

O-89235

Tiltaksrettede undersøkelser i Verkenselva



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

Prosjektnr.: 0 – 89235
Undernummer:
Løpenummer: 2415
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Tiltaksrettede undersøkelser i Verkenselva.	Dato: 2/4-1990
	Prosjektnummer: 0 – 89235
Forfatter (e): Eigil Rune Iversen Magne Grande	Faggruppe: Industri
	Geografisk område: Buskerud
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: Drammen Kommune, Ingeniørvesenet. Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernnavdelingen.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: <p>Rapporten gir en beskrivelse av avfallsmengder og avrenningsforhold i den delen av gruvefeltet på Konnerud som drenerer til Verkenselva. I Verkenselva er deponert vaskeriavgang fra oppredningsverket til Det Jarlsbergske Sølvholdige Blye og Kobberverk som var i drift i perioden 1730-77. Avfallet har fortsatt betydelige gehalter av tungmetallene bly og sink, noe som fører til betydelige konsentrasjoner av disse metaller i vassdraget. Det er foreslått generelle tiltak for å restaurere vassdraget.</p>
--

4 emneord, norske:

1. Kisgruve
2. Tungmetaller
3. Avfall
4. Tiltak

4 emneord, engelske:

1. Pyrite mining
2. Heavy metals
3. Waste drainage
4. Measures

Prosjektleder:

Eigil Iversen

For administrasjonen:

Arne Chr. Foshaug

ISBN 82-577-1716-9

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Oslo

0 - 89235

TILTAKSRETTEDE UNDERSØKELSER I VERKENSELVA

Oslo, 2. april 1990

Eigil Rune Iversen
Magne Grande

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
1. KONKLUSJONER	4
2. INNLEDNING	5
3. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET OG GRUVEVIRKSOMHETEN	7
4. FORURENSNING FRA GRUVEDRIFT	8
5. FELTUNDERSØKELSER	10
5.1 Kartlegging av fast avfall	10
5.2 Avfallsets sammensetning og egenskaper	14
5.3 Vannkvalitet	18
5.4 Materialtransport	23
5.5 Svendsedammen som fiskevann	23
6. VURDERING AV TILTAK	26
7. SAMLET VURDERING	28
8. REFERANSER	29

1. KONKLUSJONER

1. Verkenselva nedstrøms Ifferts dam er påvirket av tungmetallavrenning fra gruveavfall. Sink og bly er viktigste metaller i avrenningen. Forurensningssituasjonen er stabil dersom Svendsedammen ikke nedtappes.
2. Selv om fisk overlever i vannkvaliteten, er Svendsedammen lite egnet som fiskedam da store deler av bunnen er dekket av gruveavfall.
3. Det er ingen helsemessige betenkeligheter ved å spise fisk fra vassdraget eller ved å bade i Svendsedammen som følge av tungmetallavrenning fra gruveavfall.
4. Økt boligbygging i området fører også til økte brukerinteresser i vassdraget. Dette tilsier at det bør foretas en opprydding av gruveavfall i området. Det foreslås at man går skrittvis fram, og at man først vurderer å fjerne avfall ovenfor Svendsedammen. Disse mengdene er relativt beskjedne og kan eventuelt deponeres i gruveåpninger og overdekkes.
5. Mer spesifikk tiltaksplan bør utarbeides etter at en samlet plan for området er valgt.
6. Dersom man ønsker å foreta en fullstendig sanering av alt gruveavfall i Verkenselva, er avfallet av en slik beskaffenhet at det anbefales lagt på land med en egnet overdekking. Det bør først foretas en mer nøyaktig kartlegging av avfallsmengdene og av et egnet deponeringsområde.

2. INNLEDNING

Drammen kommune arbeider med en vannbruksplan på Konnerud og ønsket i denne forbindelse å engasjere Norsk institutt for vannforskning (NIVA) til å utrede en del nærmere spesifiserte forhold under vandelen i denne planen. Vannbruksplanen omfatter Stordammen og vassdragsstrekningen ned til Svingen-området.

NIVAs engasjement omfatter:

- A. Tiltaksrettet undersøkelse av Verkenselva.
- B. Tiltaksrettet undersøkelse av Stordammen på Konnerud.

Det ble utarbeidet en kontrakt for arbeidene, datert 18. desember 1989. Denne rapport gjelder engasjement nr. B og omfatter undersøkelser som er foretatt vedrørende forurensninger fra gruveavfall i Verkenselva/Svendsedammen fra utløpet av Stordammen og ned til Svingen.

NIVA utarbeidet et program for undersøkelsene i Verkenselva datert 6. oktober 1989. Programmet hadde en ramme på kr. 70.000,-. Da Drammen kommune bare hadde kr. 35.000,- til disposisjon for undersøkelsen, ble Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen, kontaktet, og de sa seg villig til å finansiere undersøkelsen med omtrent det resterende beløp. Undersøkelsene har derfor stort sett fulgt det opprinnelige programforslag, men med noen endringer som følge av at avfallet i Svendsedammen ble satt under vann høsten 1989.

Feltundersøkelsene ble gjennomført i oktober/november 1989 og i februar 1990. Fra Drammen Kommune har Arnljot Mølmen og Knut Lyche bistått under feltarbeidet.

Undersøkelsene i Verkenselva/Svendsedammen har som målsetting å:

- Gi en oversikt over dagens vannkvalitet med hensyn til tungmetallbelastning.
- Kartlegge hvor tungmetalltilførslene kommer fra.
- Kartlegge gruveavfallets mengde, sammensetning og egenskaper.
- Foreslå egnede tiltak for å restaurere vassdragsstrekningen.
- Gi en vurdering med hensyn til bruk av vassdraget.

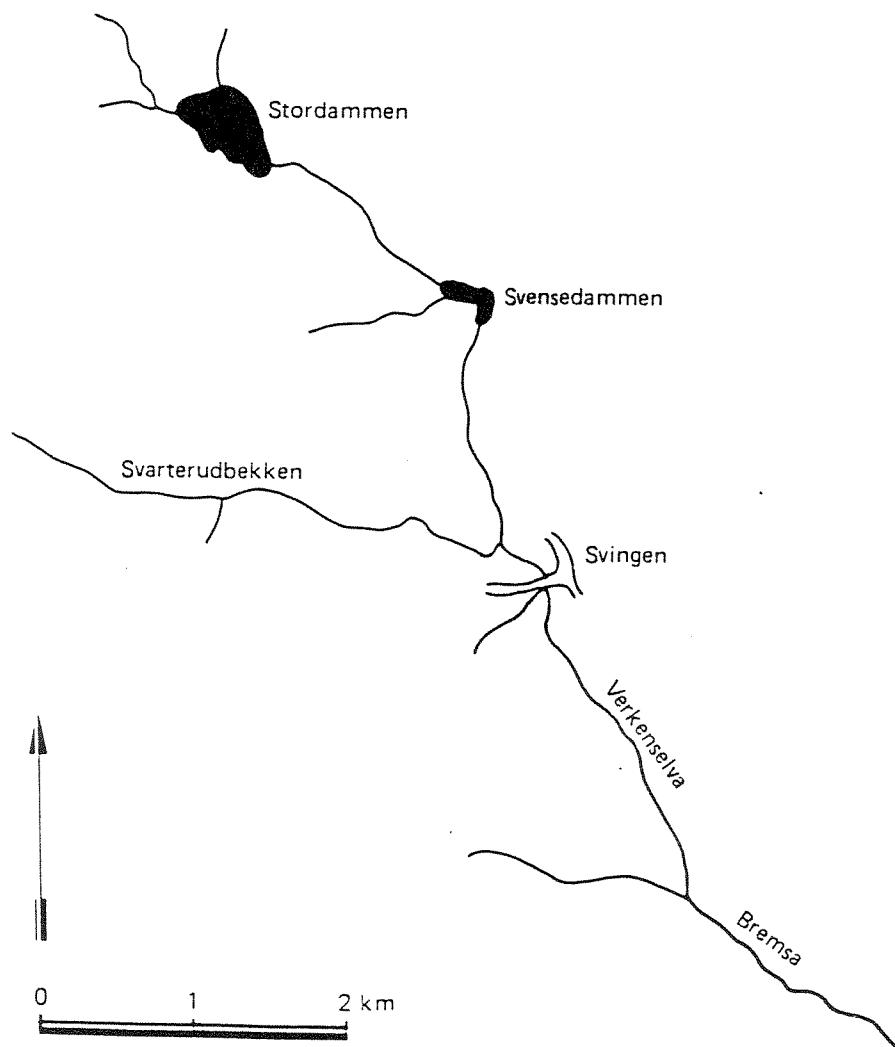


Fig. 1. Skisse over Verkenselva med Stordammen og Svensedammen, etter Knutzen 1979.

3. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET OG GRUVEVIRKSOMHETEN

Vassdragsstrekningen fra Stordammen til samløp med Bremsa kalles Verkenselva. Navnet har sin bakgrunn i gruvevirksomheten ved det såkalte Jarlsbergiske Sølvhaltige Bly- og Kobber-Verk. Figur 1 viser en skisse over Verkenselva med Stordammen og Svendsedammen. Stordammen ble anlagt som vannmagasin i 1740-årene for å skaffe kraft til gruveanleggets pukkverk og vaskeverk. Svendsedammen eller Møllledammen ble opprinnelig bygget som sagverksdam og er senere reparert og påbygget. Midlere tilsig til Stordammen er beregnet til 100-125 l/s (Knutzen 1979). Nedenfor Stordammen er en liten dam, Ifferts dam, som i sin tid tjente som inntaksmagasin for pukkverkene i gruve driftsperioden. Dammen er i dag nedtappet.

Forekomstene i Konnerudkollen ble oppdaget på midten av 1600-tallet, men noen gruve drift av betydning kom ikke igang før omkring 1730. I perioden 1730-1777 ble det drevet gruve drift etter bly, sølv og kobber. Utenfor gruvene ble malmen sortert for hånden (håndskeidet). Utsortert avfallsberg som ble funnet å ha for lave gehalter for videre bearbeiding, har ofte betydelige gehalter (> 1%) av metaller som kobber og sink. I bergveltene utenfor gruveåpningene ved Konnerudkollen er det ikke gjort undersøkelser av gehaltene, men det er sannsynlig at sinkinnholdet kan være betydelig da gruve driften i denne perioden bare utnyttet sølv, bly og kobberholdig malm.

Etter sortering ble malmen fraktet til pukkverkene ved Verkenselva. Det var ialt 6 pukkverk som utnyttet vannfallet mellom Ifferts dam og Svendsedammen. Etter nedknusing ble malmen videre oppkonsentrert til slig i såkalte vaskebenker der de tyngre malmpartiklene ble skilt fra de lettere bergartsmineralene. Denne oppredningsprosessen er forholdsvis effektiv på rik malm, men avfallet fra prosessen, vaskeriavgangen, kan likevel inneholde betydelige mengder metaller.

Avgangen fra vaskeanleggene ved Verkenselva ble ført på elva og ligger i dag avleiret som banker langs elvas roligere partier. Mesteparten av avfallet ble holdt tilbake i dammen oppstrøms den tidligere Møllledammen, men en del ble sikkert også ført med strømmen videre nedover i vassdraget, særlig etter at den gamle Møllledammen brøt sammen. Den dammen som i dag står ved utløpet av Svendsedammen, er satt opp i vårt århundre og reparert i den senere tid. Trolig vil en i dag finne større eller mindre mengder avfall et godt stykke nedover vassdraget mot Sandebukta. En del avfall er i dag synlig i banker langs elva fra Svendsedammen ned til Svingen ved at vegetasjonen langs elvebredden er sparsom eller mangler. Dette avfallet er ikke kartlagt nærmere i denne undersøkelsen. Mye avfall er også gjennom tidene brukt

til oppfyllingsformål av beboerne i området. Det er bl.a. rapportert om at vaskeriavgangen er benyttet som ugressdreper i oppkjørsler! Slikt avfall er i dag svært vanskelig å kartlegge.

Det var drift i gruvene i kortere perioder på 1800-tallet og i perioden 1905-1913. Det ble i disse perioder drevet på sink. Oppredningsanleggene fra siste driftsperiode lå utenfor kontaktstollen på den andre siden av Konnerudkollen og ved Pukerud nede ved Drammenseelva. Avgangen fra prosessen ble sannsynligvis ført på elva. Avfallet som i dag ligger ved Verkenseelva, skriver seg således utelukkende fra perioden 1730-1777.

Etter at store arealer på Konnerud er utlagt til boligbygging, har det blitt økt interesse til bruken av vassdraget. Elver danner i dag et skille mellom boligområdene på den ene siden og skogsarealer på den andre. I Svendsedammens nærhet er idrettshall, treningsfelter, skianlegg etc. Svendsedammen blir benyttet som badedam om sommeren.

På 1960- og 70-tallet ble vassdraget belastet med urensset husholdningsavløp. På den tiden ble dette betraktet som største forurensningsproblem i vassdraget (Knutzen 1978,1979). Etter de avkloakeringsarbeider som er gjennomført, har situasjonen trolig bedret seg betydelig.

Det er i denne undersøkelse ikke lagt vekt på de kommunale tilførsler nedstrøms Stordammen, da en antar at det i dag er avrenning fra gruveavfall som betyr mest for forurensningssituasjonen i vassdraget. Tilførslene av fosfor og nitrogen fra Stordammen blir imidlertid behandlet av NIVA i særskilt rapport (engasjement nr B. Tiltaksrettet undersøkelse av Stordammen, Konnerud).

4. FORURENSNING FRA GRUVEDRIFT

Gruvedrift etter kiskminerale medfører alltid en økt tungmetall-belastning på miljøet i større eller mindre grad. Dette skyldes at bakteriologiske og kjemiske forvitningsprosesser oppstår i avfallet under innvirkning av fuktighet og luftens oksygeninnhold. Prosessene har som følge at metallene, som er bundet som kiskminerale, frigjøres og kan lett transporteres ut i tilstøtende vassdrag ved hjelp av nedbør. Hvor raskt eller hvor langt disse prosessene går i gruveavfall, er avhengig av flere forhold som f.eks.:

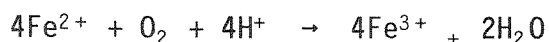
- Hvilke kisminerale avfallet består av og i hvilke mengder.
- Hvilke bergartsminerale avfallet består av. Basiske bergarter vil f.eks. bremse forvitningsprosessene.
- Avfallstyper. Bergvelter (avfall fra håndskedning) kan ofte inneholde større metallmengder enn avgang fra en oppredningsprosess. Nedmalt avfall kan forvitte raskere enn store blokker da overflaten er mye større.

Forvitningsprosessene som oppstår i slikt gruveavfall, er meget kompliserte og ennå ikke fullt forstått. Hvis en bruker forvitringen av svovelkis som eksempel, skjer forvitringen etter følgende reaksjoner:.

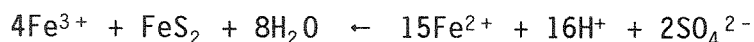


Det dannes toverdigg jern og sulfat under syreutvikling (H^+). Det skjer altså en forsuring. Dersom pH blir tilstrekkelig lav ($\text{pH} < 5$) kan det også oppstå bakteriell forvitring av kisminerale. Bakterier som bruker svovel og jern som energi for sin vekst, fører til økt nedbrytning, og det kan oppstå en kraftig økning av forvitringshastigheten. Sigevann fra slikt avfall hvor slike prosesser foregår, har en pH-verdi i området 2-4 og metallkonsentrasjoner i størrelsesorden 100-1000 mg/l.

Toverdigg jern som dannes under forvitringen, oksiderer lett videre til treverdigg ved tilstrekkelige tilførsler av luft:



Treverdigg jern kan igjen oksidere mer svovelkis samtidig som mer toverdigg jern dannes osv.:



På Konnerud inneholder avfallet en rekke andre kisminerale (blyglans, sinkblende, kobberkis) som også deltar i reaksjonene sammen med svovelkis. Avfallet inneholder også store mengder basiske bergarter som bremser reaksjonene. At det foregår forvitring, ser en av analyseresultatene for grunnvann som står i kontakt med avfallet. Slikt vann har en lavere pH-verdi enn vannkvaliteten i vassdraget ellers, samtidig som sulfatinholdet også er betydelig høyere (tabell 3, stasjon 11,12,13).

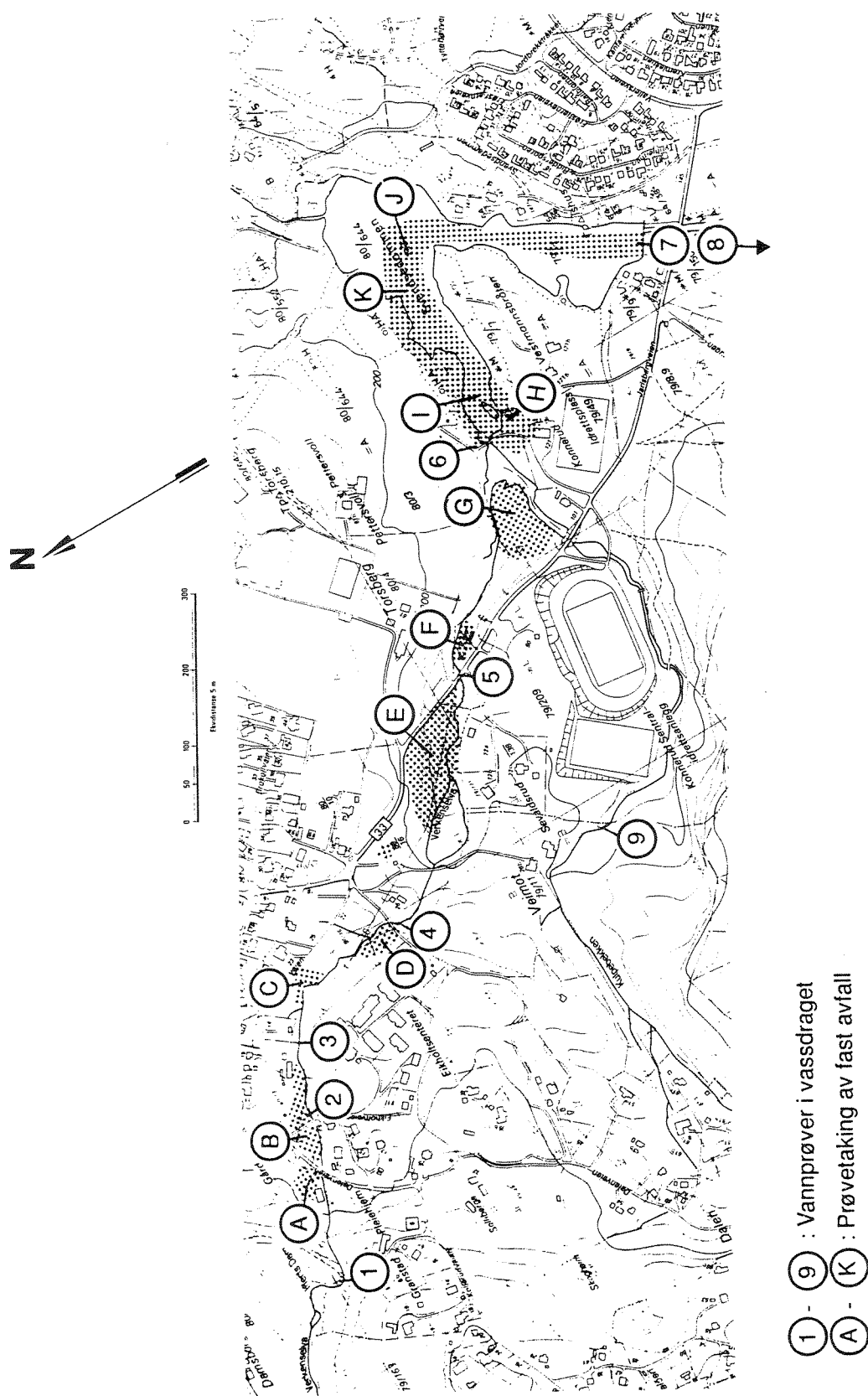


Fig. 2. Verkenselva med prøvetakingssteder for avfall og vannprøver.

5. FELTUNDERSØKELSER

Figur 2 viser et kartutsnitt over vassdragsstrekningen fra Ifferts dam til Svendsedammen. Det ble foretatt en befaring i vassdraget 14/11-89 for lokalisering av synlige avfallsmengder hvor det også ble tatt vannprøve i Verkenselva ved flere steder mellom Ifferts dam og innløp Svendsedammen for å vurdere betydningen av tilførsler av sigevann fra gruveavfallet. Den 22/2-90 ble det foretatt prøvetaking av gruveavfallet i Svendsedammen.

5.1 Kartlegging av fast avfall

Under befaringen den 14/11-89 ble det tatt prøvesnitt i fast avfall med et spadebor. En fikk derved også et inntrykk av mektigheten av avfallet. Avfallet som ble observert, er markert med skravering på kartskissen (fig. 2), og avfall det er tatt prøver av, er markert med bokstav fra A til K.

Prøvested A. Garasje

Avfallet ligger ved en garasje nedenfor Ifferts dam der hvor det øverste av pukkverkene lå. Avfallet er spredt over hele plassen i et tynt lag, men hovedmengden er samlet i en haug som ligger i skrått terreng og har ca. 1 meters mektighet. I haugen er iblandet en del trevirke.

Prøvested B. Eikholtveien

Avfallsmengdene er beskjedne, ligger i krysset Eikholtveien/Daleneveien. Mektigheten anslås til ca. 30 cm og volumet til 300 m³. Avfallet er iblandet noe aske fra nedbrente bygninger.

Prøvested C. Verksveien

Mellom prøvested B og C er et område med tynt lag av forskjellig avfall, som avfall etter røsting og slagg fra smeltehytte. Avfallsmengdene er beskjedne, men diffuse. En del avfall kan være overdekket med andre masser og bebygget.

Avfallet ved prøvested C er meget beskjedent og anslått til 200 m³. Avfallet ligger like nedenfor det området hvor smeltehytta sto, og hvor det senere sto en sag.

Prøvested D. Eikholsenteret

Avfallet ligger relativt konsentrert inntil elva ved Eikholsenteret. Mektigheten er opptil 1 m. Tidligere lå en dam her, som samlet opp dette avfallet. Etter at dammen er fjernet, har mye av avfallet trolig blitt ført nedover vassdraget. Volumet anslås til 1300 m³.

Prøvested E. Ovenfor bru Jarlsbergveien

Mellom dette felt og felt D er en mindre avfallsmengde lokalisert noe lenger opp ved Jarlsbergveien. Avfallet ved felt E har liten mektighet, men er spredd over et større areal. Volumet er vanskelig å vurdere, men det vil trolig være nødvendig eventuelt å fjerne ca. 3.000 m³.

Prøvested F.

Felt F ligger nedstrøms brua der Jarlsbergveien krysser Verkenselva. Volumene er relativt beskjedne, ca. 1.000 m³, men har mektighet på opptil 1 m.

Prøvested G. Skøytebane

Avfallsmengdene ved felt G er vanskelig å vurdere. Det er sannsynlig at hele skøytebanen består av avgangsmasser som er overdekket med andre masser. En del jordmasser er deponert på området. En kjegleformet haug av gruveavfall ligger nede ved elva. Volumet anslås til ca. 10.000 m³ og representerer trolig den største av avfallsmengdene ovenfor Svendsedammen.

Prøvested H. Innløp Svendsedammen

Ved innløpet av Svendsedammen ligger også betydelige avfallsmengder. Trolig befinner det seg også avfall under Konnerud Idrettsplass som er oppfylt med andre masser. Langs nordbredden ved innløpet er betydelige avfallsmengder lokalisert.

Prøvested I, J og K. Avfall i Svendsedammen under dagens vannspeil.

På den tiden da deponeringen pågikk, var vannstanden i dammen (Møllendammen) lavere. Avfallet dekker i dag de dypere arealer av Svendsedammen mot utløpet (1-2 meters dyp). De grunne områdene nord i dammen og vest mot utløpet er lite dekket av avfall. Mektigheten av avfallet ved prøvestedene I og J ble målt til ca. 20 cm, mens avfallet på nordbredden ved innløpet kan ha ca. 0.5 meters mektighet.

Volumet av avfallet i dammen og ved innløpet anslås til ca. 17.000 m³.

De totale volummengder anslås således til:

Ovenfor Svendsedammen:	16.000 m ³
I Svendsedammen:	<u>17.000 "</u>

33.000 m³, eller ca. 70.000 tonn.
=====

I tillegg kommer avfall som er ført med strømmen videre nedover vassdraget etter at Møllledammen brøt sammen. Nåværende dam er bygget opp senere. Avfallet kan påvises i dag som slambanker ned til Svingen. Volum er ikke vurdert i denne undersøkelse.

Det er mulig at volumet av det egentlige gruveavfall er mindre enn de volumer som er anslått, men ved en eventuell flytting av avfall vil det være fornuftig å fjerne en del omkringliggende masser som det kan være tvil om forurensningsgraden til.

5.2 Avfallets sammensetning og egenskaper

Avfallsprøvene som ble tatt med spadbør ble frysetørret, homogenisert og syreoppløst for bestemmelse av totalt metallinnhold. Under syretilsetningen ble observert kraftig gassutvikling (CO₂-utvikling) som viser at avfallet består av betydelige mengder karbonater. Det ble også gjort total svovelanalyse ved hjelp av svovelanalysator.

En viss mengde ubehandlet avfall ble slemmet opp i ionebyttet, destillert vann (100 g avfall i 100 ml destillert vann) og gitt en halvtimes omrøring i begerglass. Det filtrerte vannuttrekk ble analysert m.h.t. pH, konduktivitet, bly og sink. Hensikten med dette forsøk var å vurdere fare for forurensningssjokk ved en eventuell flytting av avfall samt å vurdere forvittringsgrad. Vaskeforsøkene viser at avfall i felt C, D, G og H avgir mye metaller ved kontakt med vann. Dette avfall bør således ikke deponeres under vann. Ved deponering på land bør en overdekking forhindre tilgang på vann.

De tre bunnpropper ble snittet i 2 cm-segenter, frysetørret og oppsluttet som for avfallet på land. Det ble videre tatt prøver av porevann på stedet ved hjelp av spesialprøvetaker (prøvested J og K). Porevannsprøvene er tatt på ca. 10 cm dyp i avfallet. Resultatene viser at porevannet inneholder mye sink. Ved nedtapping av dammen vil således store metallmengder bli frigjort ved at porevannet i avfallet

lekker ut.

Analyseresultatene for prøver av avfallet på land er samlet i tabell 1, mens resultatene for sedimentproppene er samlet i tabell 2. I tabellene er også beregnet teoretisk innhold av svovel dersom hele kobber-, sink- og blyinnholdet i prøven hadde foreligget som sulfider og som CuFeS_2 (kobberkis), ZnS (sinkblende) og PbS (blyglans).

Analysene avdekker en del interessante forhold:

Avfallet inneholder store mengder sink som skyldes at en ikke tok ut malmens innhold av sinkblende. Det er påvist opptil 14% innhold av sink. I dag foregår det gruvedrift på malmer med 1-2% sink.

Blyinnholdet er også høyt etter dagens målestokk. Det skyldes enten at utbyttet var dårlig, eller at man drev på en spesielt rik malm. Kobberinnholdet er relativt lavt, det tyder på at malmen inneholdt lite kobber.

Avfallet i felt A (den største haugen i feltet) inneholder pussig nok mest metaller i de øvre lag. Et annet forhold er at det er bare en liten andel av metallene som foreligger som sulfider, noe som viser at avfallet har forvitret og at metallene for en stor del foreligger som karbonater. Den relative andel av metaller som foreligger som sulfider, øker med dypet. Selv om karbonatene er tungtløselige i vann, er løseligheten likevel større enn for sulfider, noe som fører til at mer metaller vaskes ut fra forvitret gods enn fra uforvitret.

Felt B består av forholdsvis lite gods som er mindre forvitret enn i felt A.

Felt C og D har tilnærmet like egenskaper. Overflatelaget er mer forvitret og har mistet en del av metallinnholdet på grunn av utvasking.

Det er bare de dypeste lag av avfallet som har ligget beskyttet av grunnvannspeilet, som foreligger tilnærmet i samme tilstand som da det ble deponert.

Resultatene av vaskeforsøk viser at avfall C og D avgir mer metaller enn A og B. Avfallet i felt E inneholder mye sink, ca. 11-14 %. Vesentlige andeler av avfallet foreligger som karbonater. Avfall F har omtrent de samme egenskaper som E. De dypest liggende lagene er lite forvitret. Avfallet i haugen i felt G er tilsynelatende lite forvitret. Avfallet avgir forholdsvis mye sink ved kontakt med vann.

Det samme kan sies om felt H som dessuten avgir mye bly ved kontakt med vann.

Det må bemerkes at det er en viss usikkerhet ved bedømmelse av forvittringsgraden. Dette skyldes at avfallet sannsynligvis også kan inneholde varierende mengder svovelkis (FeS_2). Andelen av svovel som er bundet til jern, vil derfor øke. Da det ikke er analysert på jern, kan teoretisk svovelinnhold også være en del høyere.

Analyseresultatene for avfallet som er lagret på 1-2 meters dyp i Svendsedammen, viser at dette er lite forvitret og inneholder fra 5-10% sink og omkring 1% bly. Dette viser at ved deponering under vann reduseres forvittringsprosessene betydelig.

Analyse av porevann ved punkt J og K ga følgende resultater:

	Pb $\mu\text{g/l}$	Zn $\mu\text{g/l}$
J :	17	36600
K :	330	31700

Resultatene viser at ved en eventuell senkning av vannstanden kan betydelige sinkmengder strømme ut som grunnvannstilførsler.

Tabell 1. Analyse av fast avfall.

Prøvested - dyp	Tot. innhold (av tørrvekt)					Teoretisk S-innh. %	Vannuttrekk		pH	Kond. mS/cm	
	Cu %	Zn %	Pb %	Cd g/kg	S %		Pb mg/kg	Zn mg/kg			
Felt A	10-20 cm	0.72	10.89	2.04	0.12	0.92	4.1	0.65	3.9	6.80	22.1
	40-50 "	0.76	8.83	1.91	0.12	0.49	3.4	-	-	7.00	28.5
	60-70 "	0.36	1.97	0.44	0.054	0.14	0.84	0.06	4.0	7.30	23.8
	70-80 "	0.13	1.47	0.40	0.045	0.39	0.54	-	-	7.10	18.9
Felt B	0-10 cm	0.54	5.43	1.46	0.10	1.6	2.2	0.53	13.7	6.80	15.4
	20-30 "	0.048	0.67	0.61	0.018	<0.1	0.32	-	-	6.39	11.4
Felt C	0-10 cm	0.46	5.80	1.86	0.13	1.4	2.3	1.2	98.6	6.50	69.0
	10-20 "	0.50	9.39	2.75	0.21	3.5	3.6	8.4	568	6.20	154.0
Felt D	0-10 cm	0.41	4.96	1.32	0.12	0.48	2.0	1.7	1.5	7.50	19.1
	30-40 "	0.49	6.33	1.97	0.14	0.94	2.5	0.54	9.3	6.90	44.5
	50-60 "	0.39	9.12	2.12	0.21	3.5	3.4	0.63	38.3	6.35	98.9
Felt E	0-10 cm	1.94	14.13	1.74	0.17	2.6	5.6	0.50	10.2	6.27	33.0
	20-30 "	1.38	10.82	1.22	0.16	1.6	4.2	0.27	5.8	6.55	35.2
Felt F	0-10 cm	0.87	8.55	0.83	0.12	1.1	3.2	0.02	1.3	7.75	19.5
	20-30 "	0.68	12.23	1.19	0.21	2.4	4.4	0.35	3.0	7.45	36.3
	60-70 "	0.42	7.02	0.77	0.15	2.0	2.6	0.06	1.0	7.59	26.4
Felt G	0-10 cm	0.32	8.41	1.00	0.19	2.1	2.5	0.61	40.6	6.79	136.0
	80-90 "	0.41	7.45	1.46	0.17	2.1	2.8	1.4	195	6.70	175.0
Felt H	20 cm	0.85	10.46	2.43	0.93	4.4	4.5	6.2	195	6.58	97.0
	50 "	0.62	3.98	1.27	0.080	0.62	1.6	2.0	142	6.50	75.2

Tabell 2. Analyse av fast avfall i Svendsedammen.

Prøvested - dyp	Tot. innhold (av tørrvekt)					Teoretisk S-innh. %	
	Cu %	Zn %	Pb %	Cd g/kg	S %		
I 0-2 cm	0.36	6.56	0.67	0.12	2.0	2.4	
	8-10 "	0.34	6.40	0.90	0.12	1.3	2.3
	14-16 "	0.28	5.26	0.84	0.12	1.6	1.9
J 0-2 cm	0.39	6.00	1.02	0.13	2.4	2.3	
	8-10 "	0.40	5.81	0.95	0.13	2.7	2.2
	14-16 "	0.57	9.28	1.19	0.21	4.1	3.4
K 0-2 cm	0.55	9.11	0.76	0.17	3.2	3.3	
	8-10 "	0.76	10.10	0.75	0.20	2.3	3.7
	12-14 "	0.73	10.37	0.74	0.22	2.5	3.8

5.3 Vannkvalitet

På figur 2 er markert prøvetakingsstedene for vannprøver i vassdraget. I tabell 3 er samlet alle analysedata som NIVA har for prøver fra Verkenselva. Prøvesteder er markert fra 1 til 13 hvor 1 til 9 er vannprøver, mens 10 til 13 er sigevannsprøver i gruveavfall.

Når det gjelder generell vannkvalitet er denne preget av at Verkenselva renner i et område med kalkrike bergarter. Dette fører til forholdsvis høye pH- og kalsiumverdier. Kalsiumverdier i området 30-50 mg/l er høyt etter norske forhold. pH-verdiene ligger i området 7.5-8. Vannkvaliteten er i fysisk/kjemisk henseende således meget gunstig for fisk.

Ved forvitring av gruveavfall dannes svovelsyre som igjen øker mobiliteten til tungmetaller. Resultatene tyder ikke på at avrenning fra gruveavfallet har noen nevneverdig innvirkning på pH-verdien i vassdraget. Forvitringsprosessene går derfor forholdsvis langsomt. Naturlig bakgrunnsnivå for de aktuelle tungmetaller er:

Kobber <0.5-3 µg/l, sink<10 µg/l, bly<0.5 µg/l og kadmium<0.1 µg/l.

Ved utløpet av Ifferts dam er tungmetallkonsentrasjonene lave, men likevel noe høyere enn hva naturlig bakgrunnsnivå skulle tilsi. Dette gjelder metallene sink, bly og kadmium. Dette kan skyldes kontamineringsproblemer, noe en først kan avklare ved ytterligere prøvetaking. Det er imidlertid kjent at veltegoods fra Konnerudkollen er benyttet til veiformål etc. flere steder på Konnerud. Det er derfor mulig at også Stordammen tilføres mindre mengder tungmetaller fra gruveavfall benyttet som veiformål. Det er lite sannsynlig at dette har noen praktiske konsekvenser for vannkvaliteten i Stordammen.

Nedstrøms avfallsfelt A (prøvested 2) øker tungmetallkonsentrasjonen gradvis. Dette viser betydningen av tilførslene fra avfallsmassene. Sinkkonsentrasjonene øker fra 100 til 150 µg/l fra stasjon 3, nedenfor sag, til stasjon 4, nedenfor Eikholtssenteret, noe som for en stor del skyldes tilførsler fra avfallet utenfor Eikholtssenteret. Fra stasjon 4 til stasjon 5 øker sinkkonsentrasjonen fra 150 til 480 µg/l (14/11-89), dette viser at avrenning fra avfallet ved felt E betyr mye for vannkvaliteten nedstrøms. Fra stasjon 5 til stasjon 6, innløp Svendsedammen er det vanskeligere å vurdere betydningen av tilførslene fra avfallet da Verkenselva får tilløp av vann fra Kulpebekken som fortynner tilførslene fra avfallet i Verkenselva. Vannkvaliteten i Kulpebekken er mer ionefattig og er ikke belastet med tungmetaller selv om den drenerer gruvefeltet i Dalen. Tabell 4 viser analyse-resultater for prøve tatt i Kulpebekken (17/11-89).

Tabell 3. Analyseresultater, Verkenselva.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cu µg/l	ZN µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
Stasjon 1. Utløp Ifferts dam.									
14.11.89	7.80	19.40	10.4	34.80	1.13	1.8	30	0.6	0.15
Stasjon 2. Ved bru Eikholtveien.									
14.11.89	7.75	19.90	10.4			2.0	70	2.8	0.25
Stasjon 3. Nedenfor sag.									
14.11.89	7.75	20.20	10.4			2.9	100	8.1	0.31
Stasjon 4. Bru nedenfor Eikholtcenteret.									
14.07.89	7.59	30.10	16.8	50.60	1.72	13.4	620	33.6	1.00
10.08.89	7.49	23.20	14.0	36.30	1.22	16.3	800	8.2	1.40
14.11.89	7.75	20.30	28.0			4.5	150	6.2	0.37
22.02.89	7.61	19.63	9.5	33.70	1.00	3.3	150	2.9	0.20
Stasjon 5. Ved bru Jarlsbergveien.									
14.07.89	7.81	32.40	18.0	51.60	2.55	9.4	870	9.3	1.60
10.08.89	7.77	32.10	27.0	51.40	2.15	13.3	1650	17.5	2.90
14.11.89	7.81	20.90	15.2	35.30	1.24	5.3	480	9.6	1.00
Stasjon 6. Innløp Svendsedammen.									
15.07.89						70.0	460	18.0	1.00
14.11.89	7.79	20.50	14.05	35.70	1.24	4.5	520	7.9	1.20
22.02.89	7.61	17.39	5.5	28.70	1.01	2.8	320	4.3	0.50

Forts.

Tabell 3 forts.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cu µg/l	ZN µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
------	----	--------------	-------------------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Stasjon 7. Utløp Svendsedammen.

2.11.89	7.60					10.0	740	21.0	
15.07.89						70.0	240	11.0	
18.08.89						10.0	280	30.0	1.00
14.07.89	8.28	23.90	8.2	38.20	1.65	15.2	210	23.5	0.60
10.08.89	7.58	33.60	9.5	51.50	3.27	60.0	1220	250.0	2.40
14.11.89	7.70	19.60	18.8	32.80	1.37	3.9	410	8.1	1.00
22.02.89	7.63	17.69	10.5	27.70	1.16	2.5	270	2.9	0.40

Stasjon 8. Ved bru ved Svingen.

2.11.72	7.77					25.0	990	11.0	
22.02.89	7.56	14.18	8.0	21.40	1.08	2.9	310	4.1	0.50

Tabell 4. Analyseresultater.

Stasjon 9. Kulpebekken ved idrettsanlegg.

Dato	pH	Kond. mS/m	Zn µg/l	Pb µg/l
17.11.89	7.02	10.36	10	1

Tabell 5. Analyseresultater. Gruvevann - drensvann.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Cu µg/l	ZN µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
Stasjon 10. Gruvevann, Dalen gruve, overflatevann.							
19.11	5.82	3.23			420	1400	
Stasjon 11. Grunnvann, avfall ved Verkensveien 21.							
14.11	6.44	78.80	420	200	97000	1710	270
Stasjon 12. Grunnvann, skøytebane ved Kulpebekk.							
14.11	6.85	144.60	870	80	56000	51	130
Stasjon 13. Grunnvann, n. strandsone, innløp Svendsedammen.							
14.11	6.91	112.00	600	32	42400	51	150

Gruvene i Dalen er vannfylt. Prøve av overløpsvannet (prøvested10) viste høye bly- og sinkkonsentrasjoner (tabell 5). Det var lagt ut plastledning fra gruva. Det bør frarådes å benytte vann fra gruva som drikkevann.

Vannkvaliteten endrer seg lite m.h.t. tungmetallkonsentrasjoner fra innløpet til utløpet av Svendsedammen. Dette tyder på at de største tungmetalltilførslerne til Verkenselva skjer ovenfor Svendsedammen. Siden Svendsedammen mottar fortynningsvann fra det øvrige nedbørfelt, bidrar trolig også avfallet deponert i dammen med en del tungmetalltilførsler. Tilførslerne er størst fra avfall som ligger over vannspeilet.

Betydning av slike tilførsler ser en i tabell 5, som viser analyseresultater for stikkprøver av grunnvann. I avfall ved felt C, G og avfall på nordbredden av Svendsedammen (11,, 12 og 13, fig. 2) er bl.a. påvist sinkkonsentrasjoner opp til 97 mg/l. pH-verdien i

grunnvannet er noe lavere enn i elva, men når den likevel er så vidt høy som 6.4-6.9, viser dette at gruveavfallet inneholder betydelige mengder basiske bergarter som bufrer de syreproduserende forvitningsreaksjonene. Sulfatverdier fra 420-870 mg SO_4/l i grunnvannet viser at avfallet forvitrer. Stikkprøve i Verkenselva ved Svingen (22/2-90) viser at tilførsler fra avfall nedstrøms Svendsedammen også er av betydning. Det er ikke foretatt nærmere kartlegging av dette avfall i denne undersøkelsen.

5.4 Materialtransport

Dersom en regner at den årlige middelvannføringen ut av Svendsedammen er 150 l/s og at middelkonsentrasjonen av sink og bly er henholdsvis 500 μg Zn/l og 10 μg Pb/l, blir materialtransporten:

2.4 tonn Zn/år
50 kg Pb/år.

Store variasjoner kan forekomme ved endring av vannstanden i dammen. Sink og bly betraktes som hovedkomponenter i avrenningen. For de andre metaller blir materialtransporten relativt beskjedent.

Dersom en regner at en har 70.000 tonn avfall med et sinkinnhold på 5%, vil avrenningen ha en gjennomsnittlig varighet på 1.400 år merd dagens materialtransport.

5.5 Svendsedammen som fiskevann

Vannkvaliteten er av avgjørende betydning for om fisk kan leve, trives og formere seg i et vassdrag. Naturforholdene og gammel gruvedrift har ført til at vannkvaliteten i Svendsedammen er spesiell, med et høyt innhold av kalsium og tungmetallene kobber, sink, kadmium og bly. Disse metallene er giftige for fisk, men giftigheten reduseres ved økende innhold av kalsium. En har prøvd å sette opp grenseverdier for hvor mye metaller en kan ha i ferskvann uten at fisken blir skadet. I tabell 4 er vist noen slike verdier utarbeidet av EIFAC (Den europeiske innlandsfiskekommisjonen). Begrepet prosentiler betyr at henholdsvis 50% og 95% av observasjonene skal være lavere enn de grenser som er oppgitt.

Tabell 6. Omtrentlige maksimalt årlig akseptable 50 og 95 prosentiler løst metall for laksefisk ($\mu\text{g/l}$). (Alabaster og Lloyd 1982). Hardhet 100 mg CaCO_3 . Observasjoner ved utløp av Svendsedammen 1982-90.

	50 prosentiler $\mu\text{g/l}$	95 prosentiler $\mu\text{g/l}$	Utløp Svendsedammen $\mu\text{g/l}$
Kobber, Cu	10	40	2.5 - 70
Sink, Zn	100	300	270 - 1220
Kadmium, Cd	0.5	1	0.4 - 2.4
Bly, Pb	20*		2.9 - 250

*For bly angir Mance (1987) 20 $\mu\text{g Pb/l}$ som kritisk årlig middelkonsentrasjon.

I Svendsedammen var middelverdiene i 1989 for metallene 20 $\mu\text{g Cu/l}$, 528 $\mu\text{g Zn/l}$, 71 $\mu\text{g Pb/l}$ og 1.1 $\mu\text{g Cd/l}$. De høye middelverdiene skyldes spesielt enkeltverdiene i august, men også de andre verdiene er høye i forhold til de angitte grenseverdiene.

Fisk som lever i et miljø med høyt innhold av tungmetaller, vil kunne akkumulere disse og utgjøre en helserisiko ved konsum. For de metallene det her gjelder, er dette av mindre betydning. Kobber og sink akkumuleres i liten grad da fisken har en betydelig evne til å regulere mengden av disse essensielle (livsviktige sporstoffer) metallene. Kadmium og bly akkumuleres bare i liten grad i fiskekjøtt (muskulatur), men fortrinnsvis i lever og nyrer. Dette er organer som sjelden benyttes ved konsum av ferskvannsfisk.

Et annet forhold er at store arealer i Svendsedammen er meget grunne. Disse arealene bunnfryser om vinteren og tørrlegges delvis om sommeren ved lav vannstand. De dypere områdene er dekket av tungmetallholdig gruveavfall. Dette skaper dårlige betingelser for viktige næringsdyr for fisk. Bunndyrbestanden er sannsynligvis meget fattig på grunn av de sterkt tungmetallholdige sedimenter. Fisk vil likevel kunne leve her, da den får tilførsler av næringsdyr fra vassdraget ovenfor. Det er i denne undersøkelse ikke utført noen biologiske feltundersøkelser i vassdraget.

Under de nåværende forhold kan en ikke anbefale at Svendsedammen benyttes som fiskedam. Fisk vil utvilsomt kunne leve her i kortere eller lengre perioder, men det vil alltid være en viss risiko for

akutt fiskedød under spesielle situasjoner. (Dette er ikke akseptabelt av hensyn til fisken og også på grunn av den oppmerksomhet slike tilfelle av akutt fiskedød får hos publikum og i media.)

6. VURDERING AV TILTAK

Tiltak mot forurensning fra gruveavfall ved kisgruver kan ha forskjellige hensikter.

- Redusere eller stoppe forvitningsprosessene.
- Redusere transporten av forvitningsprodukter.
- Dersom forannevnte tiltak ikke vil gi tilstrekkelig effekt, kan rensing av sigevann være et alternativ.

På Konnerud vil neppe siste alternativ være aktuelt.

Reduksjon av forvitningsprosessene kan alternativt oppnås ved deponering under vann eller overdekking av avfallet der overdekkingen er av en slik kvalitet at den forhindrer oksygenet å trenge inn i deponiet.

En deponering under vann vil også redusere transporten av metallioner ut av avfallet, spesielt dersom det igjen foretas en overdekking av avfallet med f.eks. sand i en tykkelse av 5 cm. Det sier seg selv at en forflytning av sterkt forvitret avfall der metallinnholdet er lett tilgjengelig ved utvasking, vil være svært risikofyllt. Slikt avfall anbefales derfor ikke deponert under vann.

På Konnerud er store deler av avfallet, trolig mer enn 50% forvitret, og metallene foreligger bundet som karbonater. Deponering av slikt avfall under vann har derfor liten hensikt. Dersom en ønsker å foreta en sanering i området, vil derfor en deponering over vann være mest aktuelt og da med et overdekkingsalternativ.

Ved deponering på land må det arbeides videre med å finne et egnet deponeringssted. Et av kravene til stedet er at grunnvann ikke trenger inn i deponiet. Det bør også være lett å få til god tetting mellom terreng og overdekking, slik at ikke luft og vann trenger inn.

Dersom en ønsker å redusere forvitringen, stiller dette spesielle krav til overdekkingen. Overdekkingen vil bestå av to sjikt:

- Et tettesjikt som er av en slik kvalitet at det hindrer luft og vann i å trenge inn i deponiet (permeabilitet $<10^{-8} \text{ mS}^{-1}$).

Som alternativt tettesjikt kan benyttes:

- Syntetisk membran (min. 2 mm tykk) som helsveises og overdekkes med f.eks. et 1 m tykt lag morene.
- Bentonittmembran med overdekking som ovenfor.
- Overdekking med organisk stoff som f.eks. skogsavfall.
- Leire.
- Sementstabilisert flygaske.

Ved valg av leire som tettesjikt bør dekkjiktet være min. 2 m tykt å for beskytte leiren mot uttørking og frost.

Siden avgangsmassene på Konnerud for en stor del allerede er forvitret, og at dessuten forvittringshastighet og uttransport av forvittringsprodukter er mer beskjeden enn i avfall fra f.eks. svovelkisgruver, kan man rimeligvis her stille mindre strenge krav til overdekkingens kvalitet idet denne bare kan ha som funksjon å hindre vanninntrenging.

Det er i øyeblikket vanskelig å si noe konkret om valg av deponeringssted. Dette bør imidlertid velges innenfor nedbørfeltet til Verkenselva. Et gunstig sted vil trolig være å benytte de gruveåpninger som er i dagen ved Konnerudkollen. Det er i øyeblikket ukjent hvilke volumer det er plass til. Dette vil redusere kostnadene i forbindelse med overdekkingen betydelig, da arealkostnadene går ned. Denne løsning vil trolig berøre de interesser Skoger Historielag har i området. Arealkostnadene i forbindelse med selve overdekkingen vil ligge i området 100-500 kr/m² avhengig av kvalitet på tette/dekkjiktet.

I tillegg kommer fraktkostnader i forbindelse med flytting av avfall og overdekkingsmasse samt istandsetting av arealer der avfallet er uttatt.

Et annet alternativ som har vært nevnt tidligere, er deponering i Drammensfjorden i de dypere områdene som har et stagnert H₂S-holdig sjikt. Hensikten er å felle ut lett tilgjengelig metallinnhold i avfallet som tungtløselige sulfider, samtidig som videre forvitring

opphører. En forutsetning må være at avfallet føres ned på ønsket dyp via pumpeledning eller rørsystem slik at tungmetallholdige partikler og vann ikke blandes inn i de øvre lag av fjorden. Løsningen må tas opp på prinsipielt grunnlag med SFT, men synes lite aktuelt som tiltak da myndighetene ønsker å stanse utslipp av metaller til det marine miljø.

7. SAMLET VURDERING

Det er vanskelig å gi noe godt råd når det gjelder behov for tiltak og valg av tiltak da det er mange kryssende interesser i området.

Rent generelt kan sies at de forurensningsproblemer en har i området, er relativt beskjedne sett i landsmålestokk. Problemene er av rent lokal karakter. Vassdraget har i dag fått større betydning for befolkningen p.g.a. økt boligbygging og nærhet til boligmiljøet. Dette tilsier at det foretas en opprydding i området. Det vil ikke være betenkelig fra et helsemessig synspunkt å benytte Svendsedammen som badedam. Mer betenkelig er å benytte grunnvann eller vann fra vassdraget som drikkevann. Slike problemer kan løses ved å føre fram byvann til brukerne. Det er også lokale interesser i å bevare gruveområdet med dets avfall som et kulturminne.

Slike interesser kommer i konflikt med fiskeinteresser. Hvis en tar sikte på å opprettholde en stabil fiskebestand i Svendsedammen, stiller dette meget strenge krav til vannkvaliteten med hensyn til tungmetallinnhold. Et annet forhold er at selv om fisk kan overleve i Svendsedammen i lange perioder, er næringsgrunnlaget dårlig da det vesentligste av bunnarealene trolig ikke har noe biologisk liv som næringsdyr for fisk. Dersom en tar sikte på å utnytte Svendsedammen som fiskedam, bør trolig mest mulig av avfallet fjernes, og bunnen overdekkes med nye masser. Det er ikke noe galt i å sette ut fisk i dag, men en må være forberedt på episoder med fiskedød. Hvis en likevel vil velge å gjøre noe med avfallet, kan det være et alternativ å gå skrittvis fram ved å flytte deler av avfallet som ligger oppstrøms Svendsedammen og som avgir mest metaller. Dette gjelder spesielt avfallet i feltene C, D, G og H. Noe av dette avfallet bør vurderes flyttet til gruveåpninger som i dag bare samler søppel.

Selv uten gruveavfall er Svendsedammen dårlig egnet som badedam om sommeren p.g.a. liten vannutskifting, og store arealer er meget grunne. Forholdene kan riktignok forbedres ved å tilføre mer vann kunstig. En bedre løsning vil være både å fjerne gruveavfall i dammen og samtidig øke volumet ved fjerning av andre masser. Disse masser kan

eventuelt benyttes til overdekkingsformål.

Etter valg av en samlet plan for området vil det være lettere å kostnadsregne eventuelle tiltak.

8. REFERANSER

Alabaster, J.S. and Lloyd, R. 1980. Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths, London, 297 pp.

Knutzen, J. Overvåking av Verkenselva, Konnerud. Resultater 1977. (NIVA, O-55/75, 1978).

Knutzen, J. Overvåking av Verkenselva, Konnerud. Resultater 1978. (NIVA, O-75055, 1979).

Mance, G. 1987. Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Elsevier, London and New York, 372 pp.

Pihl, Karin. Konnerudgrubene. Byplankontoret i Drammen 1976.

Thoresen, E, Faye, G., Christophersen, H. Beskrivelse over Det Jarlsbergske Sølvhaltige Blye- og Kobber-Verk. (Optrykk 1979.)