de øvrige tungmetallene, er konsentrasjonene ikke spesielt høye med likevel klart høyere enn de konsentrasjoner man normalt finner i upåvirket overflatevann. Dette gjelder spesielt sink, kadmium, bly og arsen. Kvikksølvnivået er omkring 10 ganger høyere enn nivået i upåvirket overflatevann. Figur 5 viser hvordan sink- og sulfatkonsentrasjonene varierte under måleperioden.

Innholdet av organisk karbon er lavt, noe som tyder på at tilførslene fra det deponerte avfall i sjaktene er beskjeden. Verdiene for nitrogen og fosfor tyder heller ikke på noen omfattende tilførsler fra avfall som er deponert.

Tabell 2. Fysisk/kjemisk analyseresultater for prøver tatt i Christian 7. stoll.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	TOC mg/l	TOT-N µg/l	TOT-P µg/l	Hg ng/l	Ag µg/l	As µg/l	B µg/l	Ba µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	Sr µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l
01.10.2001	7,12	10,78	22,5	15,2	1,40	3,2	310	4,0	11,0	<0,5	0,80	12	58,0	0,330	0,190	7,2	57	4,5	1,9	0,86	39,0	96,0	1,20
02.11.2001	7,40	8,27	19,0	11,5	1,19	4,3	325	5,0		0,3	0,77	9	57,0	0,340	0,160	8,1	118	3,5	1,3	1,10	32,0	104	1,10
30.11.2001	7,37	10,40	24,1	15,1	1,45	2,3	430	4,0		0,3	0,67	12	46,0	0,370	0,130	5,4	118	3,2	2,0	0,78	34,0	106	0,74
07.01.2002	7,45	10,40	23,5			2,5	320	8,0		<0,2	0,29	16	50,0	0,165	0,045	2,5	82	1,5	1,3	0,39	57,5	48,6	0,19
05.02.2002	6,84	6,20	12,0	8,52	0,87	3,8	285	6,0		0,5	0,72	9	37,4	0,254	0,182	6,4	121	5,4	0,8	0,80	20,3	83,0	1,20
04.03.2002	7,41	10,70	21,2			2,5	410	3,0		0,2	0,76	14	54,5	0,335	0,190	6,0	99,4	3,6	2,0	0,75	43,6	93,8	1,02
02.04.2002	7,17	7,24	15,2	10,5	1,07	3,3	360	5,0		0,2	0,64	9	43,8	0,259	0,164	6,3	104	3,2	1,0	0,77	24,7	90,9	0,97
02.05.2002	7,04	9,59	22,4	20,2	1,38	4,6	295	5,0		0,4	0,99	12	51,6	0,332	0,124	8,5	208	7,9	1,0	0,83	34,0	114	1,42
22.05.2002	7,60	13,80	31,9	23,7	1,89	2,3	325	2,0	13,0	<0,2	1,40	20	67,6	0,303	0,124	4,5	150	3,1	3,2	0,60	56,2	106	0,63
24.06.2002	7,28	10,40	23,9	15,9	1,35	2,6	300	3,0		0,2	0,75	14	57,1	0,300	0,140	5,6	92	3,9	1,9	0,83	46,6	99,9	0,67
30.07.2002	7,47	10,10	21,8	16,1	1,47	2,7	330	4,0		0,3	0,99	14	57,8	0,321	0,180	5,9	140	6,8	2,2	0,63	45,3	88,9	0,99
02.09.2002	7,42	11,80	28,1	18,0	1,64	2,4	395	3,0		0,2	0,81	22	61,0	0,304	0,140	4,5	110	3,9	2,5	0,73	43,4	93,5	0,59
Gj.snitt	7,30	9,97	22,1	15,5	1,37	3,0	340	4,3	12,0	0,3	0,80	14	53,5	0,301	0,147	5,9	117	4,2	1,8	0,76	39,7	93,7	0,89
Maks.verdi	7,60	13,80	31,9	23,7	1,89	4,6	430	8,0	13,0	0,5	1,40	22	67,6	0,370	0,190	8,5	208	7,9	3,2	1,10	57,5	114,0	1,42
Min.verdi	6,84	6,20	12,0	8,5	0,87	2,3	285	2,0	11,0	<0,1	0,29	9	37,4	0,165	0,045	2,5	57	1,5	0,8	0,39	20,3	48,6	0,19

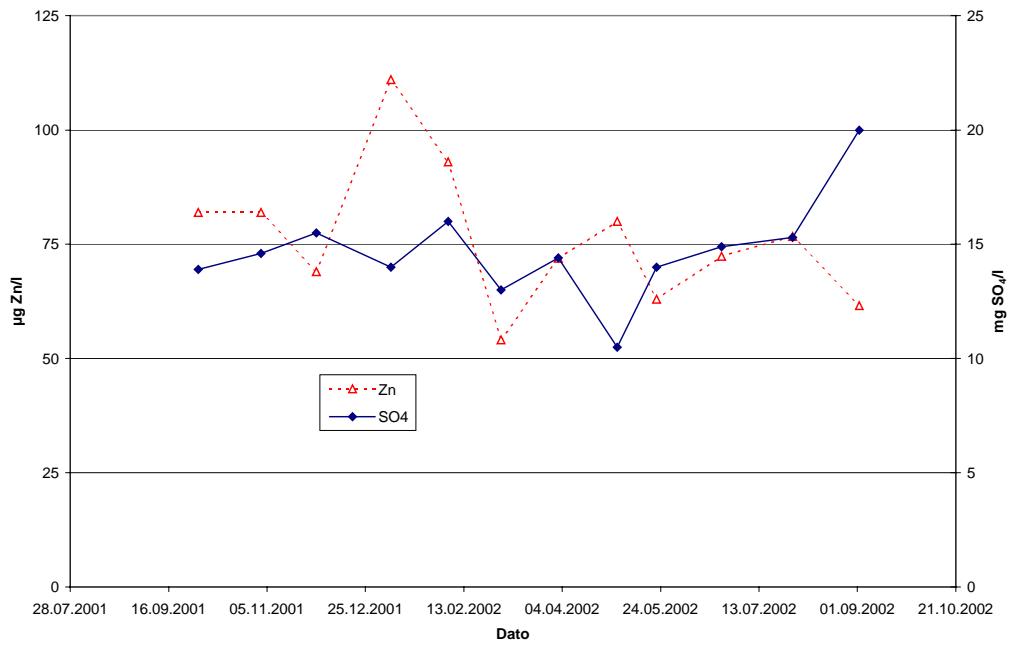


Figur 5. Sink- og sulfatkonsentrasjoner ved målestasjonen i Christian 7.stoll.

4.2.2 Underbergstollen

Resultatene fra prøvetakingene i Underbergstollen er samlet i tabell 3. Prøvene er også her tatt med en tilnærmet månedlig prøvetakingsfrekvens. Prøvetakingspunktet er lokalisert ved utløpet av stollen like innenfor stålporten.

Analyseresultatene viser at vannkvaliteten er svakt alkalisk med pH-verdier varierende i området fra 7,1 til 7,85 med 7,57 som årsmiddel. Dette er noe høyere enn i Christian 7.stoll. Sulfatinnholdet er noe lavere enn i Christian 7.stoll. Det samme er tilfellet med konsentrasjonene av organisk karbon, nitrogen og fosfor. Når det gjelder metallene, er konsentrasjonene noe lavere enn i Christian 7.stoll. Sink er også her viktigste metall. Forøvrig er metallkonsentrasjonene også her noe høyere enn de man normalt påviser i uforurenset overflatevann. I figur 6 er vist grafisk hvordan sulfat- og sinkkonsentrasjonene varierte i undersøkelsesperioden.



Figur 6. Sink-og sulfatkonsentrasjoner ved målestasjonen i Underbergstollen

Tabell 3. Fysisk/kjemiske analyseresultater for prøver tatt i Underbergstollen.

Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	TOC	TOT-N	TOT-P	Hg	Ag	As	B	Ba	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Sr	Zn	Pb
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
01.10.2001	7,10	10,94	13,9	16,5	0,77	3,9	150	2,0	5,0	<0,5	0,59	12	59,0	0,270	0,120	6,2	145	4,2	1,1	0,85	46,0	82,0	1,10
02.11.2001	7,73	9,53	14,6	15,6	0,76	3,9	160	2,0		<0,1	0,27	13	68,0	0,260	0,059	5,6	102	1,2	1,3	0,64	49,0	82,0	0,51
30.11.2001	7,74	12,10	15,5	20,7	1,00	2,3	170	2,0		<0,1	0,25	14	52,0	0,240	0,056	3,4	68	1,2	1,4	0,44	52,0	69,0	0,35
07.01.2002	7,85	13,80	14,0			1,7	155	1,0		0,3	0,80	10	52,1	0,324	0,142	6,1	150	3,2	2,3	1,00	37,6	111,0	0,92
05.02.2002	7,49	10,70	16,0	19,0	0,88	3,2	195	2,0		<0,1	0,39	18	64,6	0,560	0,071	5,3	149	2,6	1,2	0,59	51,3	93,0	0,53
04.03.2002	7,83	12,70	13,0			2,3	165	1,0		<0,2	0,30	20	57,4	0,200	0,057	3,0	72,3	2,0	1,1	0,34	58,4	54,1	0,48
02.04.2002	7,55	10,90	14,4	21,8	0,92	2,9	170	2,0		<0,1	0,31	14	62,6	0,236	0,056	4,3	111	0,9	1,3	0,48	50,3	71,9	0,40
02.05.2002	7,12	7,79	10,5	19,6	0,68	5,0	175	3,0		0,1	0,36	12	52,2	0,250	0,065	7,5	20	3,6	1,0	0,52	34,6	80,0	0,88
22.05.2002	7,65	11,50	14,0	22,6	0,99	2,5	135	2,0	6,5	<0,2	1,90	10	56,5	0,360	0,430	3,9	82	1,3	1,2	0,30	50,3	63,0	0,39
24.06.2002	7,50	11,10	14,9	19,0	0,84	2,6	160	1,0		<0,05	0,25	17	60,2	0,250	0,053	3,8	61	1,3	1,2	0,35	57,9	72,4	0,30
30.07.2002	7,66	10,80	15,3	19,4	0,97	3,0	170	2,0		0,06	0,33	18	59,1	0,271	0,054	4,0	74	1,3	1,4	0,33	58,1	76,7	0,36
02.09.2002	7,67	14,70	20,0	25,5	1,27	1,8	165	1,0		<0,05	0,31	28	66,1	0,231	0,037	2,3	46	0,9	1,6	0,39	62,2	61,6	0,19
Gj.snitt	7,57	11,38	14,7	20,0	0,91	2,9	164	1,8	5,8	<0,1	0,51	16	59,2	0,288	0,100	4,6	90	2,0	1,3	0,52	50,6	76,4	0,53
Maks.verdi	7,85	14,70	20,0	25,5	1,27	5,0	195	3,0	6,5	0,3	1,90	28	68,0	0,560	0,430	7,5	150	4,2	2,3	1,00	62,2	111,0	1,10
Min.verdi	7,10	7,79	10,5	15,6	0,68	1,7	135	1,0	5,0	<0,05	0,25	10	52,0	0,200	0,037	2,3	20	0,9	1,0	0,30	34,6	54,1	0,19

Tabell 4. Fysisk/kjemiske analyseresultater for sigevann fra Kisgruva.

Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
20.09.2001	2,67	159	572	13,5	25,2	24,7	66,6	4,06	6,79	0,017	0,019	0,62	0,01	0,078	25,9	2
24.06.2002	2,70	138	374	9,33	17,8	17,1	25,9	2,14	4,25	0,011	<0,01	0,50	0,01	0,045	22,9	<0,1

Tabell 5. Analyse av stikkprøve tatt i overflaten av Vestre Ertztjernås skjerp 20.09.2001.

pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Tot-N	Tot-P	Al	Si	Ag	As	B	Ba	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	TOC
	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg C/l
4,78	3,64	3,4	2,99	0,24	1150	120	0,16	0,76	0,2	0,76	<5	18	1,20	3,4	84,0	1690	127	5,0	66,0	360	11,9

4.2.3 Kisgruveområdet

Under befaringene i september 2001 ble det tatt noen prøver i Kisgruveområdet vest for Saggrenda. Foruten Kisgruva er det flere skjerp fra sølvverkstiden i området. Ett av dem er Vestre Ertztjernås skjerp. I dette skjerpvet vet en at det er dumpet ammunisjon.

Kisgruva er en meget gammel gruve som først ble drevet som kobbergruve. Senere ble det også tatt ut svovelkis til Sølvverkets smelteprosess. Gruva er idag vannfylt. En del sterkt forvitret avfallsberg er deponert ved siden av gruva. Det ble tatt prøver av samlet drensvann fra Kisgruva ved to anledninger. Prøvetakingsstedet er innløpet til fundamentet for hjulhuset. Under prøvetakingene ble det målt vannføring (bøtte/klokke-metoden). Analyseresultatene er samlet i tabell 4 på siden foran. Resultatene viser at gruveavfall og gruve produserer en sterkt sur avrenning med pH-verdi på ca. 2,7. Jern er viktigste tungmetall i avrenningen, noe som viser at svovelkis er viktigste kismineral i området. Resultatene tyder på at forekomsten var en relativt fattig kobbergruve. Gruva ligger øverst i et nedbørfelt. Forurensningstransporten fra området er av den grunn beskjeden. Mye av avrenningen antas å forsvinne i grunnen på veien mot Kobberbergselva. Dersom avrenningen er til ulempe for beboerne nedenfor, kan et mulig tiltak være å la avrenningen passere gjennom et kalksteinsfilter. Et slikt filter vil heve pH slik at jernet felles ut lenger opp i bekken enn i dag.

Dersom en som et regneeksempel antar en årsmiddelkonsentrasjon for kobber på 3 mg/l og en middelvannføring på 1 l/s, blir årstransporten fra området ca 90 kg kobber. Tallet er meget usikkert idet observasjonsmaterialet er for lite til å angi noen middelvei for avrenningen.

Prøven fra Vestre Ertztjernås skjerp ble tatt i overflaten. Det er bekreftet at det er dumpet ammunisjon i skjerpvet. Skjerpvet er også benyttet for dumping av søppel fra privatpersoner (plastemballasje, glass, metallskrap etc). Resultatene i tabell 5 viser at vannkvaliteten er svakt sur og ionefattig. Innholdet av alkalimetaller og sulfat er lavt. Vannet inneholder en del fosfor og nitrogen og noe organisk stoff. Disse komponenter kan ha sin årsak i avfallet som er dumpet der. Innholdet av en del metaller som jern, kobber, bly og sink er relativt høyt og kan også ha sammenheng med avfallet som er deponert i skjerpvet. Det er likevel usikkert om de påviste forhold kan settes i sammenheng med ammunisjon som eventuelt er deponert i skjerpvet eller skyldes annet avfall som er deponert der. En tømning av skjerpvet for privat søppel og prøvetaking mot bunnen av skjerpvet med spesialprøvetaker kunne kanskje ha sagt noe mer om betydningen av eventuell ammunisjonsdumping. Skjerpvet har intet synlig overløp. Den påviste vannkvalitet har derfor ingen betydning for resipienten (Kobberbergselva).

4.2.4 Kobberbergselva

For å kontrollere mulige effekter av tilførselen fra Christian 7.stoll og fra annen avrenning fra gruvefeltet ble det tatt stikkprøver av Kobberbergselva før og etter tilførselene fra Christian 7.stoll og fra Kisgruveområdet. Prøvene ble tatt den 24.06.2002. I valg av analyseprogram ble det lagt mest vekt på å kartlegge tungmetallnivåer. Analyseresultatene som er samlet i tabell 6 viser at tungmetallnivåene er lave og at det knapt kan spores noen effekter av tilførselene fra Christian 7.stoll. Tilsynelatende kan det spores en svak økning i sinkkonsentrasjonen. Nivåene er imidlertid så lave at den økningen som er påvist like gjerne kan ha sammenheng med naturlige tilførsler fra nedbørfeltet som med tilførsler fra Christian 7.stoll.

Tabell 6. Fysisk/kjemiske analyseresultater for prøver tatt i Kobberbergselva den 24.06.2002 ved innløp til badeplass (1) og bru ved Gusskiste (2).

Prøve	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Ag	As	B	Ba	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Sr	Zn	Pb
mrk		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1	6,61	2,20	1,6	2,30	0,21	<0,05	0,20	3	7,59	0,021	0,059	1,18	105	10,4	<0,1	0,24	5,9	4,5	0,22
2	6,65	2,48	1,9	2,50	0,23	<0,05	0,23	3	9,10	0,025	0,055	1,96	127	10,4	<0,1	0,21	6,4	5,9	0,32

4.2.5 Overflateprøver i Overberget gruvefelt

Under befaringene den 20.09.2001 og 24.06.2002 ble det tatt prøver av gruvevann fra stollåpninger og av dreinsvann fra bergvelter i gruvefeltene. Ved prøvetakingene ble det også målt vannføringer ved prøvetakingspunktene. I Overberget gruvefelt ble det tatt prøver ved følgende stasjoner :

Stasjon	Posisjon avlest på GPS
Bekk nedenfor bergvelte ved Haus Sachsen	N 59° 40,392' ; E 9° 34,855'
Stoll til skjerp sør for Haus Oldenburg	N 59° 39,809' ; E 9° 35,128'
Utløp Gamle Else Stoll	N 59° 39,797' ; E 9° 35,523'
Utløp Nye Else Stoll	N 59° 40,010' ; E 9° 35,720'
Ollebekken ved utsikten	N 59° 39,952' ; E 9° 35,761'

Hensikten med prøvetakingene var å sammenligne resultatene for dreinsvann fra bergveltene med resultatene for prøver tatt inne i gruva i hovedstollene. Gruveavfallet i bergveltene har en stor overflate som er utsatt for forvitring. Analyseresultatene for prøver av dreinsvann fra slike tipper vil følgelig gi god informasjon om berggrunnens egenskaper i området mht tungmetallinnhold. Det vil derved være lettere å vurdere om avfallet som er deponert i sjaktene bidrar med tungmetalltilførsler. Det ble også tatt prøver av gruvevann ved noen av stollåpningene. Bakgrunnen var at noen av stedene var prøvetatt tidligere og at det var da påvist relativt høyte nivåer for noen tungmetaller. Det var dessuten knyttet noe usikkerhet til om dreinsvann fra ammunisjonsdeponiene kunne finne veien ut noen av stollåpningene oppe i gruvefeltet.

Analyseresultatene er samlet i tabell 7. Vannkvaliteten i bekken nedenfor tippen ved Haus Sachsen er forholdsvis ionefattig. En ser at bekken inneholder noe sink som trolig kommer fra tippen. Forøvrig er tungmetallinnholdet lavt. Innholdet av organisk stoff, nitrogen og fosfor er omtrent som for gruvevannet i Christian 7.stoll. Ollebekken ved utsikten mottar vann både fra Else dam og fra Storbakk dam. Vannet er også her ionefattig. Resultatene for tungmetallene tyder ikke på noen forurensnings-tilførsler av betydning. Prøvene tatt ved utløpet av stollene inneholder mer oppløste salter. En ser at kalsiuminnholdet er høyere enn i overflatevannet, særlig i Nye Else Stoll. De høyeste tungmetallkonsentrasjoner finner en i vannet som kommer ut av en stoll sør for Haus Oldenburg. Sinkinnholdet er spesielt høyt (1000 µg/l). Konsentrasjonene av kadmium, bly og kvikksølv er også en del høyere enn i de andre prøvene. De øvrige prøvene inneholder også en del sink. Innholdet av nitrogen og fosfor er omtrent på samme nivå som i gruvevannet i hovedstollene og i bekkeprøvene. I dette skjerpet vet en ut fra vitneutsagn at Forsvaret har foretatt brenning av ammunisjon gjennom flere år. Vannmengdene fra skjerpet er ubetydelige slik at forurensningstransporten av den grunn også blir ubetydelig. En bør imidlertid vurdere å merke inngangen til skjerpet med forurenset vann.

Resultatene for nitrogen, fosfor og organisk stoff tyder ikke på at avrenning fra deponiene i sjaktene har noen vesentlig betydning for vannkvaliteten i gruveområdet. De tungmetallkonsentrasjoner som er påvist, har mest sannsynlig sin årsak i naturlige geologiske forhold.

Tabell 7. Analyseresultater. Overflateprøver tatt i Overberget gruvefelt.

Prøvested	Dato	pH	Kond mS/m	Ag µg/l	As µg/l	B µg/l	Ba µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	SO ₄ mg/l	Sr µg/l	TOC mg/l	Tot-N µg/l	Tot-P µg/l	Zn µg/l	Vannf l/s
Bekk nedenfor tipp ved Haus Sachsen	20.09.01	4,34	1,72	<0,5			9,0	1,56	0,11	0,25	4,8	275		0,17	6,7		0,35	2,4	2,1		8,1	245	5	29,0	66,4
Bekk nedenfor tipp ved Haus Sachsen	24.06.02	6,02	1,53	<0,05	0,46	5	9,4	2,05	0,18	0,19	3,1	211		0,22	7,95	<0,1	0,39	0,79	3,0	4,9				70,1	29,17
Stoll til skjerp sør for Haus Oldenburg	20.09.01	5,46	8,97	<0,5			176	12,2	2,2	2,50	28,0	366	20,5	1,12	34		2,4	11,0	20,6		2,3	250	2	1000	<0,1
Gamle Else Stoll	20.09.01	5,49	4,74	<0,5			87,0	7,85	0,38	0,41	8,2	352		0,44	5,8		1,2	2,9	10,1		18,1	365	8	98	27,9
Gamle Else Stoll	24.06.02	6,74	7,76	0,10	0,25	3	101	12,7	0,45	0,24	5,4	100	10,5	0,76	2,35	0,2	1,0	0,94	21,5	33,3	4,7	270	2	104	<0,1
Nye Else Stoll	20.09.01	6,75	18,89	<0,5			66,0	31,5	0,45	0,76	6,0	889		1,80	98,9		1,7	1,1	40,7		3,1	195	2	231	22,7
Nye Else Stoll	24.06.02	7,66	20,00	0,06	2,38	9	78,6	35,5	0,36	1,16	2,3	1710	4,0	1,90	189	0,6	1,1	1,1	37,1	91,1	2,3	170	3	190	3,36
Ollebekken ved utsikten	24.06.02	6,56	2,45	0,07	0,58	3	72,0	4,01	0,075	0,79	2,1	701		0,30	48,5	<0,1	0,65	0,48	3,9	11,8	7,2	225	5	25,8	2,4

Tabell 8. Analyseresultater. Overflateprøver tatt i Underberget gruvefelt.

Prøvested	Dato	pH	Kond mS/m	Ag µg/l	As µg/l	B µg/l	Ba µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	SO ₄ mg/l	Sr µg/l	TOC mg/l	Tot-N µg/l	Tot-P µg/l	Zn µg/l	Vannf l/s
Bekk før Juels gruve	20.09.01	5,58	2,70	<0,5			51,0	3,33	0,69	0,92	11,0	414		0,28	15		1,8	9,8	1,2					178	148
Bekk før Juels gruve	24.06.02	5,67	1,36	<0,05	0,18	4	32,5	1,55	0,04	0,12	1,1	109		0,17	8,79	<0,1	0,39	0,35	1,6	5,55	7,5	210	3	8,5	<1
Bekk etter Juels gruve	20.09.02	5,03	2,40	<0,5			56,0	3,04	0,44	0,50	7,4	305		0,26	19		1,3	6,2	3,8					105	148
Bekk etter Juels gruve	24.06.02	5,63	2,98	0,36	0,33	4	66,1	3,94	0,45	0,73	5,3	178	<1,0	0,34	30	<0,1	1,1	2,9	6,7	12,7	7,2	160	3	126	<1

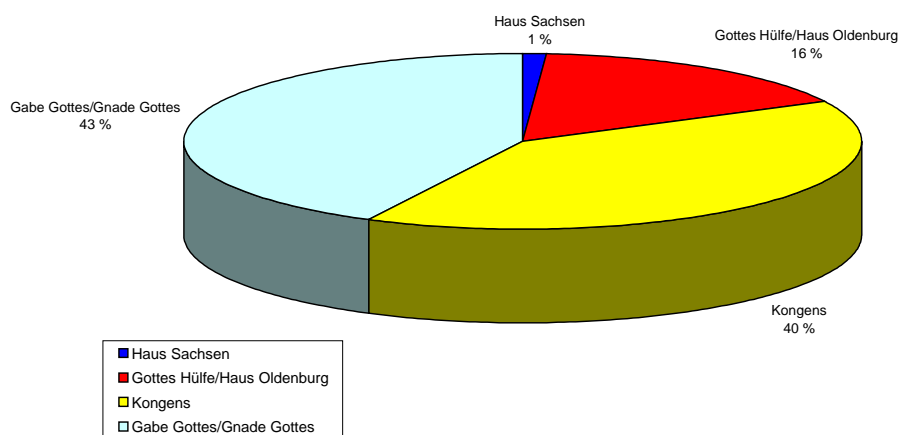
4.2.6 Overflateprøver i Underbergets gruvefelt

I Underberget gruvefelt ble det valgt å ta prøver av bekken som mottar dreinsvann fra den store velten ved Juels gruve. Store deler av den opprinnelige velten er flyttet og benyttet til oppfyllingsformål i området. Det ble tatt prøver ovenfor velteområdet og nedenfor der bekken passerer under veien. Det ble målt vannføringer ved begge prøvetakinger. Ved den første prøvetakingen den 20.09.01 var vannføringen meget stor, mens det den 24.06.02 var meget tørt. Analyseresultatene er samlet i tabell 8 foran. Resultatene for prøve tatt den 20.09.01 i bekken før tilløp fra velteområdet viser at prøvetakingsstedet var uheldig valgt for å få informasjon om tilstanden før eventuelle tilførsler fra gruveområdet. Den forholdsvis høye sinkverdien tyder på tilførsler av forurenset grunnvann fra velteområdet. Ved den andre prøvetakingen ble prøvetakingsstedet flyttet litt lenger opp i bekken. En ser at tungmetallverdiene her er mer normale slik de er for upåvirket vann. Det er tydelig at veltene ved Juels gruve bidrar med noe avrenning av spesielt sink, bly, kadmium og spor av sølv. Det ble ikke påvist kvikksølv i bekken nedenfor tilløp fra gruveområdet ved Juels gruve.

4.2.7 Prøver tatt under dagen i Christian 7. stoll

For å vurdere mulige tilførsler fra deponiene i sjaktene ble det ved to anledninger tatt prøver ved noen lokaliteter innover i Christian 7. stoll. Der det var mulig ble det også målt vannføring. Analyseresultatene er samlet i tabell 9. Resultatene viser at pH er over 7 for alle prøvene. Sulfatinnholdet viser at det pågår forvitring av kismineraler. De sure forvitningsprosessene nøytraliseres av alkaliske mineraler i berggrunnen, noe som fører frigjøring av kalsiumioner. Nitrogen- og fosforinnholdet er omtrent på samme nivå som i overflateprøver. Av metallene var konsentrasjonene av sink og kvikksølv høyest for stasjonene fra toppen på Skråplanet og innover. Innholdet av organisk stoff var lavt i alle prøvene. Resultatene tyder ikke på noen forurensningstilførsler av betydning fra sjaktene der en vet det er dumpet ammunisjon.

Under befaringen ble det også målt vannføring ved prøvetakingsstedene. Det er således mulig å beregne en øyeblikkstransport for aktuelle komponenter. Figur 7, figur 8, figur 9 og figur 10 viser den prosentvise fordeling av transporten for noen komponenter fordelt på viktige gruver som drenerer til Christian 7. stoll. Figurene viser at det hovedsakelig er vannføringen som betyr mest for fordelingen på de enkelte kilder. Det vil være slik når konsentrasjonene er forholdsvis like ved alle stasjoner. I Christian 7. stoll kommer de største vannmengdene ned sjaktene i Kongens gruve og Gabe Gottes gruve.

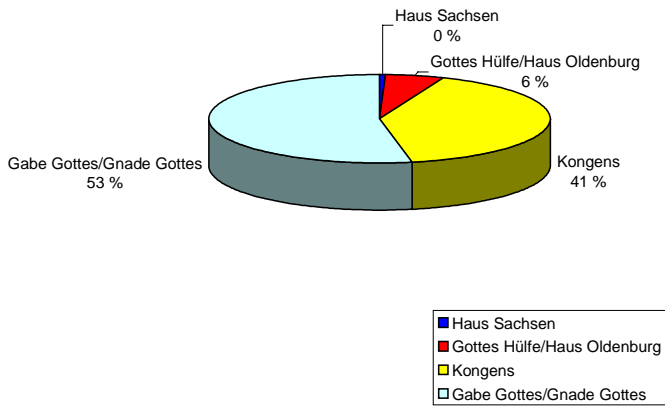


Figur 7. Sulfattransport i Christian 7.stoll den 1.10.2001. Prosentvis fordeling på kilder.

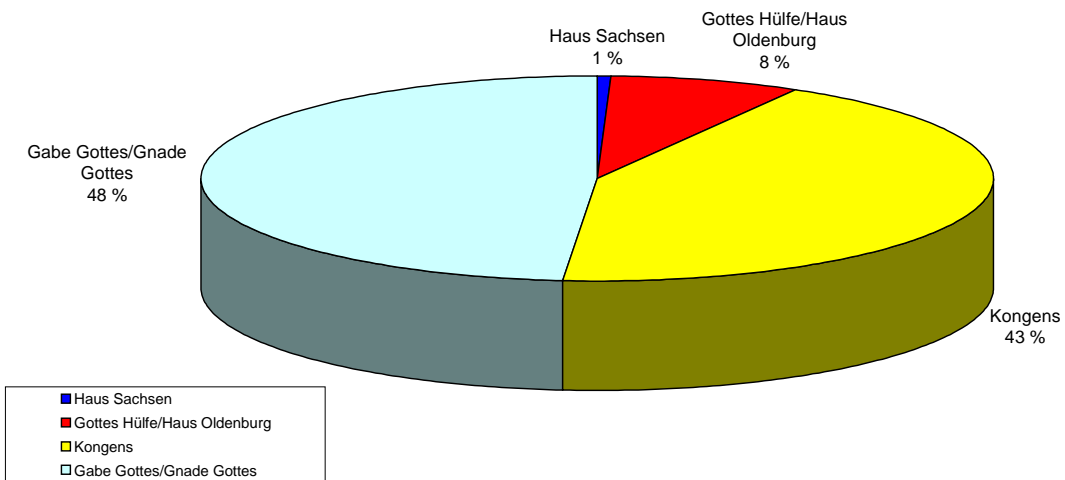
Tabell 9. Prøver tatt under befaringer i Christian VII stoll.

Lokalitet nr	Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Tot-N µg/l	Tot-P µg/l	Ag µg/l	As µg/l	B µg/l	Ba µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Sr µg/l	Zn µg/l	TOC mg C/l	Vannf l/s
1	01.10.01	7,23	19,31	45,0	28,4	2,45	225	23,0	<0,5			38,5	0,49	0,22	7,9	190		4,3		1,4	3,1		220	2,9	<0,1
1	22.05.02		20,20	43,7	32,9	2,53	132		0,3	0,9	30	40,6	0,55	0,25	6,2	260	41,0	4,8	15,7	1,4	4,8	109	203	2,0	<0,1
2	01.10.01	7,20	13,99	21,5	22,5	1,16	330	2,0	0,7			108	0,40	0,07	8,4	192		0,98		1,1	1,7		173	3,9	
2	22.05.02	7,80	14,40	22,5	27,3	1,29	250		0,3	0,9	20	113	0,48	0,06	6,4	300	32,0	1,1	1,4	0,9	1,8	64,1	180	3,0	
3	01.10.01	7,18	20,80	44,0	32,8	2,03	215	2,0	0,7			76,4	0,46	0,13	7,0	178		9,8		1,1	1,2		179	3,0	1,5
3	22.05.02	7,71	21,70	44,5	38,1	2,27	215	2,3	0,6	1,7	40	74,3	0,56	0,12	5,8	260	31,5	9,9	7,6	1,0	1,2	115	180	2,3	1,0
4	01.10.01	7,24	13,25	27,5	19,5	1,56	310	6,0	<0,5			69,1	0,24	0,20	6,1	290		14		0,87	1,6		98,2	3,5	7,86
5	01.10.01	7,26	6,82	14,0	8,63	1,19	590	26,0	<0,5			56,0	0,39	0,44	10	361		13		1,2	9,5		93,0	4,0	
5	22.05.02	7,06	16,00	44,6	22,6	2,86			<0,2	0,7	<10	107	0,81	0,25	4,9	17	9,0	5,0	0,3	1,3	0,6	35,5	192	1,8	
6	01.10.01	7,12	10,78	22,5	15,2	1,40	310	4,0	<0,5	0,8	12	58,0	0,33	0,19	7,2	57	11,0	4,5	1,9	0,9	1,2	39,0	96,0	3,2	
6	22.05.02	7,60	13,80	31,9	23,7	1,89	325	2,0	<0,2	1,4	20	67,6	0,30	0,12	4,5	150	13,0	3,1	3,2	0,6	0,6	56,2	106	2,3	

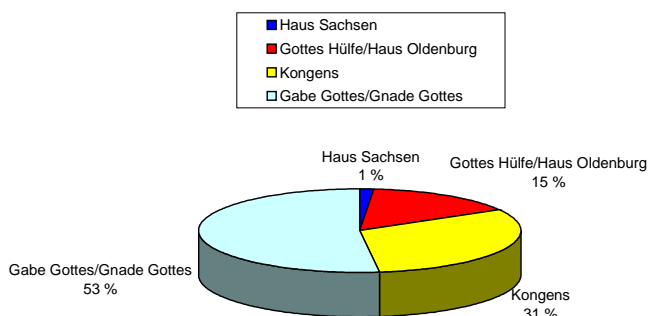
1. Før Gottes Hülfe gruve
2. Gottes Hülfe sjakt
3. Topp Skråplanet
4. Christian VII stoll oppstrøms Gabe Gottes gruve
5. Gruvevann fra sjakt i Gabe Gottes gruve
6. Christian VII stoll etter tilløp fra Gabe Gottes gruve (målestasjonen)



Figur 8. Nitrogentransport i Christian 7.stoll den 01.10.2001. Prosentvis fordeling på kilder.



Figur 9. Organisk karbontransport i Christian 7.stoll den 1.10.2001. Prosentvis fordeling på kilder.



Figur 10. Sinktransport i Christian 7.stoll den 1.10.2001. Prosentvis fordeling på kilder.

4.2.8 Prøver tatt i sjaktene nær deponiene

Det ble tatt en del spesialprøver for Forsvaret i områder som er nærmere ammunisjonsdeponiene. Prøvene ble tatt ved to anledninger den. 10.10.2001 og 02.09.2002. Ved den første prøvetakingen ble det tatt for små mengder prøve slik at analyseprogrammet måtte forenkles. Ved den andre prøvetakingen ble dette rettet på. Analyseresultatene er samlet i tabell 10 og tabell 11.

Resultatene fra den første prøvetakingen viser at innholdet av organisk stoff og nitrogen var relativt beskjedent ved alle stasjoner. Prøvested 4 inneholdt noe mer nitrogen og organisk karbon enn de øvrige prøver, men det vurderes likevel som usikkert om dette har noe med deponert ammunisjon å gjøre. Bortsett fra jern hadde prøvene et beskjedent tungmetallinnhold. Jerninnholdet var høyest ved prøvested 5. Det er vanskelig å avgjøre om dette jerninnholdet har naturlige årsaker eller skyldes korrosjonsprosesser i deponert avfall i området.

Ved lokalitetene som ble prøvetatt under den andre befaringen var vannkvaliteten svært forskjellig mht til tungmetallinnhold. Alle prøvene hadde forholdsvis høye pH-verdier nær 8. Innholdet av organisk karbon var også lavt. Nitrogeninnholdet var omtrent som man kan påvise i naturlig overflatevann. Ved prøvested 3, som kan betraktes som grunnvann, var tungmetallinnholdet lavest, mens komponenter som kalsium, barium, bor som er karakteristiske for grunnvann, var her høyere enn i de andre prøvene. Ved prøvested 7 som er stillestående vann i en synk midtveis mellom Gottes Hülfe in der Noth og Mildigkeit Gottes gruve ble det påvist høye konsentrasjoner av jern, sink og kadmium og med noe kvikksølv. Høyt sulfatinnhold tyder på at denne vannkvaliteten har sin årsak i naturlig forvitring av kismineraler i gruva. Som en kuriositet kan nevnes at innholdet av sølv var høyest i hovedsjakten til Gottes Hülfe in der Noth.

Resultatene fra prøvetakingene tyder ikke på at avrenning ammunisjonsdeponiene har noe vesentlig betydning for vannkvaliteten i sjaktene.

Tabell 10. Prøver tatt av Forsvaret i sjaktene nær ammunisjonsdeponiene den 10.oktober 2001.

Prøve nr	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Tot-N µg/l	Al mg/l	Si mg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	TOC mg C/l
1	7,12	9,85	11,5	15,1	0,73	295	0,16	2,45	<5	<5	17	1310	34	<5	<10	130	6,9
2	6,99	8,27	10,9	13,8	0,67	280	0,21	2,30	<5	<5	16	1130	47	<5	1	130	7,8
3	7,03	7,96	10,6	13,0	0,63	310	0,21	2,22	<5	<5	17	1140	47	<5	<10	140	8,5
4	6,97	7,88	11,2	13,2	0,65	545	0,39	2,45	<5	<5	32	4730	120	<5	16	180	12,9
5	7,40	22,7	14,1	43,3	1,89	215	0,029	5,95	<5	<5	32	29700	420	<5	<10	14	6,6

1. Gottes Hülfe. Hovedsjakt ved inngang til Haus Oldenburg stoll nord.
2. Haus Oldenburg stoll nord. Midtveis mellom Gottes Hülfe og Haus Oldenburg gruve
3. Haus Oldenburg gruve (i ammunisjonslager)
4. Haus Oldenburg gruve (rett sør for ammunisjonslager)
5. Haus Oldenburg gruve (øst ved avlyttingsutstyr)

Tabell 11. Prøver tatt i gruva den 02.09.02 i tilknytning til ammunisjonsdeponiene. Prøvene er tatt på 84-90 m dyp.

Prøve -sted	pH	Kond mS/m	Tot-P µg/l	Tot-N µg/l	TOC mg/l	SO ₄ mg/l	Ag µg/l	As µg/l	B µg/l	Ba µg/l	Ca mg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Sr µg/l	Zn µg/l
1	7,70	13,4	4	425	2,9	12,9	0,20	0,59	39,1	146	26,4	0,39	0,086	5,49	1000	7,5	1,1	17,6	1,7	0,52	2,56	59,4	106
2	7,86	12,4	4	425	3,2	12,0	0,29	1,4	35,7	158	24,8	0,50	0,523	7,14	1190	8,5	1,0	232	1,9	0,89	4,13	50,1	124
3	8,01	26,4	1	84	0,57	21,2	<0,05	0,98	131	65,6	47,2	<0,01	0,039	0,16	893	<1	3,0	406	0,77	<0,05	0,006	115	0,2
4	7,78	11,8	4	455	3,4	11,7	0,20	0,54	30,1	128	23,6	0,44	0,13	6,89	1190	2,0	0,9	33,1	2,0	0,76	1,97	45,6	100
5	7,82	14,8	9	340	3,1	22,9	0,81	1,5	14,0	163	27,4	1,74	3,07	13,7	1520	13,0	1,6	29,4	0,36	2,39	18,0	50,1	565
6	7,82	30,6	<1	220	0,46	68,2	<0,05	1,3	42,4	35,3	51,2	0,88	0,513	2,9	<10	1,0	3,5	0,45	0,45	2,0	0,284	240	190
7	7,87	133,4	3	150	1,3	690	<20	<200	220	53	273	34	30	38	5080	14,0	16	1290	170	<40	<100	1840	8800

Kommentarer til prøvetakingstedene :

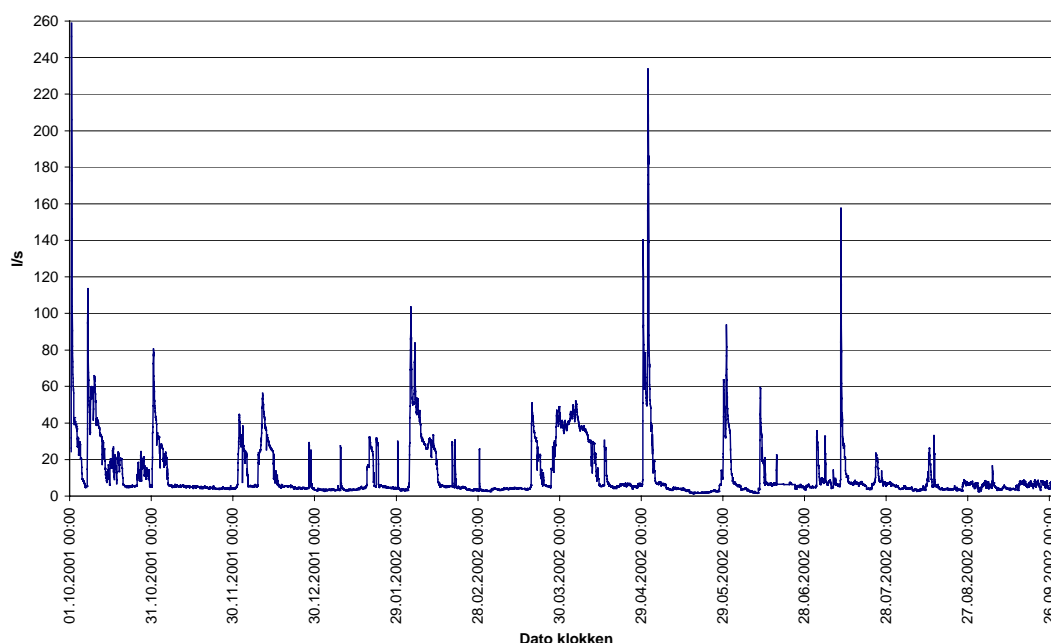
1. Gottes Hülfe in der Noth hovedsjakt v/ inngang til Haus Oldenburg stoll nord (rennende vann)
2. Haus Oldenburg stoll nord- ca. midtveis mellom Gottes Hülfe in der Noth og Haus Oldenburg (v/ 1. tverrgang). Svak gjennomstrømning.
3. Haus Oldenburg stoll nord- ca. midtveis mellom Gottes Hülfe in der Noth og Haus Oldenburg (v/ 1. tverrgang). Tatt av rennende vann fra dryppstein i stolltaket (grunnvann).
4. Haus Oldenburg gruve. Tatt i rennende vann fra selve "ammunisjonslageret"
5. Gottes Hülfe in der Noth hovedsjakt vestlig side (tatt i rennende vann på vestre sjaktvegg). Vannet renner muligens gjennom søple-/heissjakta som kan sees fra hjulstua oppe i dagen (ikke verifisert)
6. Mildigkeit Gottes gruve - sydgående tverrslag ved de nye driftene (tatt i rennende vann fra et hull i veggen hvor vann kommer sprutende ut - grunnvann. "Kilden" er tidligere benyttet som drikkevann).
7. Stoll ca. midtveis mellom Gottes Hülfe in der Noth gruve og Mildigkeit Gottes gruve (tatt i synk med stillestående vann)

4.3 Vannføringsmålinger

Det ble opprettet to målestasjoner for vannføring i de to hovedstollene. Det ble benyttet en ISCO målestasjon for registrering av vannhøyde og vannhastighet i en kjent rørprofil. Det ble foretatt en måling hvert 10. minutt. Loggeren beregnet en timesmiddelverdi som ble lagret.

4.3.1 Christian 7. stoll

Målestasjonen i Christian 7. Stoll ble plassert nedstrøms tilløpet fra Gabe Gottes gruve. Det kommer til noen mindre tilførsler lenger ut i stollen bl.a. fra Grev Bernsdorfs gruve. Det ble vurdert at disse var av mindre betydning. Figur 11 viser forløpet av vannføringskurven for timesobservasjonene.

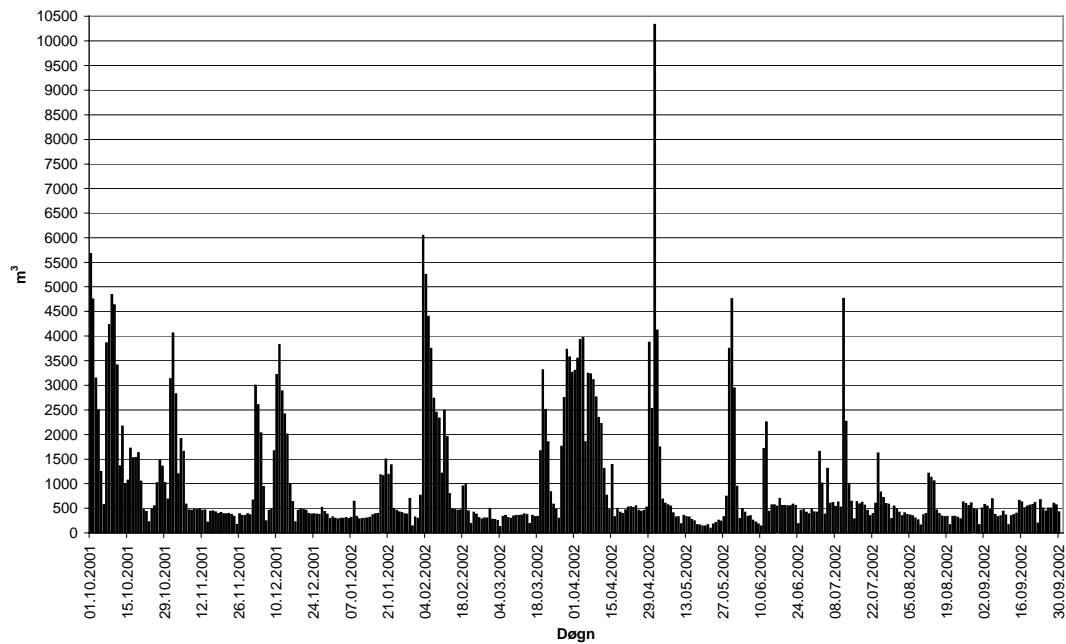


Figur 11. Timesmiddelvannføringer i Christian 7. stoll 01.10.2001-01.10.2002.

Forløpet av kurven viser at nedbørfeltet er unormalt ved at vannføringen kan øke og avta kraftig i løpet av kort tid. Dette skyldes trolig at når det er mye nedbør, kan bekkene når de blir store nok trenge inn i gruva gjennom noen av sjaktene. Likeledes kan vannføringen synke raskt igjen når bekkene blir mindre. Mest sannsynlig skyldes forholdet at bekken i Justitsdalen går ned i Gabe Gottes gruve når vannføringen blir høy nok. Figur 12 viser beregnede døgnverdier. Av observasjonene kan følgende nøkkelverdier beregnes:

Middelvannføring	:	43,7	m ³ /h
Max	:	932	m ³ /h
Min	:	4,32	m ³ /h
Median	:	19,8	m ³ /h

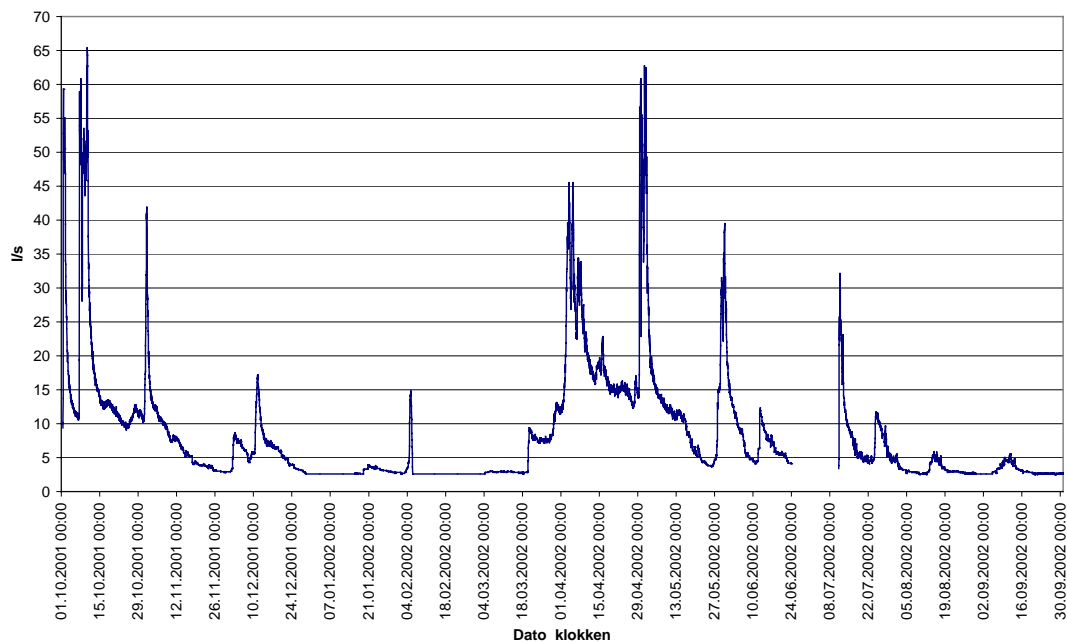
Sum	:	364201	m ³ /år
Middel	:	998	m ³ /døgn
Max	:	10331	m ³ /døgn
Min	:	87,5	m ³ /døgn
Median	:	478	m ³ /døgn



Figur 12. Døgnvannføringer i Christian 7. Stoll 01.10.2001-01.10.2002.

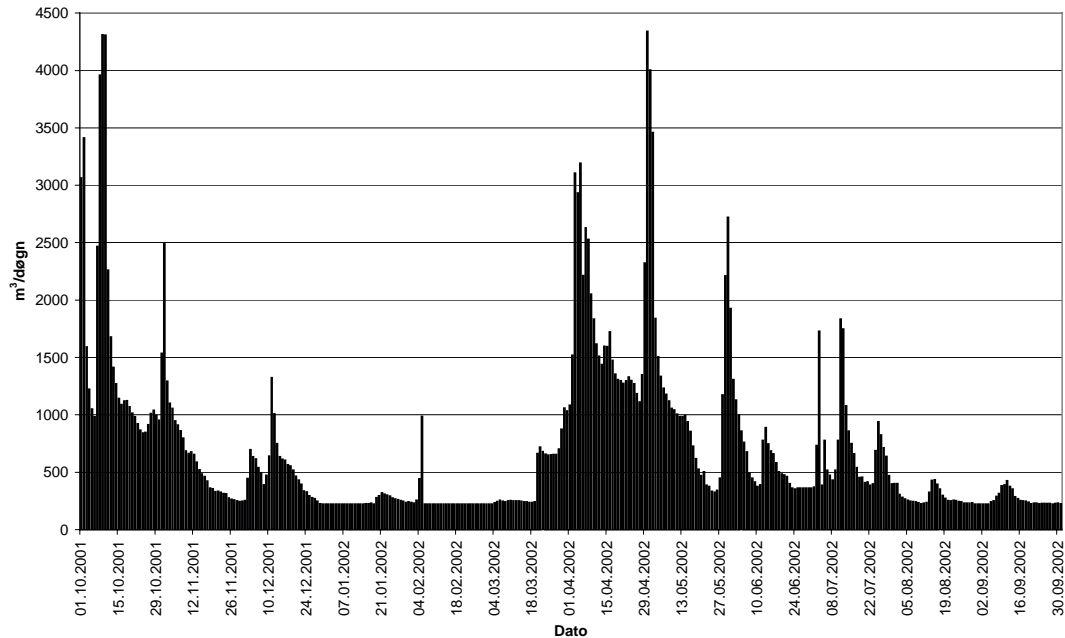
4.3.2 Underbergstollen

Målestasjonen i Underbergstollen var lokalisert ca. 50 m innenfor porten. Det var ikke mulig å samle opp alt vannet gjennom røret i stollen. lekkasjen som gikk utenom ble derfor målt manuelt v.h.a. salt-dosering og måling av konduktivitetsøkning vha et spesielt instrument som beregnet vannføringen automatisk. lekkasjeverdien ble lagt til de kontinuerlige målingene. Figur 13 viser timesobservasjonene for måleperioden.



Figur 13. Timesmiddelvannføringer i Underbergstollen 01.10.2001-01.10.2002.

Kurven har en noe annerledes forløp enn i Christian 7.stoll. Resultatene for måleperioden tyder på at vannføringen i stollen ikke er flompåvirket i samme grad som i Christian 7.stoll. Figur 14 viser beregnede døgnvannføringer.



Figur 14. Døgnvannføringer i Underbergstollen 01.10.2001-01.10.2002.

Som for Christan 7.stoll kan følgende nøkkeltall beregnes av observasjonsmaterialet:

Middelvannføring	:	6,51	l/s
Max	:	65,4	l/s
Min	:	2,5	l/s
Median	:	3,3	l/s
Sum	:	260330	m ³ /år
Gj.snitt	:	713	m ³ /døgn
Max	:	4342	m ³ /døgn
Min	:	224	m ³ /døgn
Median	:	414	m ³ /døgn

4.4 Forurensningstransport

Ved hjelp av årsavrenning i m³ og middelværdi for analyseverdi er årstransporten for de viktigste komponenter beregnet i tabell 12. Når det gjelder tungmetalltransport, er denne svært beskjeden sammenlignet med de verdier en observerer ved kisser (Arnesen, 2000). Sinktransporten er f.eks mindre enn 100 kg/år. Sulfattransporten er forholdsvis stor. Dette tyder på at svovelkis er viktigste kiskmineral i berggrunnen. Det frigjorte jernet når ikke fram til målepunktet, men felles ut på veien. I sedimentene i vanngrøfta i stollen ser en at det er felt ut mye jern. Transporten av organisk karbon,

nitrogen og fosfor er også lav og har trolig for en stor del sammenheng med naturlige tilførsler av disse komponenter.

Tabell 12. Beregnet årstransport i Christian 7.stoll og Underbergstollen

Komponent	Benevning	Christian 7. stoll	Underbergstollen
Sulfat	kg SO ₄ /år	8061	3690
Totalt organisk karbon	kg C/år	1108	735
Totalnitrogen	kg N/år	124	41,3
Totalfosfor	kg P/år	1,6	0,44
Kvikksølv	g Hg/år	4,4	1,5
Sølv	kg Ag/år	0,11	0,01
Arsen	kg As/år	0,29	0,13
Bor	kg B/år	4,9	3,9
Barium	kg Ba/år	19,5	14,9
Kadmium	kg Cd/år	0,11	0,07
Kobolt	kg Co/år	0,054	0,03
Kobber	kg Cu/år	2,15	1,16
Jern	kg Fe/år	42,5	22,6
Mangan	kg Mn/år	1,55	0,50
Molybden	kg Mo/år	0,645	0,34
Nikkel	kg Ni/år	0,28	0,13
Strontium	kg Sr/år	14,5	12,7
Sink	kg Zn/år	34,1	19,2
Bly	kg Pb/år	0,33	0,13

5. Organiske mikroforurensninger

5.1 Metodikk

I de senere år har NIVA tatt i bruk en spesiell konsentreringsteknikk for kartlegging av tilførsler av organiske mikroforurensninger (Skei et al, 2000). For å konsentrere PCB-innholdet i vannet ble det benyttet LDPE - SPMD membraner som er laget av polyetylen med lav tetthet (LDPE = low density polyethylene) tilsatt 1 ml. (0,95 g) med syntetisk triolein (Glycerol, tri(trans-9-octadecenoate)) på laboratoriet og forseglet. Triolein er et nøytralt høy-molekylærvekts lipid. Den har en molekylvekt på over 700 g/mol, og utgjør hovedbestanddelen av nøytralt fett i fisk.

SPMD-membranene har transportkanaler på 5 - 10 Å (0,5 - 1 nm). Cellemembranen hos fisk har en poreåpning på 9 - 11 Å. Dette gjør SPMD svært sammenlignbart med hensyn til opptak av organiske forbindelser i fisk. Membranens tykkelse, overflate, og substratvolum er faktorer som sterkt innvirker på den tiden det tar før likevekt mellom SPMD og vannfasen oppnås. Opptak i SPMD er først og fremst en funksjon av motstanden i membranen. Masse transportskoeffisienten for komponentene gjennom membranen er kontrollert av tykkelsen og overflatearealet til membranen.

Tverrsnittdiameteren av de fleste organiske molekyler er litt mindre enn transportkanalene i membranen, og kan dermed konsentreres i løst form. Assosiert med partikler og kolloider er disse for store til å transporteres gjennom kanalene i membranen. SPMD-membraner med triolein har vist seg å være svært effektive med hensyn til å ekstrahere persistente organiske forbindelser som PCB fra både vann og luft. Opptaksraten påvirkes av en rekke forhold som vannets temperatur, konsentrasjon av PCB, fordelingskoeffisienter, pH-verdi, vannhastighet m.fl. Vanligvis oppnås likevekt mellom PCB i vannets og trioleinen i membranen etter 7-30 dager. En har imidlertid lite erfaringer med hvordan en skal tolke resultatene for lokaliteter som Christian 7.stoll og Underbergstollen. Her vil vannhastigheten variere mye over tid. Siden transporten av PCB inn i membranen tar tid, vil det derfor være stor usikkerhet mht til å beregne transport av PCB i stollene. Et annet forhold som en også må ta hensyn til, er at membranene i større grad konsentrerer lavklorerte forbindelser enn høyklorerte. Disse forhold betyr at denne konsentreringsteknikken ikke gir et fullstendig bilde av PCB-transporten. Anvendt på forholdene i de to hovedstollene ved Sølverket er imidlertid teknikken godt egnet til å påvise relative forskjeller og således bidra til å kartlegge lokaliteter der det kan være PCB-kontaminering.

Membranene er produsert av Origo Hb v/ Per-Anders Bergqvist, Miljö kemi, Umeå Universitet, Sverige. Membranene ble montert i stålbur med lengde 35 cm, diameter 15 cm og hulldiameter 6 mm. Burene ble plassert i væskestrømmen slik at de alltid var dekket med vann. Membranen er en lang, flat og myk plasttube ca 91cm lang, 2,5 cm bred og med veggtykkelse ca. 80 µm. Membranen var på forhånd fylt med triolein som var fordelt over hele lengden. Trioleinen danner en tynn væskefilm inne i membranen for å oppnå maksimalt forhold mellom overflate og volum.

5.2 Resultater

Resultatene fra feltundersøkelsen som er samlet tabell 13 viser en tydelig forskjell på de to lokalitetene.

Tabell 13. Analyse av PCB etter oppsamling gjennom semipermeable membraner (SPMD).

Forbindelse	Christian 7. stoll ng	Underberg- stollen ng
Polykloreert bifenyyl 28	<0,5	<0,5
Polykloreert bifenyyl 52	1,3	<0,5
Polykloreert bifenyyl 101	1,2	<0,5
Polykloreert bifenyyl 118	0,8	<0,5
Polykloreert bifenyyl 153	1,1	<0,5
Polykloreert bifenyyl 138	2,1	i
Polykloreert bifenyyl 180	<0,5	<0,5
Sum Seven Dutch	6,5	<0,5

i : Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet av prøven.

Ved hjelp av analyseresultatene i tabell 13 og registrert vannmengde i den perioden som membranene sto utplassert, kan det beregnes en stofftransport. I tabell 14 er det gjort en beregning av PCB-transporten i oppsamlingsperioden (1 måned 22.05-24.06.02) og for perioden 1.10.01-30.09.02.

Tabell 14. Transport av PCB i Christian 7. Stoll og i Underbergstollen

	Vannmengde 22.05.-24.06.02 m ³	Vannmengde 01.10.01-30.09.02 m ³	PCB-transport ng/måned	PCB-transport ng/år
Christian 7. stoll	27176	364201	6,5	80
Underberg- stollen	251152	260330	<0,5	<5

Som nevnt foran må en ikke legge for mye vekt på de beregnede transportverdiene. Resultatene viser imidlertid at det er stor forskjell mellom Underbergstollen og Christian 7. stoll når det gjelder PCB-transport. I Underbergstollen ble det ikke påvist noen transport, mens i Christian 7.stoll var transporten av en viss størrelse. Selv om den beregnede transporten i Christian 7.stoll tilsynelatende er svært beskjeden, bør en med bakgrunn i usikkerheter som nevnt foran, vurdere å ta stikkprøver av selve drenevannet ved noen lokaliteter for å få et bedre mål for transporten. En vil deretter ha bedre muligheter for å avgjøre om det er behov for tiltak. En oppfølgende prøvetaking foreslås foretatt om høsten etter at snø og is er tint i sjaktene og i en periode med nedbør.

6. Samlet vurdering

Det er gjennomført en feltundersøkelse med målsetting å vurdere forurensningstilstanden i gruveområdet ved Sølvverket. Undersøkelsene er foretatt både over og under dagen. Det er lagt vekt på å vurdere mulige effekter av avrenning fra deponert avfall i sjaktene. I sjaktene er deponert en rekke typer ammunisjon samt mye uspesifisert avfall fra publikum. Undersøkelsen har bestått i regelmessig prøvetaking ved utløpet av de to hovedstollene som drenerer gruveområdet under dagen, Christian 7.stoll og Underbergstollen. Det er også foretatt prøvetaking under befaring til gruveområdet i dagen og tatt prøver av drensvann inne i gruva og i nærheten av deponiene. I de to hovedstollene er det foretatt kontinuerlig registrering av vannføring slik at en kan beregne transporten av forurensningskomponenter.

Ved valg av analyseprogram har en lagt vekt på komponenter som kan fange opp nedbrytningsprodukter som vaskes ut fra det deponerte avfallet. Etterhvert som avfallet brytes ned, antar vi at dette vil kunne spores ved å foreta analyse av totalnitrogen, totalfosfor, totalt organisk karbon, samt tungmetaller. Når det gjelder tungmetaller, ble det innledningsvis foretatt en screening av i alt ca. 50 elementer for å velge ut et mindre omfattende rutineprogram. I tillegg er det foretatt en kartlegging av PCB-transporten i de to hovedstollene.

Resultatene viser at prøver av drensvann både tatt under dagen og i dagen er påvirket av metalltilførsler. Spesielt er nivåene for sink, kadmium, bly og kvikksølv høyere enn de nivåer en observerer i upåvirket vann. Siden en også kan påvise relativt høye sulfatkonsentrasjoner, tyder dette på at det pågår forvitring av kismineraler i gruveområdet. Når det gjelder svovelkis frigjøres jernet i toverdigg form. Toverdig jern oksiderer raskt til treverdigg som felles ut når pH er høy nok. Bortsett fra området ved Kisgruva er det ikke påvist surt drensvann i området. I begge hovedstollene er pH-verdiene over 7. Dette betyr at frigjort jern felles ut som hydroksid/oksid på veien ut. Dette kan en også se inne i gruve og i tippene. Når det gjelder tungmetallnivåer, har en påvist forhøyede konsentrasjoner av de samme metaller i sigevann fra tipper som f.eks. tippen ved Juels gruve som i hovedstollene. Siden en ikke finner noen vesentlig økning i metallnivåene i sigevann fra områder nære deponiene, tyder dette på at de tungmetaller som er påvist ved utløpet av hovedstollene, hovedsakelig har sin årsak i naturlige tilførsler som har med berggrunnens sammensetning å gjøre. Når det gjelder kvikksølv, er det kjent at kvikksølv kan følge sølvmalmer i deler av gruveområdet. I en av lokalitetene, en synk inne i gruva, ble det påvist overraskende de høye konsentrasjoner av de samme metaller. Dette vannet kunne ikke settes i sammenheng med tilførsler fra deponier.

Konklusjonene foran understøttes også av observasjonene av nitrogen, fosfor og organisk karbon. Analyseresultatene for disse komponentene tyder ikke på noen tilførsler fra deponiene av betydning.

Avrenningen fra Kisgruva er sterkt sur og tungmetallholdig. Forurensningstransporten fra dette området er imidlertid for liten til å ha noen betydning for Kobberværkselva. Analyseresultate fra et skjerp i området, Vestre Ertztjernås skjerp, tyder på at ammunisjonsavfallet som er deponert der avgir noe tungmetaller. Vannet i skjerp var stillestående, og det ble ikke påvist noe avløp fra skjerp. Forholdet har derfor ikke noen betydning for vassdraget.

Selv om denne undersøkelsen ikke kan påvise at avrenning fra deponiene i gruva har noen effekter av betydning for vannkvaliteten i Christian 7.stoll eller i Underbergstollen, foreslår vi likevel at tilstanden følges opp over tid med et enkelt kontrollprogram. Ved en årlig prøvetaking av f.eks drensvann fra sjakten ved Gottes Hülfe vil en kunne ha en tilfredsstillende kontroll på forurensningstilstanden ved noen viktige deponier.

Denne undersøkelsen gir ikke fullstendige opplysninger om tungmetallnivåene i gruveområdet. Når det gjelder nivåer ved lokaliteter i dagen, foreslår vi at det av hensyn til publikum foretas en bredere kartlegging av nivåene ved aktuelle lokaliteter i området. Publikum bør eventuelt varsles ved skilting om at eventuelle kilder ikke egner seg som drikkevann.

Prøvetaking av drensvannet i de to hovedstollene med passiv prøvetaker som var utplassert i en måned viste at det er deponert PCB-holdig materiale i området som drenerer til Christian 7.stoll. I Underbergstollen ble det ikke påvist PCB. Siden vi ikke har noen erfaringer mht til kvantitative beregninger i slike vannhastigheter som i grøftesystemet i Christian 7.stoll, vil de kvantitative anslagene som er gjort være svært usikre. Denne undersøkelsen har heller ikke hatt som mål å kvantifisere transporten. Siden utslagene er såvidt tydelige, anbefaler vi en ny prøvetaking der det tas vannprøver direkte for analyse av PCB samtidig som vannføring måles. Prøvetakingen bør utføres om høsten etter at snø og is er tint i sjaktene. Vi anbefales derfor å forsøke å lokalisere kilden nærmere og ta prøver for kartlegge størrelsen på transporten.

7. Referanser

Arnesen, R.T., 1999. Loadings of Heavy Metals from Sulphide Ore Mines on Norwegian Freshwater Recipients. SFT-Report 99:02. TA 1610/99. ISBN 82-7655-151-3. 152 pp.

Skei, J. og Tellefsen, T., 2000. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden år 2000. Kartlegging av PCB i indre Sørfjorden ved hjelp av semi-permeable lavtetthets polyetylen membraner (LDPE-SPMD). NIVA-Rapport, O-800309. L.nr.4319-2000 , 19 s.

Vedlegg A. Resultater fra utvidet elementanalyse v.h.a. ICPMS

Tabell 15. Resultater fra utvidet elementanalyse v.h.a. ICPMS for prøver tatt den 01.10.2001 fra Christian 7.stoll og fra Underbergstollen. (Se tabell 2 og tabell 3 for øvrige analyser).

Element	Benevning	Christian 7. stoll	Underberg stoll
Al	µg/l	73	116
Be	µg/l	<0,05	<0,05
Bi	µg/l	<0,5	<0,5
Ce	µg/l	0,24	1,6
Cr	µg/l	0,30	0,50
Cs	µg/l	0,20	0,13
Dy	µg/l	0,047	0,13
Er	µg/l	0,025	0,076
Eu	µg/l	0,021	0,032
Ga	µg/l	0,007	0,035
Gd	µg/l	0,07	0,19
Ge	µg/l	0,009	0,018
Ho	µg/l	0,009	0,029
In	µg/l	<0,005	<0,005
La	µg/l	0,17	0,65
Lu	µg/l	0,005	0,01
Na	µg/l	1290	1110
Nb	µg/l	<0,02	<0,02
Nd	µg/l	0,23	0,77
Pr	µg/l	0,05	0,18
Rb	µg/l	2,1	1,4
Re	µg/l	<0,05	<0,05
Sb	µg/l	<0,2	<0,2
Se	µg/l	<0,3	0,3
Sm	µg/l	0,051	0,18
Sn	µg/l	<0,1	<0,1
Ta	µg/l	<0,02	<0,02
Tb	µg/l	0,009	0,024
Th	µg/l	<2	<2
Ti	µg/l	19	28
Tl	µg/l	<0,06	<0,06
Tm	µg/l	0,004	0,011
U	µg/l	0,048	0,38
V	µg/l	<0,1	0,2
W	µg/l	<0,1	<0,1
Y	µg/l	0,27	0,80
Yb	µg/l	0,022	0,056
Zr	µg/l	<0,1	0,1