

RAPPORT LNR 3476-96

Storwartz-prosjektet.

Dokumentasjon av
gruvedriftens påvirkning
av miljøet.

Del I

Vannkjemiske undersøkelser



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt 55
5008 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Storwartz-prosjektet Dokumentasjon av gruvedriftens påvirkning av miljøet Del I: Vannkjemiske undersøkelser	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	3476-96	15.05.96
Forfatter(e) Rolf Tore Arnesen	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	O-94196	36
Fagområde Miljøteknikk	Distribusjon	
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn	Oppdragsreferanse Grethe Braastad
---	--------------------------------------

Sammendrag

Tidligere undersøkelser har vist at avrenningen fra Storwartz gruveområde fører til forhøyede tungmetall-konsentrasjoner i Hitterelva. På grunn av konflikt mellom interessen for kulturvern og naturvern ble det avtalt at impliserte parter skulle utrede sin side av problemområdet. SFT ga i denne sammenheng NIVA i oppgave å dokumentere påvirkningen i det akvatiske miljø.

Undersøkelsen ble gjennomført i 1994/95, og omfattet kjemiske og biologiske forhold. I denne rapporten omtales bare de kjemiske undersøkelsene. Vannføring ble målt kontinuerlig, og det ble tatt vannprøver for kjemisk analyse to ganger pr. mnd. Resultatene viste klart at Storwartz-området er den viktigste forurensningskilden i Hittervassdraget ovenfor Bergstaden Røros. Koppertransporten fra Storwartz var ca. 2 tonn/år, noe som gir kopperkonsentrasjoner i utløpet av Djupsjøen på 29 µg Cu/l i middel.

Ned til Røros avtar kopperinnholdet noe på grunn av fortykning, mens tilførselen fra byområdet fører til at konsentrasjonen øker til ca. 45 µg Cu/l nedenfor Røros.

Fire norske emneord 1. Gruver 2. Forurensningstransport 3. Kopper 4. Vassdrag	Fire engelske emneord 1. Mines 2. Pollution transport 3. Copper 4. Freshwater
---	---


Rolf Tore Arnesen

Prosjektleder

ISBN 82-577-3015-7


Gunnar Fr. Aasgaard

Forsknings sjef

Storwartz-prosjektet

Dokumentasjon av gruvedriftens
påvirkning av miljøet

Del I: Vannkjemiske undersøkelser

Forord

Forslag til tiltak mot vannforurensning fra gruveområdene ved Storwartz har fått en blandet mottakelse i de berørte miljøer. Blant annet er det både lokalt og hos Riksantikvaren lagt stor vekt på å verne kulturminnene i området, mens betydningen av de miljømessige virkningene for øvrig er oppfattet som liten. Etter en befaring i området i 1994 var det enighet om at de ulike interessene skulle utrede og nærmere presentere sine syn i løpet av 1995/96.

I et brev av 11. august 1994 ga SFT i denne sammenheng NIVA i oppdrag å dokumentere virkningene av den tidligere gruvedriften på vannkvalitet og akvatisk biologi i vassdraget.

Feltarbeidet ble gjennomført i løpet av 1994/95, og NIVAs resultater rapporteres i to delrapporter, Del I: Vannkjemiske undersøkelser og Del II: Biologiske undersøkelser i Hitterelva. De øvrige delrapportene fra Storwartz-prosjektet har titlene: Del III: Støving og sandflukt fra slamdammer ved Storwartz; Del IV: Oppfølgende undersøkelser av drikkevann.

Norges Vassdrags- og Energiverk opprettet en målestasjon for vannføring i Hitterelva, og samarbeidet med NVEs medarbeidere Arnt Bjøru, Trondheim og Per Fladhagen, Oslo har gått meget bra. Vi benytter anledningen til å takke dem for en fin innsats.

NIVAs samarbeidspartner på Røros gjennom mange år, dr. ing. Åse Berg har igjen gjort en utmerket jobb.

Vi vil takke SFT for de interessante oppgavene, og den erfaring som prosjektet har gitt. Ved siden av å oppfylle de primære mål for arbeidet, vil resultatene få betydning for det videre arbeid med vannforurensning fra gruveområder. De vil gi bedre bakgrunn for nye arbeidsmetoder, og ikke minst kan de bidra til bedre og til dels enklere undersøkelser.

En spesiell takk rettes til avd. ing. Grethe Braastad i SFT for hennes engasjement i saken og interessen for den faglige delen av arbeidet.

Oslo, 15. mai 1996

Rolf Tore Arnesen

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn	7
1.1 Prosjektet	7
1.2 Gruvedriften	7
1.3 Tidligere undersøkelser	10
2. Metoder	12
2.1 Hydrologi	12
2.2 Kjemiske undersøkelser	13
2.3 Andre undersøkelser	13
3. Datamaterialet	14
3.1 Hydrologi	14
3.2 Kjemi	17
3.2.1 Generelt	17
3.2.2 Storwartz	17
3.2.3 Hitterelva ovenfor Djupsjøen	18
3.2.4 Vassdraget fra Djupsjøen til Røros	19
3.2.5 Hitterelva nedenfor Røros	21
4. Forurensningstransport	24
5. Sammenfattende diskusjon	30
6. Referanser	32
Vedlegg A.	33

Sammendrag

Gruvene i Røros-området har satt sine tydelige spor. Det transporteres fortsatt betydelige mengder forurensninger ut i de lokale vassdragene fra gruveavfallet, som på den annen side setter sitt spesielle preg på landskapet i området. Forurensningene er i første rekke tungmetallene kopper og sink, men i noen grad også kadmium.

Det er tidligere vist at avrenningen fra Storwartz-området påvirker Djupsjøen og Hitterelva. Denne påvirkningen har pågått i mange år, og selv etter at gruvedriften i området ble nedlagt, er det påvist en forhøyet transport av tungmetaller i det lokale vassdraget.

Området som i denne sammenheng betegnes som Storwartz ligger nordøst for Røros og omfatter en rekke større og mindre gruver. Allerede i 1644 ble den første virksomheten startet, og gjennom tidene har dette gruvefeltet vært Røros Kobberverks største. Virksomheten i Storwartz-området ble nedlagt da Olavsgruva innstilte driften i juni 1972. Siden 1926 er det drevet flotasjonsverk ved Storwartz, noe som har hatt betydning både for området utseende og for vannmiljøet.

Muligheten for å gjennomføre tiltak ved Storwartz er utredet. Noen av de aktuelle tiltakene vil påvirke utseende rundt det gamle flotasjonsverket. Dette har skapt konflikt mellom miljøvernere som ønsker forurensningshindrende tiltak, og kulturvernere med krav om fredning og bevaring av dagens utseende.

I juni 1994 ble det avtalt at det skulle gjennomføres et prosjekt der de involverte parter, hver for seg, skulle utføre undersøkelser og utredninger for å dokumentere de ulike sider av situasjonen ut fra sine forutsetninger. SFT ba NIVA å utarbeide et program for nødvendige undersøkelser av vannforurensningsproblemene og høsten 1994 kom det praktiske arbeidet i gang. Den foreliggende rapport skal gi en dokumentasjon av de vannkjemiske miljøvirkninger gruveavfallet skaper.

Forurensningskildene i området er flotasjonsavgang, bergvelter og gruvevann.

For å gi en god beskrivelse av kjemiske forhold og hvordan tilførsler av forurensninger fra ulike områder påvirker vannkvaliteten i vassdraget, ble det høsten 1994 opprettet to målestasjoner for kontinuerlig måling av vannføring i vassdraget. Vårflommen i 1995 var uvanlig høy, men den årlige middelvannføring lå bare litt over "normalen".

Det er lagt hovedvekt på kopper i beskrivelsen, fordi det antakelig er dette metallet som har størst betydning bl.a. for de biologiske forhold i vassdraget.

Det ble valgt tre hovedstasjoner for prøvetaking i vassdraget: Samlet avrenning fra Storwartz, Utløp Djupsjøen og Hitterelva nedenfor Røros. Konsentrasjonene ved de tre stasjonene viste relativt liten grad av samvariasjon. Det var særlig verdiene fra Storwartz som fulgte et annet mønster enn dem fra hovedvassdraget, men det er til tider også betydelige forskjeller mellom konsentrasjonene nedenfor Røros og i utløpet av Djupsjøen. Ut av Djupsjøen var den årlige midlere kopperkonsentrasjonen ca 29 $\mu\text{gCu/l}$, mens den nedenfor Røros var ca. 45 $\mu\text{g/l}$.

For transportverdiene er bildet litt annerledes. Her er det en høy grad av samvariasjon mellom verdiene på de tre målestedene, bortsett fra i vårflommen da transporten i hovedvassdraget er betydelig høyere enn ved Storwartz, både for kopper og sink.

Når andre tilførsler til vassdraget trekkes fra, stemmer transport av kopper ut av Djupsjøen så godt overens med den i samlet avrenning fra Storwartz at det er hevet over tvil at Storwartz-området er den viktigste kilde for kopper ovenfor Røros. For sink er forskjellen noe større enn for kopper, men Storwartz er fortsatt en meget viktig kilde.

Transporten av kopper ut av Storwartz-området var i 1994/95 ca. 2 tonn/år. Ut fra forholdene i denne måleperioden og ut fra tidligere målinger, er det grunn til å anta at dette er "normaltransporten" fra området.

For sink er det vanskeligere å angi et slikt tall, men verdien som ble målt i 1994/95 er antakelig forholdsvis pålitelig, og den nåværende transporten kan settes til ca. 7 tonn/år.

Nedenfor Røros er både konsentrasjoner og transportverdier for kopper og sink klart høyere enn i utløpet fra Djupsjøen. Dette innebærer at det ikke vil være mulig å komme ned til bakgrunnsverdier for kopper og sink i Hitterelva uten tiltak i Bergstaden Røros, noe som neppe er realistisk.

Ved tiltak ved Storwartz kan det oppnås en betydelig forbedring av vannkvaliteten i vassdraget ned til utløpet av Hittersjøen. En reduksjon i transporten fra Storwartz på ca. 80 %, noe som kan være realistisk på noen års sikt, ville f.eks. redusere midlere kopperkonsentrasjon i utløpet av Djupsjøen med ca. 60 %, eller fra ca. 30 µg Cu/l i middel til ca 12 µg/l (tabell 14).

Tilførslen av sink fra andre deler av nedbørfeltet enn Storwartz er store. Det ville derfor være vanskelig å oppnå vesentlige reduksjoner i den samlede transporten, selv med en betydelig reduksjon herfra. Sink er dessuten et mobilt metallion i naturen, og det er vanskeligere å gjennomføre effektive tiltak enn for kopper.

Fordi tilførslene fra byområdet i Røros er såvidt store, ville reduksjonen i kopperkonsentrasjonen bli relativt beskjeden i vassdragets den nedre del, dersom tiltak ble gjennomført kun ved Storwartz. For kopper ville konsentrasjonen bli redusert med omkring 30 %, eller i middel fra ca. 45 µg Cu/l til vel 30 µg Cu/l.

1. Bakgrunn

1.1 Prosjektet

Gruvene i Røros-området har satt sine tydelige spor. Det transporteres fortsatt betydelige mengder forurensninger ut i de lokale vassdragene fra gruveavfallet, som på den annen side setter sitt spesielle preg på landskapet i området. Forurensningene er i første rekke tungmetallene kopper og sink, men i noen grad også kadmium. For å redusere slike forurensninger er det bl. a. benyttet arrondering og tildekking eller fjerning av velter og andre synlige spor etter virksomheten. For dem som først og fremst ser kulturminnene i slike rester, har det vært vanskelig å se behovet for slike "brutale" tiltak for å verne de berørte vassdragene.

Mange undersøkelser gjennom tidene har vist at avrenningen fra Storwartz-området påvirker Djupsjøen og Hitterelva. Denne påvirkningen har pågått i mange år, og selv etter at gruvedriften i området ble nedlagt, er det klart påvist at det er en forhøyet transport av tungmetaller i det lokale vassdraget.

Som et ledd i den opprydding som har skjedd med avrenningen fra nedlagte gruver i de siste 10 år, var det også nødvendig å se på mulighetene for å redusere forurensningene fra Storwartz-området. Noen av de mulighetene som da gir seg, vil føre til betydelige endringer i landskapets utseende rundt det gamle flotasjonsverket. I Røros har dette skapt en konflikt mellom miljøvernere som ønsker forurensningshindrende tiltak, og kulturvernere med krav om fredning og bevaring av dagens utseende.

Prosjektet som den foreliggende rapport er del av, er et forsøk på å gi en omfattende dokumentasjon av de miljøvirkninger gruveavfallet skaper i Storwartz-området og i de tilstøtende vassdrag.

Etter en befaring til området i juni 1994 der Bergvesenet, Riksantikvaren, Røros kommune - Miljøetaten, SFT og NIVA deltok, ble det avtalt at det skulle gjennomføres et prosjekt der de involverte parter, hver for seg, skulle utføre undersøkelser og utredninger for å dokumentere de ulike sider av situasjonen ut fra sine forutsetninger. SFT ba NIVA å utarbeide et program for nødvendige undersøkelser av vannforurensningsproblemene. Dette programmet ble oversendt 15. juli 1994, og 11. august ga SFT tilsagn om midler til gjennomføring av arbeidet. Ut over høsten 1994 kom så det praktiske arbeidet i gang.

Den foreliggende rapport behandler de kjemiske forhold i vassdraget som mottar avrenningen fra Storwartz-området. Biologiske forhold og spesielt fisken i Hittervassdraget er nærmere omtalt i delrapport II, "Biologiske forhold i Hittervassdraget" (Grande et al. 1996).

1.2 Gruvedriften

Området som i denne sammenheng betegnes som Storwartz ligger nordøst for Røros og omfatter en rekke større og mindre gruver. Det har gjennom tidene vært det største gruvefeltet for Røros Kobberverk og allerede i 1644 ble den første virksomheten ved Storwartz Grube startet. Den fortsatte med kortere avbrudd inntil driften i Olavsgruva ble nedlagt i 1972/73. De viktigste gruvene i dette

området gjennom tidene har vært: Gamle Storwartz (1644), Nyberget (1656), Hestkletten (1659), Solskinn (1673-74), Qvintus (1691) Ny Storwartz (1708) og Kronprins Olavs grube (1936).

I slutten av 1926 ble det installert utstyr for oppredning ved flotasjon i den gamle vaskeribygningen på Storwartz. Oppredningsverket ble dels drevet på malm fra gruvene i området, dels på veltegoods fra tidligere drift. Virksomheten i Storwartz-området ble nedlagt da Olavsgruva innstilte driften i juni 1972.

Den langvarige og varierte virksomheten som har vært i området, har medført at store mengder gruveavfall - flotasjonsavgang og bergvelter - finnes en rekke steder i området.

I tillegg til de forurensninger som skyldes avrenning fra velter og avgang, er det også utslipp av gruvevann fra flere av de gruvene som finnes i området.

I senere tid er det ikke foretatt tiltak for å redusere forurensningstransporten fra dette området. Omkring 1970 ble det bygget en dam for å redusere transporten av avgang til Djupsjøen gjennom Prestbekken. Denne dammen har antakelig hatt betydning for utviklingen i forurensningstransporten, idet den andelen av avgang som har ligget under vann ikke har bidratt vesentlig med forurensninger.

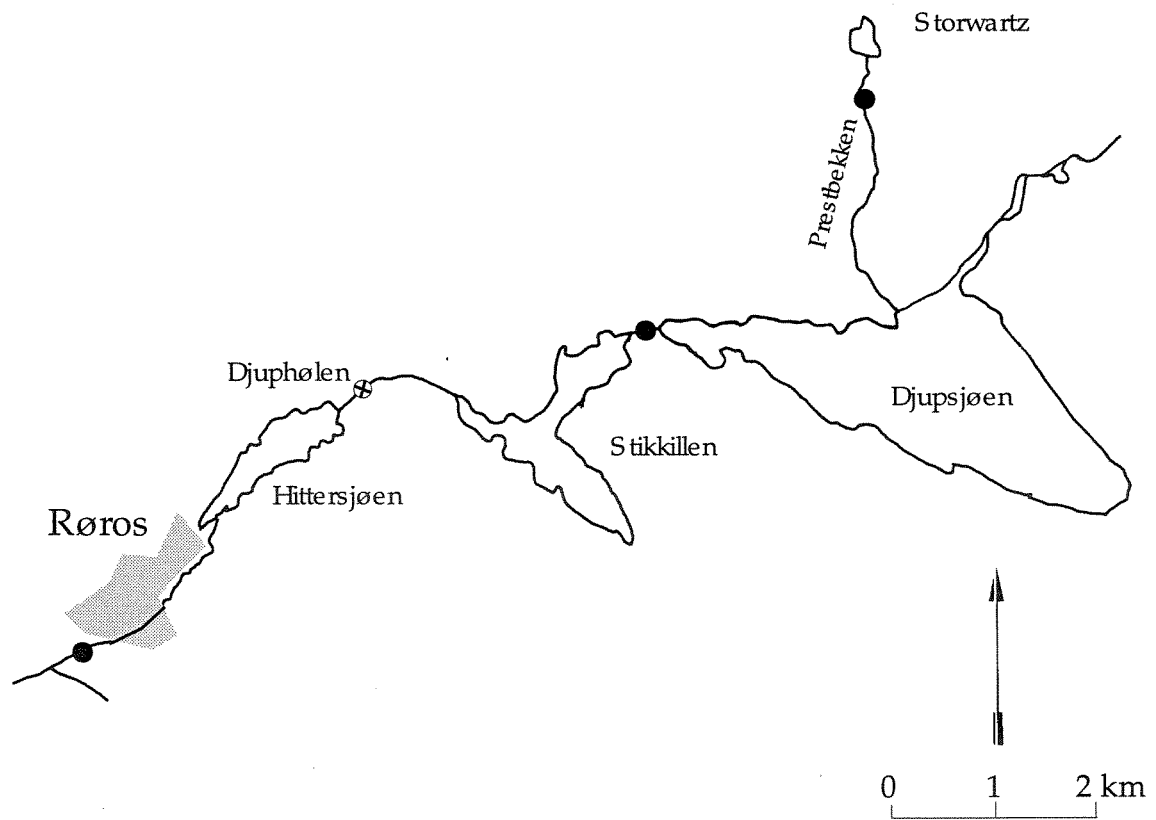
En betydelig andel av avgangen ligger fortsatt over vann, og erosjonen vil stadig flytte mer og mer avgang ut i den delen av dammen som fortsatt er vannfylt. Konsekvensene av dette er foreløpig bare delvis utredet. På den ene siden kan dette forbedre forholdene ved at mer av avgangen bringes under vann. På den annen side kan en stadig blottlegging av ny avgang opprettholde eller øke oksidasjonen som i dag fører til utløsning av tungmetaller.

I tabell 1 er det samlet en del geografiske data om gruveområdet. Figur 1 viser kart over det aktuelle området.

Tabell 1. Geografisk informasjon om Storwartz gruveområde, Røros. Karthenvisningene er til Statens kartverks serie M711

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Sør-Trøndelag	Røros	Røros, 1720 III	32 V PQ 29/3146/47

Kartene i figur 1 viser at all avrenning fra gruveområdet renner til Hittervassdraget, og ved utløpet av Djupsjøen har all avrenning fra gruvene nådd vassdraget. Prøvesteder som er omtalt i teksten er avmerket på kartet



Figur 1. Kart over Storwartzområdet og aktuelle resipienter for avrenning fra gruveområdene. Hovedstasjoner for prøvetaking er avmerket. Vannføringsstasjonen er merket med et kryss.

1.3 Tidligere undersøkelser

Hensikten med de tidligere undersøkelserne har vært å identifisere og i den grad det var mulig, å kvantifisere forurensningskilder i området i forhold til hverandre. Det er derfor lagt størst vekt på relative verdier, mens absoluttverdiene var mindre pålitelige. Å sammenlikne data fra år til år har derfor vært vanskelig. I den foreliggende undersøkelsen er det lagt størst vekt på absoluttverdier for transport, men det har også interesse å vurdere datamaterialet fra 1994/95 mot de tidligere målingene.

I 1978/79 og høsten 1990 gjennomførte NIVA undersøkelser i området ved Storwartz gruve for å beregne transport av tungmetaller til Djupsjøen (Arnesen og Tjomsland 1980), (Arnesen 1991). Undersøkelsen i 1990 var begrenset til perioden fra slutten av september til tidlig i november. I dette tidsrommet var det ingen prøvetakinger med særlig høye vannføringer. Det var derfor sannsynlig at de beregnede transportverdiene var for lave. Uten at det har vært mulig å påvise årsaken, er det ved undersøkelser i Nordgruvefeltet dessuten registrert at forholdet sink/kopper er spesielt lavt om våren. Det betyr at transporten av kopper blir spesielt underestimert ved måling om høsten.

I 1978/79 gjennomførte NIVA en systematisk undersøkelse av avløpet fra avgangsdammen ved Storwartz og gruvevann fra Olavsgruva og Gamle Solskinns gruve (Arnesen og Tjomsland 1980). I tillegg er det gjennom årene gjort spredte prøvetakinger andre steder i området.

Nye undersøkelser ble gjennomført i 1990 og 91, og rapportert i desember 1990 (Arnesen) og juni 1991 (Arnesen og Iversen).

I 1990 ble det tatt prøver av avgang i området rundt Storwartz gruve for kjemisk analyse. Det ble også tatt prøver fra en rekke steder i gruvefeltet vest for Storwartz. Dette gjaldt både gruvevann og sigevann fra en rekke punkter fra Gamle-Storwartz i vest til Stormyrbekken som drenerer området ved Olavsgruva i øst. Undersøkelsene foregikk over en kort periode, og de sesongvariasjoner som er vanlige for slik avrenning ble ikke fanget opp av programmet.

Datamaterialet fra 1990 tyder på at gruveområdene som drenerer til Stormyrbekken hadde mindre betydning for forurensningssituasjonen i Hitterelva. Stormyrbekken var likevel så forurenset at det antakelig ikke kunne leve fisk der. Hovedkilder for forurensning i Storwartz-området var avgang og velter, mens gruvevannet antakelig hadde relativt mindre betydning.

I 1991 ble det gjennomført en undersøkelse spesielt rettet mot avrenningen fra Hestkletten gruve som drenerer gjennom avgangen ved Storwartz (Iversen og Arnesen 1992).

Det er tidligere gjort flere undersøkelser i Djupsjøen (Iversen og Johannesen 1985, Semb 1991, Grande 1991). Dette er undersøkelser som først og fremst har vurdert kjemisk vannkvalitet og sedimentenes sammensetning.

De tidligere omtalte undersøkelserne har hatt som primært mål å beskrive forurensningskildene i området og beregne det relative bidraget fra hver av disse kildene. Resultatene fra de ovennevnte arbeidene kan sammenfattes i følgende punkter:

- Gruveområdet rundt Olavsgruva med Nyberget, Solskinn, Qvintus og deler av Hestkletten har forholdsvis liten betydning for den samlede avrenningen fra området.
- Gruvevannet fra Storwartz gir et ubetydelig bidrag til tungmetalltransporten.
- Transporten av kopper og sink fra Hestkletten gruve utgjør ca. 15 % av den samlede avrenningen fra Storwartz.
- Det har vært stor usikkerhet om forurensningsmengden fra Storwartz har avtatt i løpet av de årene det finnes data for. Det er mulig at de variasjonene som er påvist, skyldtes utilstrekkelige måleprogram.
- Hovedkilden for tungmetalltransporten fra Storwartz er avgangsdeponiene rundt oppredningsverket.
- Forurensningstilførslene til Prestbekken mellom Storwartz og Djupsjøen er normalt forholdsvis liten.
- I relativt store områder i Djupsjøen er sedimentene sterkt påvirket av avgang og utfelte metaller.

2. Metoder

2.1 Hydrologi

For å kunne sammenlikne forurensningssituasjonen fra sted til sted og over tid i et vassdrag, er det nødvendig å ta utgangspunkt i transportverdier. Ideelt sett er transport i denne sammenheng produktet av konsentrasjon og vannføring. I og med at begge disse varierer praktisk talt kontinuerlig, er det umulig å beregne fullt ut riktige transportverdier for en komponent i et vassdrag på grunnlag av enkeltmålinger med så lange tidsintervaller som det har vært vanlig (1 måned eller mer).

Det har vist seg at i de fleste vassdrag varierer vannføringen mellom videre grenser enn konsentrasjonen. I dette prosjektet ble det derfor satset på kontinuerlig vannføringsmålinger og prøvetaking for kjemiske analyser to ganger pr. måned.

Det ble opprettet to målestasjoner for vannføringsmålinger:

- Prestbekken ved utløp fra gruveområdet ved Storwartz
- Hitterelva ved Djuphølen

Valget av målested i Hitterelva (Djuphølen) var styrt av forholdene i vassdraget, fordi dette var i praksis det eneste stedet i nærheten av utløpet fra Djupsjøen hvor det kunne gjøres noenlunde pålitelige målinger. Stasjonen i Hitterelva ble opprettet og drevet av Norges Vassdrags- og Energiverk (NVE), mens stasjonen ved Storwartz ble opprettet og drevet av NIVA.

I og med at stasjonene for uttak av vannprøver for analyse fra Hitterelva var plassert andre steder, var det nødvendig å beregne vannføringene på de aktuelle stedene ut fra forholdstall på grunnlag av nedbørfeltens arealer. I tabell 2 er kartreferanser, nedbørfeltens arealer og korreksjonsfaktor for stasjonene samlet. I tabell 3 finnes målt vannføring på prøvetakingsdagene i Djuphølen i Hitterelva. Samtidig er de beregnede verdiene på de enkelte prøvetakingsstedene listet.

Avrenningskoeffisienten for Hitterelva er i en tidligere NIVA-rapport (Arnesen 1990) anslått til $13.5 \text{ l/km}^2\cdot\text{sek}^{-1}$.

Tabell 2. Hydrologiske data for målestasjonene.
Kartrefeansen gjelder Serie M711, Karblad Røros, 1720 III

Navn	Kartreferanse	Areal, nedbørfelt km^2	Kor.faktor, vannføring
Storwartz	32V PQ 297 457		
Djuphølen	32V PQ 249 428	143.2	1.0
Utløp Djupsjøen	32V PQ 278 434	114.6	0.8
Nedenfor Røros	32V PQ 221 401	156.4	1.09

2.2 Kjemiske undersøkelser

Ved de kjemiske undersøkelsene er det lagt vekt på å beskrive transport av tungmetaller i vassdraget. Prøvene som er tatt i Hitterelva er analysert med ICP-MS-teknikk, fordi dette er en pålitelig metode for tungmetaller i lave konsentrasjoner. Prøvene fra Prestbekken er analysert med ICP med optisk detektor. Fordi konsentrasjonene her er så mye høyere, er dette den mest egnede metoden. Ingen av ICP-teknikkene egner seg for bestemmelse av kvikksølv i lave konsentrasjoner. Kvikksølvprøvene ble tatt på spesialpreparerte flasker, og analysert etter at kvikksølvionene er overført til metallisk tilstand. Kvikksølvdamper drives av med helium og føres gjennom en gullfelle hvor kvikksølv amalgamerer. Kvikksølv frigjøres igjen ved oppvarming av gullfellen og bestemmes ved kalddamp atomabsorpsjon i en målecelle. Deteksjonsgrensen er 2.0 ng/l

2.3 Andre undersøkelser

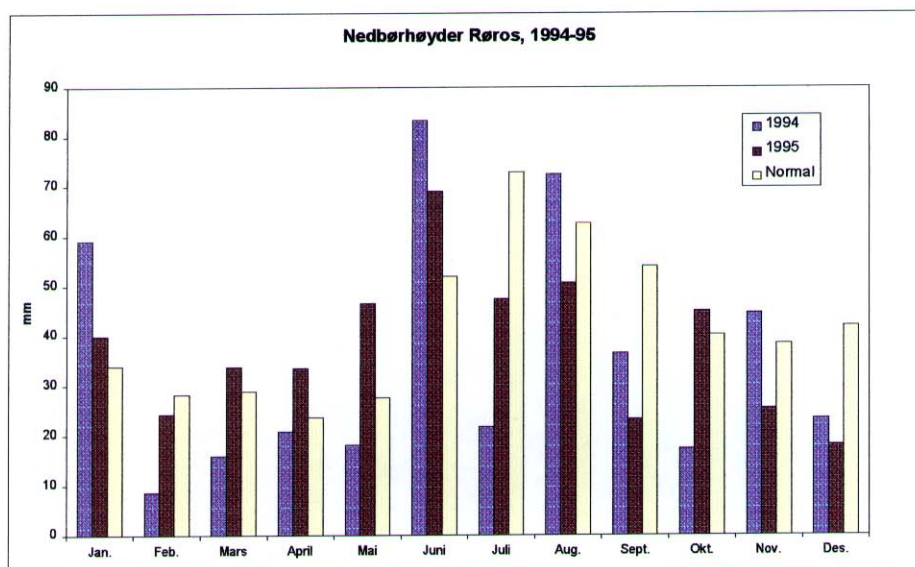
Parallelt med de kjemiske undersøkelsene er det også gjennomført biologiske undersøkelser i vassdraget. Disse undersøkelsene er rapportert separat i en annen NIVA-rapport (Grande *et al.* 1996). Metoder som ble brukt og resultatene av disse undersøkelsene er ikke nærmere omtalt i denne rapporten.

3. Datamaterialet

3.1 Hydrologi

Hydrologisk er området delt i to, med Prestbekken som primærresipient for det egentlige Storwartz-området og Stormyrbekken som primærresipient for gruvene rundt Olavsgruva. Prestbekken renner direkte til Djupsjøen, mens Stormyrbekken renner til Hitterelva som renner inn i Djupsjøen lengst i øst.

For å gi et inntrykk av representativiteten av 1994/95 hydrologisk sett, er nedbørhøydene for de to årene fremstilt grafisk i forhold til normalnedbøren (30 år) ved Røros i figur 2. De største avvikene fra normalen finner vi våren 1995. Enkelte vintermånedene i 1994/95 hadde også relativt mye nedbør, og denne kombinasjonen førte til ekstremt høye vannføringer under vårfloppen i 1995. Juli og august var derimot relativt tørre.



Figur 2. Nedbørhøyder ved Røros, 1994/95.

I figur 3 og figur 4 er de registrerte vannføringene ved Djuphølen og i Prestbekken framstilt grafisk. I figurene er dessuten dagene for prøvetaking spesielt avmerket.

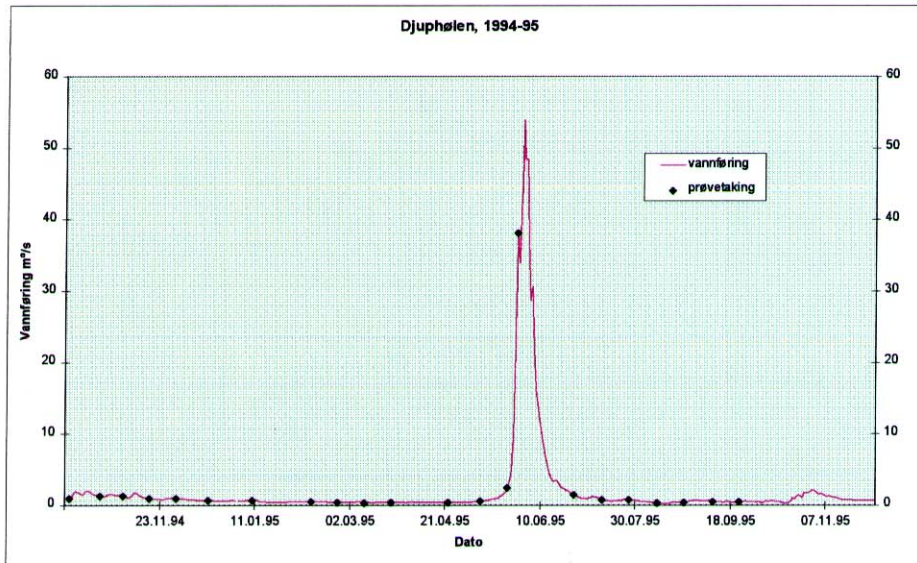
De uvanlige avrenningsforholdene sees tydelig av vannføringskurvene. Spesielt i Hitterelva er vannføringen i vårfloppen så høy at variasjonene resten av året ikke synes. Punktene som viser prøvetakingstidspunktene, viser at de fleste vannføringssituasjoner er inkludert i måleprogrammet, selv om vi har gått glipp av enkelte episoder.

Middelvannføringen for Djuphølen i den tiden målingene pågikk, var $2.02 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette tilsvarer en middelavrenning på $14.1 \text{ l}/\text{km}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Avviket fra middelvannføringen i måleperioden var med andre ord mindre enn 10 %. Av tabell 3 framgår det at middelverdien for de dagene det er tatt vannprøver er 2.4

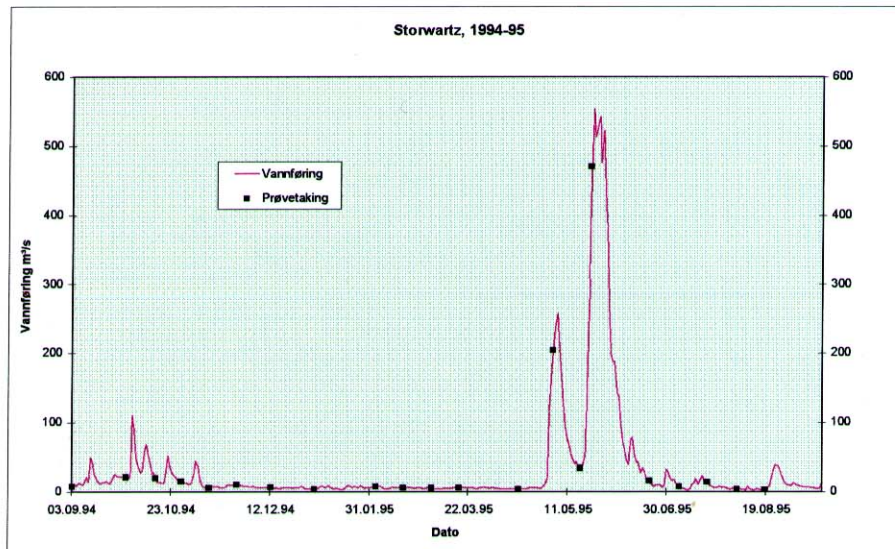
m³/s. Dette er noe over årsmidlet, men ikke mer enn at vi har valgt å benytte de beregnede transportverdiene uten korreksjoner.

Tabell 3. Målte og beregnede vannføringer i Hitterelva på prøvetakingsdagene.

Dato	Målt Vannf. Djuphølen m ³ /s	Korr. vf. Djupsjøen m ³ /s	Korr.vannf nedenf. Røros m ³ /s
15.09.94			
05.10.94	0.9	0.7	1.0
21.10.94	1.2	1.0	1.3
02.11.94	1.2	0.9	1.3
16.11.94	0.9	0.7	1.0
30.11.94	0.9	0.7	1.0
17.12.94	0.6	0.5	0.6
08.01.95	0.6	0.5	0.7
08.02.95	0.4	0.4	0.5
22.02.95	0.3	0.3	0.4
08.03.95	0.3	0.2	0.3
22.03.95	0.3	0.3	0.4
21.04.95	0.3	0.3	0.4
08.05.95	0.5	0.4	0.5
22.05.95	2.4	1.9	2.7
27.05.95	38.1	30.5	41.5
26.06.95	1.4	1.1	1.5
11.07.95	0.7	0.6	0.8
25.07.95	0.7	0.6	0.8
09.08.95	0.2	0.2	0.3
23.08.95	0.4	0.3	0.4
07.09.95	0.5	0.4	0.5
21.09.95	0.5	0.4	0.5
Mid.verdi	2.4	1.9	2.65
Max	38.1	30.5	41.50
Min	0.2	0.2	0.26
Std. avv.	8.0	6.4	8.69



Figur 3. Vannføring i Hitterelva ved Djupholen. Data fra målestasjonen i Djupholen. Prøvetakingsdager er avmerket.



Figur 4. Vannføring i Prestbekken ved Storwartz gruveområde.

3.2 Kjemi

3.2.1 Generelt

I Hitterelva har det tidligere vært få undersøkelser som har strukket seg over noe tid., I vedlegg A, tabell 17 - tabell 20 er resultatene fra disse prøvetakingene samlet. Stikkprøver som materialet fra Hitterelva består av, er lite egnet til å vurdere endringer i den generelle vannkvaliteten. Noen samlet framstilling av eventuelle forandringer eller trender er derfor ikke mulig. I det følgende er imidlertid datamaterialet fra 1994/95 kommentert subjektivt i forhold til disse tidligere resultatene.

3.2.2 Storwartz

Analyseresultatene fra stasjonen i Prestbekken ved utløpet fra Storwartz-området er samlet i tabell 4. Det er tatt en rekke vannprøver på praktisk talt samme sted tidligere, og det er ønskelig å sammenlikne tidligere resultater med dem fra undersøkelsene i 1994/95. I tabell 5 er det derfor samlet middelv verdier og standard avvik for seriene som foreligger fra tidligere undersøkelser.

Tabell 4. Kjemiske analyseresultater fra målestasjonen i Prestbekken ved Storwartz.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
08.09.94	3.48	75.4	344	7.0	2.3	8.6	19	73.1
05.10.94	3.35	74.8	329	10.5	2.1	7.9	15	<100
21.10.94	3.50	66.4	290	10.0	2.6	9.2	15	<100
02.11.94	3.70	54.7	183	4.6	1.8	9.4	15	<100
16.11.94	3.76	71.0	353	10.1	2.8	10.4	15	<100
30.11.94	3.35	81.8	410	14.4	2.3	8.6	17	70.0
17.12.94	3.31	97.2	446	26.9	0.8	4.0	6	<100
08.01.95	3.30	103.0	491	12.0	0.7	3.3	5	<100
08.02.95	3.43	88.9	428	23.4	0.4	2.2	3	<100
22.02.95	3.36	89.3	195	18.3	0.2	1.6	2	<100
08.03.95	3.36	94.2	452	15.1	0.3	1.8	2	90.0
22.03.95	3.47	91.6	425	14.7	0.1	1.6	2	180.0
21.04.95	3.61	91.5	440	9.3	0.2	1.4	2	10.0
08.05.95	3.30	28.9	112	15.0	2.3	3.1	7	<100
22.05.95	3.74	40.9	162	11.5	0.8	3.4	5	<100
27.05.95	3.91	15.2	49	6.7	1.2	2.5	5	<100
26.06.95	3.36	63.0	257	4.7	2.4	7.1	15	<100
11.07.95	3.35	73.8	308	4.7	2.2	7.4	15	<100
25.07.95	3.33	78.9	341	6.9	1.8	6.8	13	<100
09.08.95	3.32	91.1	404	4.4	1.6	6.0	10	<100
23.08.95	3.37	95.5	449	3.8	1.1	5.5	<10	<100
21.09.95	3.37	91.4	422	8.3	1.4	5.8	11	<100
Middel	3.46	75.4	331	11.0	1.4	5.3	9	85
Max	3.91	103.0	491	26.9	2.8	10.4	19	180
Min	3.30	15.2	49	3.8	0.1	1.4	2	10
Std.avv.	0.18	23.0	124	6.2	0.9	3.0	6	61

Tabell 5. Middelverdi og standard avvik for analysedata for samlet avrenning fra Storwartz gruveområde.

	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l
1978/79 ¹⁾							
Middelverdi	3.94	59.3	248	25.6	2.06	7.97	12.3
Std. avvik	0.51	17.8	90	23.8	2.07	3.78	7.9
Ant. obs.	13	13	13	13.0	13	13	9.0
1990/91 ²⁾							
Middelverdi	3.95	43.7	240	7.3	0.98	4.02	3.1
Std. avvik	0.36	14.2		2.3	0.35	990	3.9
Ant. obs.	17	17	1	17.0	17	17	9.0
1992 ³⁾							
Middelverdi	3.59	62.2	321	10.1	1.95	8.24	
Std. avvik:	0.17	8.9	61	4.9	0.49	586	
Ant. obs.	11	11	11	11.0	11	11	
1994/95							
Middelverdi	3.46	75.4	331	11.0	1.4	5.3	9
Std. avvik:	0.18	23.0	124	6.2	0.9	3.0	6
Ant. obs.	22	22	22	22	22	22	22

¹⁾ Arnesen, R.T. og Tjomsland, T. 1980

²⁾ Arnesen, R.T., Iversen, E. R. og Hals, B. 1990 og Arnesen, R.T. og Iversen, E.R. 1991

³⁾ Iversen, E.R. og Arnesen, R.T. 1992

En enkel sammenlikning av middelverdiene for de ulike måleseriene sammenholdt med standardavvikene, tyder ikke på at det har vært vesentlige endringer i vannkvaliteten siden 1978. Bortsett fra undersøkelsen i 1978/79, har prøvetakingen vært lite systematisk og den har dekket relativt korte tidsperioder. Undersøkelsen i 1994/95 er derfor mest representativ for vannkvaliteten i en hel årssyklus. Bortsett fra vårflommen (mai 1995) var antakelig de hydrologiske forholdene stort sett normale, og resultatene fra denne undersøkelsen gir et godt bilde av vannkvaliteten i Prestbekken.

3.2.3 Hitterelva ovenfor Djupsjøen

I tabell 6 er det samlet data fra Hitterelva ovenfor Djupsjøen. I denne øverste delen av vassdraget, Store Hittersjøen og et stykke inn i Grunnsjøen er vassdraget lite eller ikke påvirket av avrenning fra gruveområder. Analyseresultatene for tungmetaller viser også lave verdier, svarende til bakgrunnsverdien i mange norske vassdrag.

Tabell 6. Analyseresultater fra Grunnsjøen og utløp av Store Hittersjøen.

Sted	Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
Utl. St.Hittersjøen	15.09.94	7.45	5.0	0.5	< 0.5	< 0.01	0.05
Grunnsjøen	11.07.95	7.56	4.55	0.8	0.6	< 0.01	0.06

I Grunnsjøen renner Stormyrbekken, som drenerer gruveområdet rundt Olavsgruva, inn og konsentrasjonen av tungmetaller ved innløpet til Djupsjøen er høyere enn den er lengre oppe i vassdraget. Det finnes så få data fra tidligere målinger her at det er umulig å vurdere utviklingen over tid.

Selv om det er en klar økning av kopper- og sinkkonsentrasjonen ved innløpet i Djupsjøen i forhold til bakgrunnsverdiene, er metallkonsentrasjonene fortsatt forholdsvis lave.

Tabell 7. Analyseresultater fra innløp i Djupsjøen.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Farge mg Pt/l	Tot-N µg/l	Tot-P µg/l	TOC mg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
15.09.94	7.54	6.16	15.7	195	4	4.1	4.7	16.5	0.02	0.93
21.10.94	7.38	6.27					5.8	22.4	<0.01	1.17
22.02.95	7.15	7.30					3.3	21.2	0.02	0.03
21.04.95	7.22	7.25					3.3	21.0	0.04	0.47
11.07.95	7.44	4.92					5.6	12.7	0.02	0.14
Middel	7.35	6.38					4.5	18.8	0.025	0.55
Std. avvik	0.16	0.97					1.2	4.1	0.010	0.49

3.2.4 Vassdraget fra Djupsjøen til Røros

I Djupsjøen renner Prestbekken fra Storwartz-området inn, og ved utløp av Djupsjøen er tungmetallkonsentrasjonen betydelig høyere enn ved innløpet. Sammenhengen mellom tilførsler fra Storwartz og forholdene ved utløpet av Djupsjøen vil bli nærmere diskutert i kapitlet om forureningstransport (side 24). Kvikksølv er bestemt to ganger i prøver fra utløp av Djupsjøen. Resultatene var under eller på deteksjonsgrensen for analysemetoden, og det ser ikke ut til å være forhøyede kvikksølvnivåer her.

Videre nedover i vassdraget vil det stort sett skje en fortykning og muligens en utfelling av metaller. Dette vil også bli nærmere diskutert i forbindelse med transportvurderinger. Det er imidlertid helt klart at analyseresultatene fra Djuphølen (tabell 8) gjennomgående viser lavere konsentrasjoner av tungmetaller og svakt høyere pH-verdier enn ved utløpet av Djupsjøen.

Ved utløpet av Stikkilen, like ovenfor målepunktet i Djuphølen, er det tidligere tatt noen vannprøver. Analyseresultatene er samlet i tabell 18 i Vedlegg A. Subjektivt vurdert er det liten forskjell på vannkvaliteten på disse to stedene.

Tabell 8. Analyseresultater fra utløp av Djupsjøen, 1994/95.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l	Kvikksølv ng/l
15.09.94	7.47	6.2		23.3	107	0.2	0.9	
05.10.94	7.64	6.9		24.3	106	0.2	0.7	
21.10.94	7.31	6.5		29.7	133	0.2	0.8	
02.11.94	7.20	6.3		28.7	137	0.3	1.0	<2
16.11.94	7.21	6.3		29.9	139	0.3	0.8	
30.11.94	7.21	6.9	9.6	28.1	133	0.3	0.7	
17.12.94	7.11	7.0		29.2	139	0.2	0.6	
08.01.95	7.18	7.1		29.5	155	0.3	0.7	
08.02.95	7.28	6.9		29.0	137	0.2	0.7	
22.02.95	7.32	7.1		30.2	141	0.2	0.7	
08.03.95	7.28	7.0		28.7	134	0.2	0.7	
22.03.95	7.32	6.9		25.4	127	0.2	0.6	
21.04.95	7.26	6.9		24.5	125	0.2	0.9	
08.05.95	7.34	6.7		24.0	125	0.2	0.5	
22.05.95	7.05	6.6		44.5	141	0.2	1.1	
27.05.95	7.02	5.3		44.6	127	0.2	0.6	
26.06.95	7.20	5.1		31.3	114	0.2	0.5	
11.07.95	7.33	5.2		31.0	114	0.2	0.5	2.0
25.07.95	7.37	5.4		27.9	106	0.2	0.5	
09.08.95	7.34	5.4		24.5	92	0.2	0.5	
23.08.95	7.36	5.4		24.4	94	0.2	0.4	
07.09.95	7.23	5.5		24.0	101	0.2	0.7	
21.09.95	7.31	5.4		24.3	104	0.2	0.7	
Middel	7.3	6.2		28.7	123	0.2	0.7	
Max	7.6	7.1		44.6	155	0.3	1.1	
Min	7.0	5.1		23.3	92	0.2	0.4	
Std. avv.	0.1	0.7		5.6	17	0.0	0.2	

Tabell 9. Analyseresultater fra Djuphølen 1994/95.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
21.10.94	7.41	6.41			19.5	100.7	0.28	0.64
17.12.94	7.26	7.05			22.4	154	0.2	0.48
22.02.95	7.3	7.5			21	137.1	0.18	0.46
27.05.95	7.19	5.24			36.4	114.1	0.19	0.62
07.09.95	7.44	5.46			14.6	57.8	0.09	0.25

Ved utløpet av Hittersjøen umiddelbart før elva renner inn i Røros, ble det ikke tatt vannprøver i 1994/95. NIVA har imidlertid tatt noen spredte prøver tidligere, og analyseresultatene for disse er samlet i tabell 19 i Vedlegg A. En sammenlikning mellom prøver tatt ved utløpet av Stikkilen og ved

utløpet av Hittersjøen viser en ytterligere reduksjon i metallkonsentrasjonene, men fortsatt er metallnivåene betydelig over bakgrunnsnivået i vassdraget.

3.2.5 Hitterelva nedenfor Røros

De prøvene som er tatt nedenfor Røros i 1994/95 viser alle en betydelig høyere konsentrasjon av kopper enn tilsvarende prøver fra utløpet av Djupsjøen. I og med at de data som ellers foreligger klart viser at tungmetallkonsentrasjonen i vassdraget avtar ned til Røros, må det finnes forurensningskilder innenfor byen som avgir kopper til Hitterelva.

Tabell 10. Analyseresultater fra Hitterelva nedenfor Røros.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l	Kvikksølv ng/l
15.09.94 ¹⁾	7.52	6.29		36.3	72	0.13	0.54	
05.10.94	7.37	6.43		30.9	80.2	0.1	0.33	
21.10.94	7.41	6.46		30.2	102.2	0.3	0.49	
02.11.94	7.34	6.44		30	115	0.17	0.54	
16.11.94	7.34	8.78		35.6	138	0.2	0.51	
30.11.94	7.41	7.27	9.5	32.4	143	0.19	0.51	
17.12.94	7.26	7.32		38.5	160	0.22	0.54	
08.01.95	7.35	7.39		42.2	166.6	0.21	0.58	
08.02.95	7.26	7.8		34.4	156.8	0.2	0.54	
22.02.95	7.45	7.78		35.8	156.9	0.2	0.42	
08.03.95	7.47	7.45		36.9	151.1	0.2	0.48	
22.03.95	7.59	7.62		28.9	131.4	0.18	0.49	
21.04.95	7.39	7.42		50.9	145.6	0.23	1.94	
08.05.95	7.17	6.75		38.6	138.2	0.23	0.6	
22.05.95	7.32	5.77		52.2	117.4	0.13	0.54	
27.05.95	7.24	5.09		69.1	146.1	0.29	3.7	
26.06.95	7.38	5.13		49.7	92.3	1.42	0.57	
11.07.95	7.44	5.35		50.9	92.6	0.17	0.28	2.5
25.07.95	7.49	5.73		39.8	80.8	0.18	0.26	
09.08.95	7.53	6.06		45.5	74	0.18	0.26	
23.08.95	7.53	6.27		78.4	88	0.24	0.91	
07.09.95	7.54	6.27		105.2	73.7	0.18	6.04	
21.09.95	7.21	9.85		38.4	96.1	0.14	1	
Middel	7.39	6.84		45.2	120.3	0.25	0.98	
Max	7.59	9.85		105.2	166.6	1.42	6.04	
Min.	7.17	5.09		28.9	73.7	0.1	0.26	
Std.avvik	0.11	1.17		18.3	31.6	0.26	1.36	

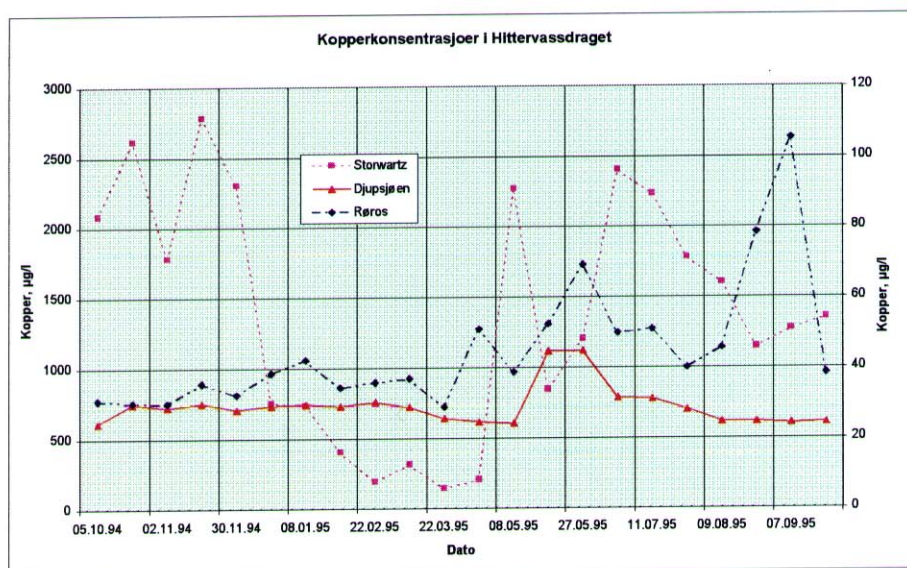
¹⁾ Prøven er tatt ved veibro på RV 30

Også kvikksølvkonsentrasjonen synes å øke svakt forbi Røros, men denne endringen er ubetydelig, og nivåene i hele vassdraget ligger nær bakgrunnsnivået.

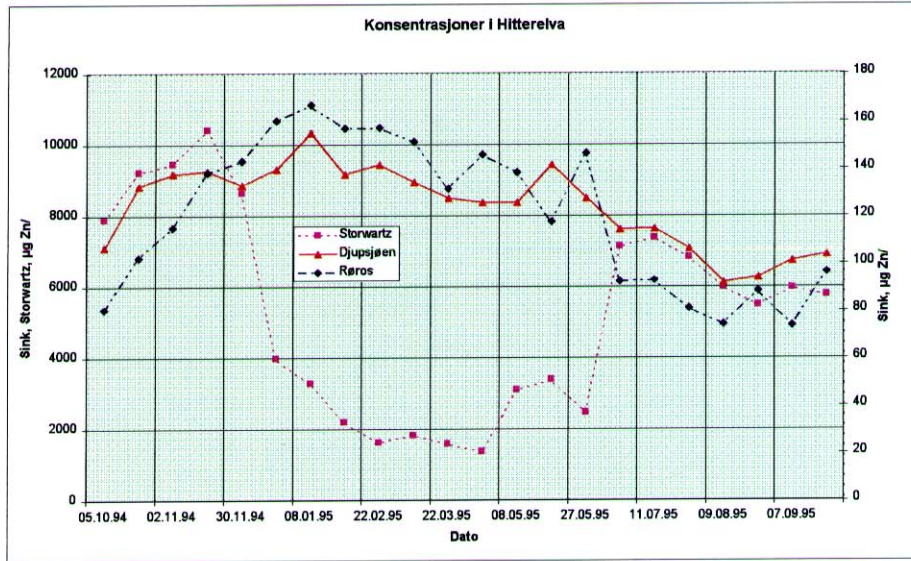
I tabell 20 i Vedlegg A finnes analysedata fra Hitterelva ved riksvei 30 i Røros. Dette er fra spredte prøvetakinger og det er ikke grunnlag for kvantitative sammenlikninger, men subjektivt vurdert kan det ikke påvises endringer i det tidsrom det finnes data for (1966 - 1995).

I figur 5 er konsentrasjonen av kopper ved Storwartz, ved utløp av Djupsjøen og nedenfor Røros fremstilt grafisk. Figuren viser at det ikke er noen åpenbar og enkel samvariasjon mellom konsentrasjonen ved de tre målepunktene. En mer inngående analyse vil føre for langt i denne sammenheng, men det er en interessant faglig utfordring å bearbeide datamaterialet videre.

Som det måtte forventes varierer imidlertid konsentrasjonen av kopper betydelig mindre i utløpet av Djupsjøen enn ved de to andre stasjonene. En videre diskusjon av disse variasjonene er gjort i neste kapittel, Forurensningstransport.



Figur 5. Konsentrasjonen av kopper i samlet avrenning fra Storwartz, utløp fra Djupsjøen og i Hitterelva nedenfor Røros



Figur 6. Konsentrasjonen av sink i samlet avrenning fra Storwartz, utløp fra Djupsjøen og i Hitterelva nedenfor Røros

4. Forurensningstransport

Som tidligere nevnt er gode målinger av vannføring meget viktig for beregning av pålitelige transportverdier. I den foreliggende undersøkelsen var det mulig å måle vannføring kontinuerlig nær prøvetakingsstedene, noe som også gjorde det mulig å vurdere hvor representative prøvene for kjemiske analyser var i forhold til avrenningen over året. figur 3 og figur 4 viser at fordi prøvetakingen kunne foretas så tett som to ganger pr. måned, ble fordelingen i forhold til vannføringen god. Vi har derfor valgt å beregne transportverdien som aritmetisk middel av momentanverdiene, beregnet i kg/døgn. Årstransporten er beregnet ved å multiplisere med antall døgn i året, uten ytterligere korreksjon.

Rammene for det foreliggende arbeidet ga ikke rom for videre bearbeiding av materialet, men med så gode data, finnes muligheter både for statistiske studier og kalibrering av hydrologiske modeller. Det siste ville f.eks. gjøre det mulig å beregne transporten i vassdrag ut fra eldre målinger.

Tabell 11. Daglige transportverdier i Prestbekken nedenfor Stortvartz-området.

Dato	Vann- føring l/s	pH	Konduk- tivitet mS/m	Sulfat kg/d	Jern kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Kad- mium kg/d
08.09.94	6.2	3.48	75.4	186	4	1.25	4.63	0.010
05.10.94	20.3	3.35	74.8	578	18	3.65	13.83	0.025
21.10.94	13.6	3.50	66.4	342	12	3.07	10.84	0.017
02.11.94	14.4	3.70	54.7	227	6	2.21	11.71	0.019
16.11.94	5.0	3.76	71.0	152	4	1.20	4.48	0.007
30.11.94	9.4	3.35	81.8	334	12	1.88	7.03	0.014
17.12.94	6.2	3.31	97.2	238	14	0.40	2.12	0.003
08.01.95	2.6	3.30	103.0	112	3	0.17	0.74	0.001
08.02.95	6.2	3.43	88.9	231	13	0.22	1.18	0.002
22.02.95	5.0	3.36	89.3	84	8	0.08	0.69	0.001
08.03.95	4.5	3.36	94.2	176	6	0.12	0.70	0.001
22.03.95	4.9	3.47	91.6	181	6	0.06	0.67	0.001
21.04.95	2.9	3.61	91.5	112	2	0.05	0.34	0.000
08.05.95	203.1	3.30	28.9	1965	263	39.83	54.04	0.123
22.05.95	33.1	3.74	40.9	463	33	2.40	9.63	0.016
27.05.95	469.4	3.91	15.2	1991	271	48.67	99.77	0.208
26.06.95	15.0	3.36	63.0	333	6	3.11	9.24	0.019
11.07.95	7.1	3.35	73.8	188	3	1.36	4.49	0.009
25.07.95	13.5	3.33	78.9	396	8	2.07	7.92	0.015
09.08.95	2.9	3.32	91.1	103	1	0.41	1.52	0.003
23.08.95	2.2	3.37	95.5	86	1	0.22	1.05	
21.09.95	10.2	3.37	91.4	372	7	1.19	5.06	0.010
Middel	39.0	3.46	75.4	402	32	5.16	11.44	0.024
Max	469.4	3.91	103.0	1991	271	48.67	99.77	0.208
Min	2.2	3.30	15.2	84	1	0.05	0.34	0.000
Std.avv.	104.9	0.18	23.0	526	77	12.77	22.71	0.049

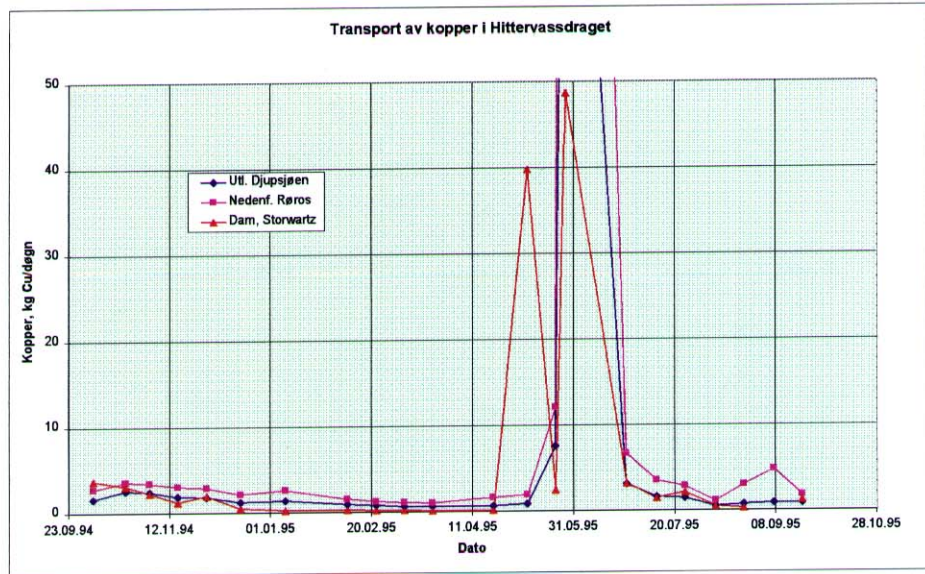
Tabell 11 - tabell 13 viser de daglige transportverdiene i Prestbekken ved Storz, ved utløpet av Djupsjøen og i Hitterelva nedenfor Røros. I figur 7 er daglige transportverdier på de samme stedene framstilt grafisk.

Tabell 12. Transportverdier ved utløp av Djupsjøen.

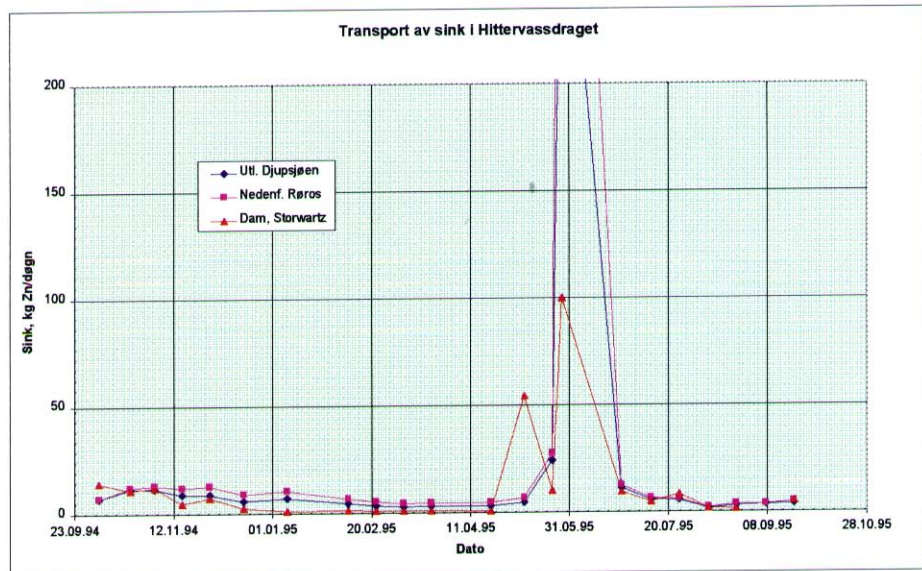
Dato	Korrigert vannf. m ³ /s	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Kadmium kg/d
15.09.94		7.47	6.2				
05.10.94	0.7	7.64	6.9		1.5	6.7	0.0
21.10.94	1.0	7.31	6.5		2.5	11.3	0.0
02.11.94	0.9	7.20	6.3		2.4	11.2	0.0
16.11.94	0.7	7.21	6.3		1.8	8.5	0.0
30.11.94	0.7	7.21	6.9	607.2	1.8	8.4	0.0
17.12.94	0.5	7.11	7.0		1.2	5.5	0.0
08.01.95	0.5	7.18	7.1		1.3	6.9	0.0
08.02.95	0.4	7.28	6.9		0.9	4.2	0.0
22.02.95	0.3	7.32	7.1		0.7	3.3	0.0
08.03.95	0.2	7.28	7.0		0.6	2.6	0.0
22.03.95	0.3	7.32	6.9		0.6	3.0	0.0
21.04.95	0.3	7.26	6.9		0.5	2.8	0.0
08.05.95	0.4	7.34	6.7		0.8	4.3	0.0
22.05.95	1.9	7.05	6.6		7.5	23.8	0.0
27.05.95	30.5	7.02	5.3		117.4	334.2	0.6
26.06.95	1.1	7.20	5.1		3.0	11.1	0.0
11.07.95	0.6	7.33	5.2		1.5	5.7	0.0
25.07.95	0.6	7.37	5.4		1.4	5.3	0.0
09.08.95	0.2	7.34	5.4		0.4	1.5	0.0
23.08.95	0.3	7.36	5.4		0.7	2.5	0.0
07.09.95	0.4	7.23	5.5		0.8	3.3	0.0
21.09.95	0.4	7.31	5.4		0.8	3.4	0.0
Middel	1.9	7.3	6.2		6.8	21	0.0
Max	30.5	7.6	7.1	607.2	117.4	334.2	0.6
Min	0.2	7.0	5.1	607.2	0.4	1.5	0.0
Std. avv.	6.4	0.1	0.7		24.7	70.1	0.1

Tabell 13. Transportverdier i Hitterelva nedenfor Røros by.

Dato	Korrigert vannf. m ³ /s	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Kadmium kg/d
05.10.94	1.0	7.37	6.43		2.7	6.9	0.01
21.10.94	1.3	7.41	6.46		3.5	11.8	0.03
02.11.94	1.3	7.34	6.44		3.3	12.8	0.02
16.11.94	1.0	7.34	8.78		3.0	11.4	0.02
30.11.94	1.0	7.41	7.27	818.6	2.8	12.3	0.02
17.12.94	0.6	7.26	7.32		2.1	8.6	0.01
08.01.95	0.7	7.35	7.39		2.5	10.1	0.01
08.02.95	0.5	7.26	7.80		1.5	6.6	0.01
22.02.95	0.4	7.45	7.78		1.1	5.0	0.01
08.03.95	0.3	7.47	7.45		1.0	4.0	0.01
22.03.95	0.4	7.59	7.62		0.9	4.2	0.01
21.04.95	0.4	7.39	7.42		1.6	4.4	0.01
08.05.95	0.5	7.17	6.75		1.8	6.5	0.01
22.05.95	2.7	7.32	5.77		12.0	26.9	0.03
27.05.95	41.5	7.24	5.09		247.8	523.9	1.04
26.06.95	1.5	7.38	5.13		6.6	12.2	0.19
11.07.95	0.8	7.44	5.35		3.4	6.3	0.01
25.07.95	0.8	7.49	5.73		2.7	5.6	0.01
09.08.95	0.3	7.53	6.06		1.0	1.7	0.00
23.08.95	0.4	7.53	6.27		2.9	3.2	0.01
07.09.95	0.5	7.54	6.27		4.7	3.3	0.01
21.09.95	0.5	7.21	9.85		1.7	4.3	0.01
Gj.snitt	2.65	7.39	6.84		14.1	31.5	0.1
Maks.verdi	41.50	7.59	9.85		247.8	523.9	1.0
Min.verdi	0.26	7.17	5.09		0.9	1.7	0.0
Std.avvik	8.69	0.11	1.17		52.2	110.1	0.2



Figur 7. Daglig transport av kopper i samlet avrenning fra Storwartz, ved utløpet av Djupsjøen og i Hitterelva nedenfor Røros.



Figur 8. Daglig transport av kopper i samlet avrenning fra Storwartz, ved utløpet av Djupsjøen og i Hitterelva nedenfor Røros.

Transportverdiene i figur 7 viser en nærmere sammenheng enn hva konsentrasjonene viste (figur 5) på de nevnte stedene. Mesteparten av tiden ligger avrenningen fra Storwartz under de to andre verdiene, men økningen i Djupsjøen er liten mesteparten av året. Bare i vårfloppen er det betydelig forskjell. For kopper er transporten fra Storwartz 40 - 50 kg/døgn på to måledager i mai, mens transporten ut av Djupsjøen på samme tid var mer enn det dobbelte, 115 - 120 kg/døgn. Varigheten av denne høye transporten ut av Djupsjøen, var antakelig kortere enn perioden med høy transport fra Storwartz. Det er derfor vanskelig å sammenlikne disse to stasjonene kvantitativt i denne perioden. Dersom registreringer i vårfloppen utelates, er forskjellen mellom koppertransporten ved Storwartz

og ut av Djupsjøen meget liten. Tar vi hensyn til kopperinnholdet i inngående vann til Djupsjøen, er denne forskjellen mellom registrert transport inn i Djupsjøen og i utløpet antakelig mindre enn usikkerheten i beregningene.

Ut fra dette kan det fastslås at avrenningen fra Storwartz normalt er den dominerende tungmetalltilførslen til Djupsjøen. I perioder med meget høy vannføring vil det skje en betydelig erosjon, både langs Prestbekken og i andre deler av vassdraget. Resultatet er en betydelig høyere totaltransport enn det den "normale" utvasking fra avfallet tilsier. Analysemetodene som er brukt her, skiller i liten grad mellom partikulært bundet og oppløste metaller.

Gjennomsnittlig årlig materialtransport på de sammen stedene er angitt samlet i tabell 14.

Tabell 14. Årlig transportverdier fra Storwartz. utløp Djupsjøen og nedenfor Røros

Målepunkt	Sulfat tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
Storwartz	147	1.9	4.2	8.7
Utløp Djupsjøen		2.5	7.8	13.9
Nedenfor Røros		5.2	11.5	24.4

Tabell 15. Middelerverdier for transport av forurensninger ved samlet avløp fra Storwartz-området. Beregningene gjelder data innsamlet i forskjellige tidsperioder.

Periode	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1978/79	155	12.4	1.58	7.20	11.4
1990/91		9.2	1.75	6.65	4
1992	322	11.0	2.16	9.14	
Alle data	235	10.7	1.81	7.52	7.5

De årlige verdiene i tabell 14 viser at det skjer en økning for de tre metallene kopper, sink og kadmium fra stasjon til stasjon. At forskjellen mellom samlet avrenning fra Storwartz og transporten i utløpet fra Djupsjøen er såvidt stor på årsbasis, er diskutert ovenfor. For kopper er økningen omtrent 25 % mens den for sink og kadmium er henholdsvis 85 og 60%. Denne forskjellen kan delvis forklares ved tilførselen til Hitterelva fra området ved Olavsgruva, gjennom Stormyrbekken. Noe kan skyldes utvasking fra gammel avgang langs Prestbekken og i deltaet der bekken renner ut i Djupsjøen. Noe kan også skyldes lekkasjer fra sedimentene i Djupsjøen. At økningen for sink er så stor i forhold til verdien for kopper, kan tyde på en utløsning fra gruveavfall som er dekket av vann. Det er også viktig å være oppmerksom på betydningen av Djupsjøen som oppholdsmagasin for vannet. figur 5 viser klart at det ikke er noen direkte korrespondanse mellom avrenning fra Storwartz og utløpet av Djupsjøen. Lang oppholdstid og mulighet for lagdeling i innsjøen vil gjøre transportforholdene her uoversiktlige. Først etter flere års undersøkelser vil det være mulig å sette opp en fullstendig massebalanse for vassdraget.

En sammenlikning av verdiene i tabell 14 og tabell 15 viser at transporten av kopper fra Storwartz har vært omtrent den samme siden 1978. For sulfat har det også vært forholdsvis liten endring. Den høye verdien i 1992 skyldes kort måleperiode med relativt høy avrenning. For sink er det mulig at det har skjedd en reduksjon, men prøvetakings- og analyseteknikk i 1978/79 kan ha bidratt til et høyt resultat.

5. Sammenfattende diskusjon

Undersøkelsene som NIVA gjennomførte i Hittervassdraget i årene 1994 - 95 hadde som mål å dokumentere den tidligere gruvedriftens virkninger på kjemisk vannkvalitet og biologiske forhold i vassdraget. Den foreliggende rapporten behandler kun de kjemiske forhold.

For å gi en god beskrivelse av kjemiske forhold og hvordan tilførsler av forurensninger fra ulike områder påvirker vannkvaliteten i vassdraget, var det nødvendig å opprette to målestasjoner for kontinuerlig måling av vannføring i vassdraget. Vannføringsmålingen viste at til tross for at vårflommen i 1995 var uvanlig høy, var den årlige middelvannføring bare litt over "normalen" (tabell 3, side 11).

I det følgende er det lagt hovedvekt på kopper i beskrivelsen, fordi det antakelig er dette metallet som har størst betydning bl.a. for de biologiske forhold i vassdraget.

Måleresultatene for konsentrasjon ved de tre hovedstasjonene i vassdraget, Samlet avrenning fra Storwartz, Utløp Djupsjøen og Hitterelva nedenfor Røros, viste relativt liten grad av samvariasjon. Det var særlig verdiene fra Storwartz som fulgte et annet mønster enn dem fra hovedvassdraget, men det er til tider også betydelige forskjeller mellom konsentrasjonene nedenfor Røros og i utløpet av Djupsjøen.

Når det gjelder sink er bildet langt på vei det samme, men samvariasjonen er mye klarere mellom målingen ved utløpet fra Djupsjøen og ved stasjonen nedenfor Røros.

For transportverdiene, er bildet litt annerledes. Her er det en høy grad av samvariasjon mellom verdiene på de tre målestedene, bortsett fra i vårflommen da transporten i hovedvassdraget er betydelig høyere enn ved Storwartz, både for kopper og sink.

Når andre tilførsler til vassdraget trekkes fra, stemmer transport av kopper ut av Djupsjøen så godt overens med den i samlet avrenning fra Storwartz at det er hevet over tvil at Storwartz-området er den viktigste kilde for kopper ovenfor Røros. For sink er forskjellen noe større enn for kopper, men Storwartz er fortsatt en meget viktig kilde.

Transporten av kopper ut av Storwartz-området var i 1994/95 ca. 2 tonn/år, og både ut fra forholdene i denne måleperioden og fra tidligere målinger, er det grunn til å anta at dette er "normaltransporten" fra området.

For sink er det vanskeligere å angi et slikt tall, men verdien som ble målt i 1994/95 er antakelig forholdsvis pålitelig, og den nåværende transporten kan settes til ca. 7 tonn/år.

Nedenfor Røros er både konsentrasjoner og transportverdier for kopper og sink klart høyere enn i utløpet fra Djupsjøen. Dette er ingen overraskende konklusjon, på bakgrunn av den omfattende transport og behandling av kopper og sinkholdige materialer som har foregått i Røros i så lang tid. Dessuten er slikt materiale ganske sikkert benyttet til fyllinger og under bygninger flere steder i Bergstaden. Dette innebærer at det ikke vil være mulig å komme ned til bakgrunnsverdier for kopper og sink i Hitterelva uten tiltak i Bergstaden Røros, noe som neppe er realistisk.

Ved tiltak ved Storwartz kan det oppnås en betydelig forbedring av vannkvaliteten i vassdraget ned til utløpet av Hittersjøen. En reduksjon i transporten fra Storwartz på ca. 80 %, noe som kan være

realistisk på noen års sikt, ville f.eks. redusere midlere kopperkonsentrasjon i utløpet av Djupsjøen med ca. 60 %, eller fra ca. 30 µg Cu/l i middel til ca 12 µg/l.

For sink vil det være vanskelig å oppnå vesentlige reduksjoner i transporten. Selv med en betydelig reduksjon fra Storwartz, noe som er vanskelig å oppnå i praksis, ville virkningen i vassdraget bli meget beskjeden.

Nedenfor Røros ville reduksjonen i kopperkonsentrasjonen bli relativt beskjeden, dersom tiltak ble gjennomført kun ved Storwartz. For kopper ville konsentrasjonen bli redusert med omkring 30 %, eller i middel fra ca. 45 µg Cu/l til vel 30 µg Cu/l.

6. Referanser

- Arnesen, R.T. og Iversen, E.R. 1991
Supplerende undersøkelser i Storwartz-området ved Røros, 1991
NIVA-notat O-91071, pp 6, Oslo 27. juni 1991
- Arnesen, R.T., Iversen, E. R. og Hals, B. 1990
Undersøkelser i Storwartz-området ved Røros 1990
NIVA-rapport O-9091, L-nr.:2552, pp 36, Oslo 12. desember 1990
- Arnesen, R.T. og Tjomsland, T. 1980
Røros Kobberværk, Vannforurensning fra gruver.
NIVA-rapport O-78050, L.nr.: 1206, pp. 45, Juni 1980.
- Grande, M. et.al. 1996
Storwartz-prosjektet, Dokumentasjon av gruvedriftens påvirkning av miljøet.
Del II: Biologiske undersøkelser. NIVA-rapport under utarbeidelse.
- Semb, R. 1991
En hydrografisk undersøkelse av Djupsjøen i Røros kommune
Cand. scient.oppgave i Limnologi, Universitetet i Oslo
Oslo mars 1991
- Iversen, E.R. og Johannessen, M. 1985
Undersøkelse av avgangsdeponier i Røros-området, Djupsjøen og Orvsjøen.
NIVA-rapport O-84077, L.nr.: 1704, februar 1985
- Iversen, E.R. og Arnesen, R.T. 1992
Forurensningstransport fra Hestkletten gruve
NIVA-rapport O-92124, L.nr.: 2835, desember 1992

Vedlegg A.

Tabell 16. Analyseresultater fra utløp av Djupsjøen 1966 - 1992

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmiu m µg/l	Bly µg/l
29.06.66	7.34	7.10	16.4	240	80	90		
19.08.71	7.13	8.91	12.5	250	22	256		
04.07.78	6.27	6.99	14	310	55	220	0.8	2.5
31.05.84	6.27							
26.06.84	7.29	6.42	10	250	32.5	180	0.29	
11.11.87	7.36	6.24	8	220	28.2	200	0.2	
23.06.88	7.30	5.40	8.3	201	33	150	0.11	0.5
27.09.88	7.55	5.81	8.5	193	29.1	160	0.3	
13.08.89	7.14	5.97	7.6	250	41.4	170	0.31	
31.08.90	7.28	6.32			26.4	150	0.17	
21.06.91	7.19	6.22			26.7	140		
05.07.91	6.96	6.25			27.9	130		
19.07.91	7.01	6.70			26.7	130		
02.08.91	6.86	6.60			21	120		
07.08.91	6.87	7.20			16.2	120		
14.08.91		6.20			24	150		
19.08.91	6.49	6.57	9	370	18.9	130	0.42	
21.08.91	6.50	6.58			23.3	110		
28.08.91		6.20			23.5	120		
04.09.91		5.90			35.3	150		
11.09.91		6.10			23.6	130		
18.09.91		6.90			31.9	150		
23.09.91	6.81	6.42			48.5	230		
02.10.91	7.26	6.65			25.6	150		
09.10.91	6.85	6.20			26.9	150		
16.10.91	7.35	6.72			27.5	150		
17.10.91	7.43	6.67			30.3	160		
23.10.91	7.25	7.38			27.7	160		
30.10.91		6.52			29.7	160		
06.11.91	7.43	6.16			26.5	170		
13.11.91	7.32	6.99			27.8	180		
20.11.91	7.37	8.09			27.6	190		
27.11.91	7.25	7.68			26.6	190		
04.12.91	7.34	7.83			23.1	160		
09.03.92	7.09	8.79			14	120		
18.05.92	6.8	6.97			42.3	170		
10.10.92	7.3	6.39			26.7	150		
Middel	7.09	6.72	10.5	254	29.9	157	0.33	1.5

Tabell 17. Analyseresultater fra Prestbekken ved innløp i Djupsjøen

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
29.06.66	7.17	110	700	332000	80	90		
26.06.84	4.69	35.1	170	7400	1670	6800	13.5	

Tabell 18. Analyseresultater fra utløp av Stikkilen (nær vannføringsmerket ved Djuphølen)

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
11.11.87	7.35	6.31	7.7	210	14.5	160	0.29	
23.06.88	7.62	5.39	8	200	24	160	0.05	0.3
27.09.88	7.57	6.02	7.8	168	22.8	130	0.24	
13.08.89	7.32	5.72	7.2	230	32.9	120	0.21	
19.08.91	6.8	6.65	7	119	12.5	60	0.15	
02.03.92	7.1	10.09			13.6	110		
09.03.92	7.24	8.76			15.6	110		
08.04.92	7.02	8.97			16.3	150		
27.04.92	7.09	9.6			15	130		
08.05.92	6.55	4.93			4.6	30		

Tabell 19. Analyseresultater fra utløp av Hittersjøen like før elva renner inn i Røros by

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
29.06.66	7.53	6.85	12	120	10	90		
11.11.87	7.39	6.24	7.4	220	21.5	170	0.28	
23.06.88	7.62	5.35	7.6	159	21	80	0.05	0.7
27.09.88	7.56	5.83	7.1	147	20.5	110	0.2	
13.08.89	7.24	5.59	6.8	220	30.5	120	0.25	
19.08.91	6.86	6.8	7	110	10.3	50	0.05	

Tabell 20. Analyseresultater fra Hitterelva ved veibro på riksvei 30, nedenfor Røros

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
29.06.66	7.4	7.09	6.4	65	80	140		
04.07.78	6.6	6.96	13	90	80	160	0.73	2
11.11.87	7.39	6.33	8.2	230	50	200	0.05	
23.06.88	7.61	5.57	8.2	183	60	110	0.05	0.5
27.09.88	7.58	5.97	8.4	156	37.2	130	0.23	
13.08.89	7.35	5.6	6.8	230	39.5	130	0.21	
19.08.91	6.9	7.1	8	97	24	70	0.15	

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

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

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3476-96

ISBN 82-577-3015-7