

O-87044

# Killingdal og Kjøli gruver

Forurensningstilførsler til Gaula



Norsk institutt for vannforskning



NIVA

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

0-87044

Undernummer:

Løpenummer:

2094

Begrenset distribusjon:

|   |   |
|---|---|
| Rapportens tittel:<br><br>KILLINGDAL OG KJØLI GRUVER<br><br>Forurensningstilførsler til Gaula | Dato:<br><br>Februar 1988               |
|   | Prosjektnummer:<br><br>0-87044          |
| Forfatter (e):<br><br>Eigil Rune Iversen  | Faggruppe:<br><br>Miljøteknisk          |
|   | Geografisk område:<br><br>Sør-Trøndelag |
|   | Antall sider (inkl. bilag):<br><br>36   |

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Oppdragsgiver:<br><br>Næringsdepartementet, Bergverkskontoret | Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.): |
|---|----------------------------------|

|   |
|---|
| Ekstrakt:<br><br>Det er foretatt en beregning av forurensningstilførslerne fra Killingdal og Kjøli gruver til Gaula. Ved Kjøli har forurensningstilførslerne økt en del etter arronderingen av veltene i 1981. Tilstanden synes ved utgangen av 1987 å ha stabilisert seg. Ved Killingdal er tilstanden den samme som i 1977/78. Ved begge områder er hovedproblemet knyttet til bergveltene. Tiltak for å redusere avrenningen i betydelig grad vil bli kostbare og må ses i sammenheng med hvilken tilstand man ønsker i Gaula. |
|---|

4 emneord, norske:

1. Kisgruver
2. Bergvelter
3. Gruvevann
4. Gaula

4 emneord, engelske:

1. Pyrite mining
2. Waste dumps
3. Acid mine drainage
4. Gaula River

Prosjektleder:

*Eigil Rune Iversen*  
Eigil Rune Iversen

For administrasjonen

*Svein Stene-Johansen*  
Svein Stene-Johansen

ISBN - 82-577-1367-8

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO

0-87044

KILLINGDAL OG KJØLI GRUVER  
FORURENSNINGSTILFØRSLER TIL GAULA

Oslo, februar 1988

Eigil Rune Iversen

# INNHALDSFORTEGNELSE

Side:

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. SAMMENDRAG</b> .....                         | <b>3</b>  |
| <b>2. INNLEDNING</b> .....                         | <b>4</b>  |
| <b>3. BESKRIVELSE AV OMRÅDENE OG PROGRAM</b> ..... | <b>5</b>  |
| 3.1 Kjøli gruveområde .....                        | 5         |
| 3.2 Killingdal gruver .....                        | 7         |
| <b>4. VURDERING AV ANALYSERESULTATER</b> .....     | <b>10</b> |
| 4.1 Kjøli gruve .....                              | 10        |
| 4.2 Killingdal gruve .....                         | 12        |
| 4.3 Samlet materialtransport til Gaula .....       | 15        |
| <b>5. VURDERING AV TILTAK</b> .....                | <b>17</b> |
| 5.1 Kjøli gruve .....                              | 17        |
| 5.2 Killingdal gruve .....                         | 18        |
| <b>6. LITTERATUR</b> .....                         | <b>22</b> |

## 1. SAMMENDRAG

Avrenningen fra de nedlagte gruveområdene Killingdal og Kjøli bidrar med betydelige tungmetalltilførsler til Gaula.

Tilførslene fra Kjøli har økt en del etter arronderings- og kalkings-tiltaket i 1981. Kjøli gruver bidrar med ca. 70% av kobbertilførslene til Gaula. Killingdal gruver bidrar med nesten 100% av sinktilførslene til Gaula.

Tungmetallavrenningen fra begge områder er hovedsakelig knyttet til avrenning fra bergvelter og tiltak for å redusere belastningen på Gaula bør derfor konsentreres om disse.

Ved Kjøli ligger forholdene best til rette for overdekkingsiltak med sikte på å begrense tilførslen av oksygen og vann inn i veltemassene. Det er nødvendig først å gjøre en utredning av type overdekking og hvilke muligheter som finnes i området m.h.t. egnede masser.

Ved Killingdal bør tiltak ses i sammenheng med sikring av dagskjæringer og videre planer for utnyttning av selve gruva. Dersom overdekkingsiltak velges for de resterende veltemasser, må det foretas en arrondering av veltene, noe som vil føre til økt forurensningsfare. Som for Kjøli bør alternative overdekkingsiltak vurderes både når det gjelder muligheter, egenskaper og kostnader. Alternativt bør det også vurderes hva det vil koste å fjerne veltene helt eller delvis.

Alle tiltak bør vurderes i forhold til hvilken vannkvalitet som er ønskelig i Gaula. Et forhold som må tillegges vekt i forbindelse med en slik totalvurdering, er at med dagens forvittringshastighet i veltene vil avrenningen ha en varighet på ca. 75 år og at den sannsynligvis vil avta betydelig før den tid er gått.

## 2. INNLEDNING

Det vesentligste av tungmetalltilførslene til øvre Gaula kommer fra de to nedlagte gruveområdene Kjøli og Killingdal. Kjøli gruver ble første gang åpnet i 1766 og nedlagt siste gang i 1941. Killingdal gruver ble åpnet første gang i 1677 og nedlagt i 1986.

Avrenningsforholdene ved begge gruveområdene er tidligere undersøket av NIVA. Veltene ved Kjøli gruver ble arrondert og kalket i 1981 og avrenningen herfra har siden vært fulgt opp med et fast måleprogram.

I 1986 ble det vedtatt å igangsette en undersøkelse av hele Gaulavassdraget som et ledd i det statlige program for forurensningsovervåking. Undersøkelsene ble startet sommeren 1986. De pågående undersøkelser ved Kjøli gruver og A/S Killingdal Grubeselskabs eget kontrollprogram er forsøkt samordnet med overvåkingsundersøkelsene i vassdraget.

Denne rapporten gir en vurdering av avrenningsforholdene ved Kjøli og Killingdal gruver ved utgangen av 1987. Undersøkelsen er finansiert av Næringsdepartementet.

Den rutinemessige innsamling av prøver ved Kjøli gruve har vært utført av John K. Bjørgård, Ålen mens Killingdal Grubeselskab har bistått i forbindelse med prøvetakingsopplegget i selve gruveområdet og i øvre Gaula.

### 3. BESKRIVELSE AV OMRÅDENE OG PROGRAM

#### 3.1 Kjøli gruveområde

Kjøli gruve ligger øverst i Gauldalen i Holtålen kommune ca. 4 mil nordøst for Røros. Gruva har vært drevet som en underjordsgruve og avfallsberg, sortert ut ved håndskeiding, er lagt opp i velter utenfor. Veltemassene er relativt rike på kobberholdig svovelkis og har et volum på ialt 80.000 m<sup>3</sup>.

Forurensningstilførslene fra området er lokalisert på to hovedkilder:

1. Drensvann fra velter
2. Gruvevann.

Avrenningen ledes via Storbekken til Gaula helt øverst i vassdraget.

Det ble i 1977/78 funnet at tilførslene fra selve gruva betydde lite for den totale avrenning. Dette er fortsatt riktig. Dessverre er det ikke mulig å måle avrenningen fra veltene direkte. Dette må derfor gjøres indirekte ved å foreta analyse og mengdemåling av den totale avrenning og å ta sporadiske kontrollprøver av gruvevannet.

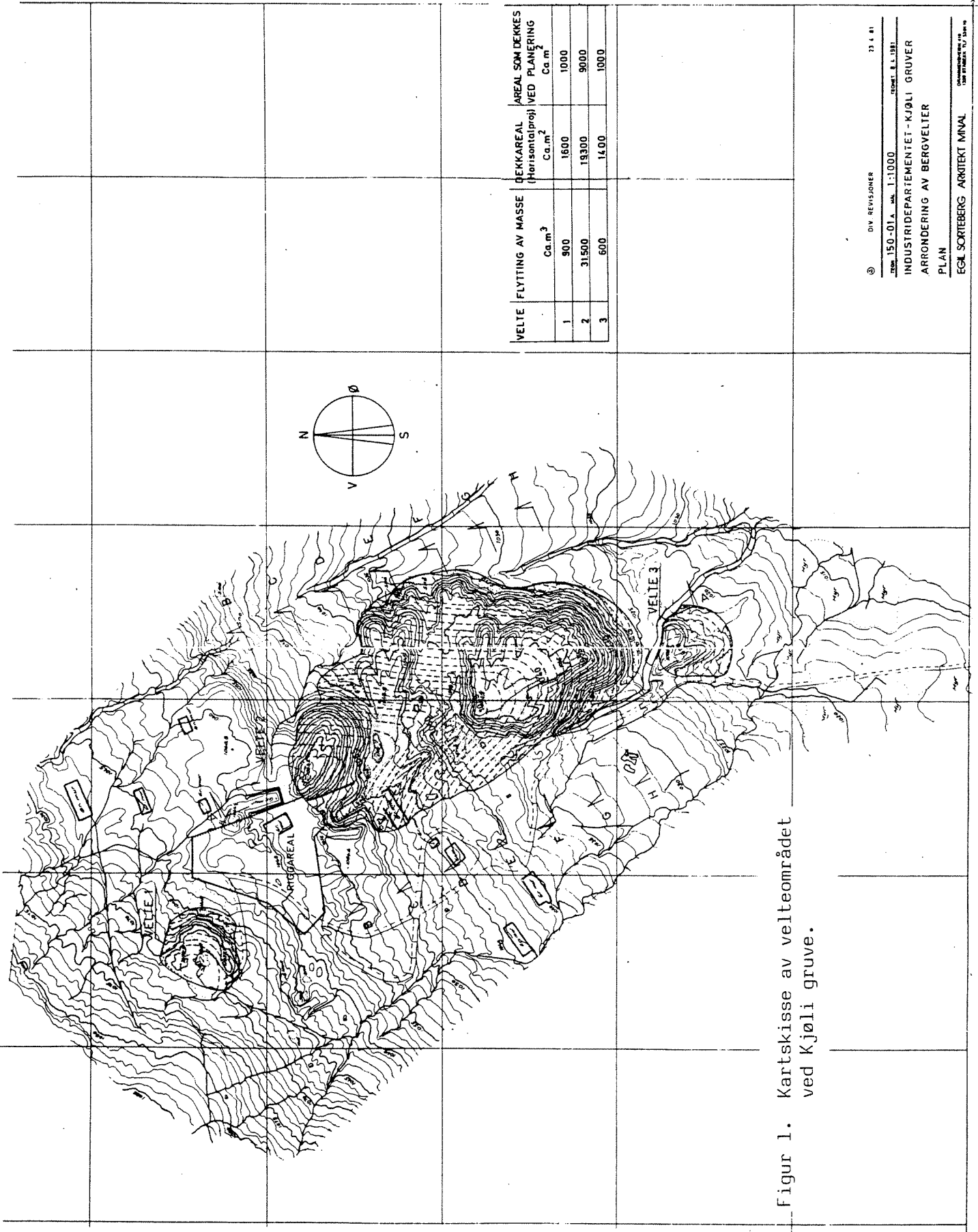
Etter at veltene ble arrondert og kalket i 1981, er avrenningen fra området vært fulgt opp med et fast prøvetakingsprogram. Det er forsøkt tatt månedlige prøver ved måledammen for total avrenning.

Følgende analyseprogram er benyttet:

pH, konduktivitet, kalsium, sulfat, aluminium, jern, kobber, sink og noen spredte analyser på kadmium.

Vannmengden registreres ved å måle overløpshøyden i måleprofilen.

Figur 1 viser en kartskisse over veltene. Det er stort sett bare velte 2 som avgir tungmetaller av betydning. Velte 1 er meget beskjeden og velte 3 består hovedsakelig av uholdig gråberg. Gruvevannet kommer ut av vannstollen mellom velte 2 og 3.



Figur 1. Kartskisse av velteområdet ved Kjøligruben.

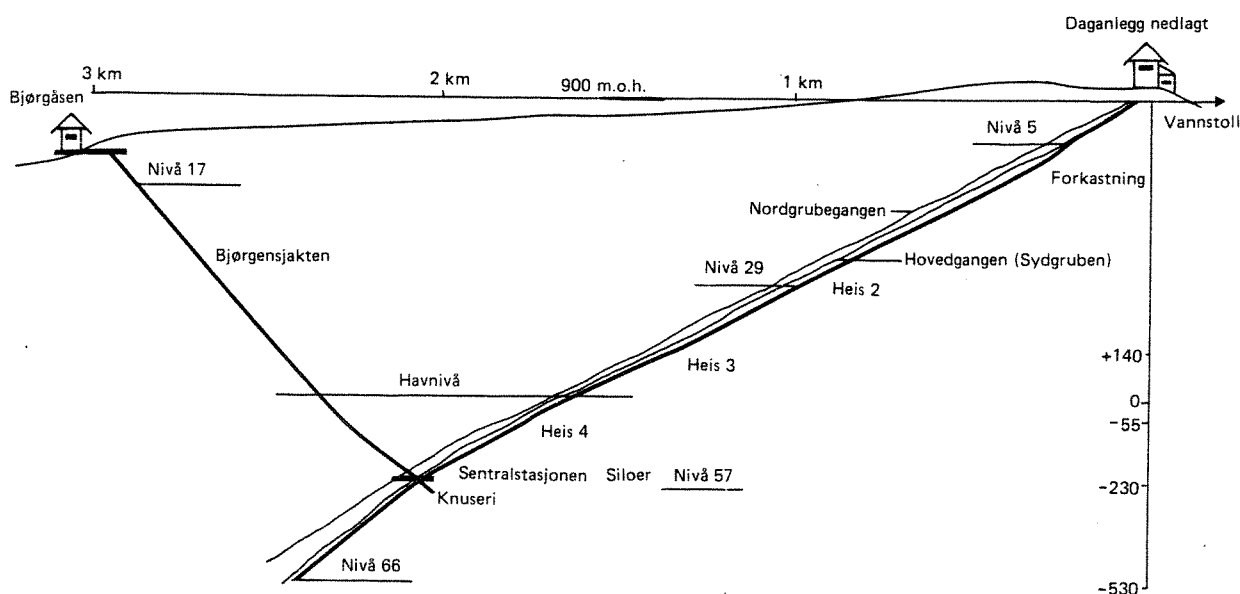
③ DIV. REVISJONER 22.4.81  
 TEGN. 150-01A, MÅL 1:1000  
 TILBUDT. 8.1.1981  
 INDUSTRIEPAKETTET - KJØLIGRUBEN  
 ARRONDERING AV BERGVELTER  
 PLAN  
 EGEL SORTEBERG ARKITEKT MINAL  
 OSLO  
 TELEFON 74 31 00



### 3.2 Killingdal gruver

Killingdal gruve ble åpnet i 1677 og ble i den første tid drevet på kobberholdig svovelkis, men i moderne tid fram til nedleggelsen i 1986 var sinkmalm hovedproduktet.

Figur 2 viser et vertikalsnitt av gruva. Fram til 1965 ble malmen tatt ut på toppen (900 m.o.h) og ført med taubane ned til jernbanen ved Reitan st. Senere ble malmen tatt ut gjennom Bjørgensjakten i Bjørgåsen.



Figur 2. Vertikalsnitt av Killingdal gruve.

Avrenningen fra gruveområdet fører til Gaula, men er delt idet avrenningen fra anleggsområdet i Bjørgåsen drenerer til Skuru som er sideelv til Gaula. Avrenningen fra det gamle gruveområdet på toppen drenerer direkte til Gaula via Gruvebekken.

Denne undersøkelsen omfatter bare avrenningen fra det gamle gruveområdet på toppen da dette betyr mest for forholdene i Gaula. Tilførslene herfra har to hovedkilder:

1. Avrenning fra velter.
2. Gruvevann. Dette renner ut gjennom en vannstoll. Tidligere ble vann pumpet ut. Pumpingen opphørte høsten 1987. Det vann som nå renner ut, kommer hovedsakelig inn i gruva gjennom dagåpningen på toppen.

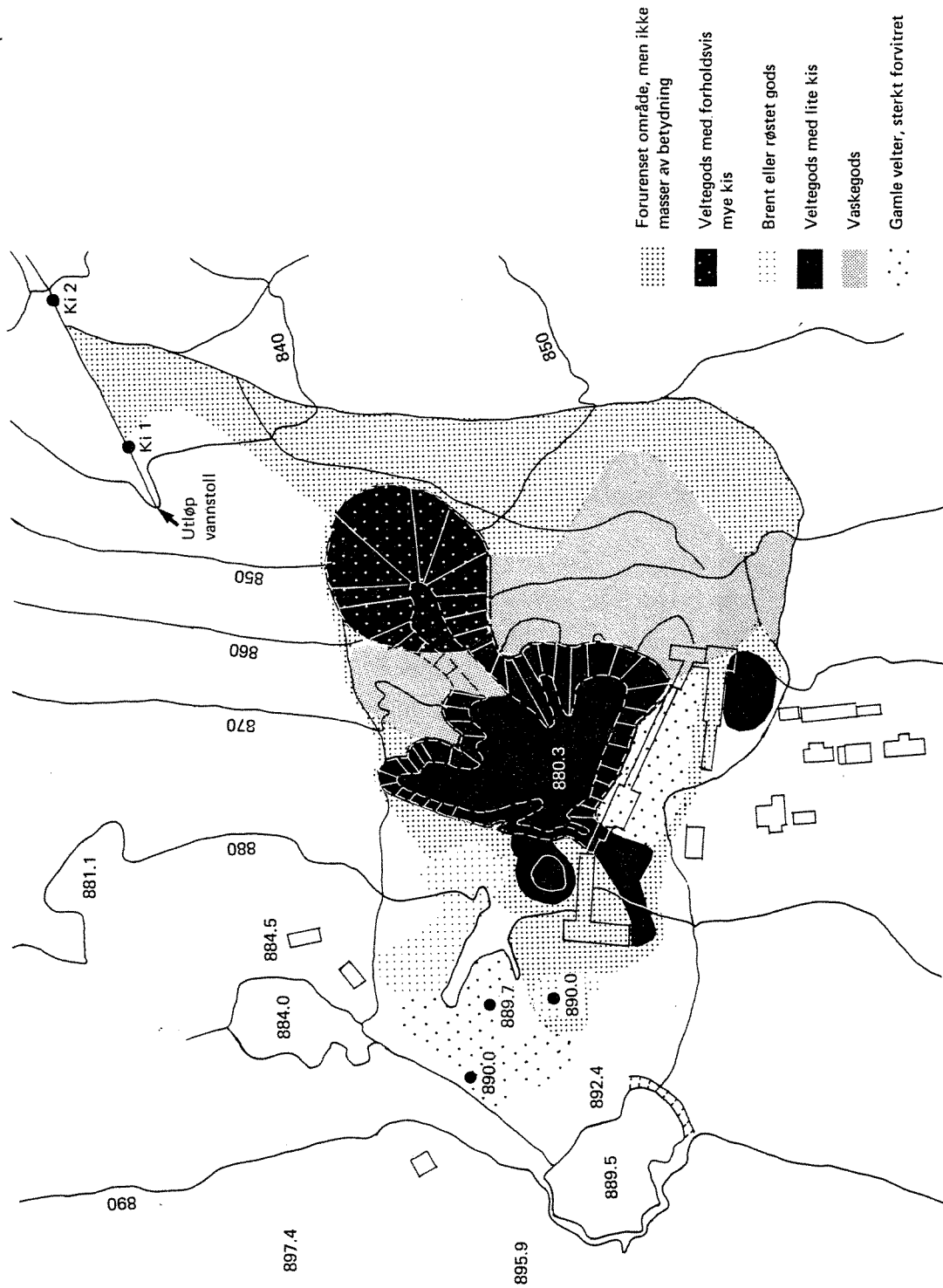
Det er laget måledammer for registrering av vannmengder som kommer ut av gruva (Ki-1) og for samlet avrenning (Ki-2). I tillegg er det tatt prøver av Gruvebekken ved innløpet til Gaula (Ki-4). Det er forsøkt tatt månedlige prøver som er analysert etter følgende parametre: pH, konduktivitet, sulfat, kalsium, magnesium, aluminium, jern, kobber, sink og kadmium. Figur 3 viser en kartskisse av velteområdet der målestasjonene er markert.

Avrenningen i Bjørgåsen, som går til Skuru, er meget diffus og antas å ha følgende hovedkilder:

1. Avrenning fra velte utenfor Bjørgensjakten. Velten består i det vesentlige av uholdig gråberg fra utdriving av sjakten. Sigevannet fra velten bærer preg av at det også foregår forvitring av kismineraler. Dette skyldes trolig at en del malmspill fra transport av kis gjennom sjakten er dumpet her når det fra tid til annen er foretatt en opprydding i sjakten. Velten ble overdekket med kalkstein og jord, og ble gjødslet og tilsådd i 1986.
2. Avrenning fra taubanetraseen. Det har foregått en del spill langs taubanen noe vegetasjonen også bærer preg av.
3. Diffus avrenning fra veier. Det har vært brukt en del kisholdige masser til veiformål i området.
4. Avrenning fra området rundt malmsilo ved jernbanen. Forvitring av malmspill rundt siloen avgir tydelig sur, tungmetallholdig avrenning.

De samlede tilførsler fra området fører til forhøyede tungmetallverdier i Skuru. Disse forhold vil bli behandlet i rapporten for det statlige program for forurensningsovervåking som pågår i Gaula.

Avrenningen fra Bjørgåsensiden er vesentlig mindre enn fra det gamle gruveområdet på toppen.



Figur 3. Bergvelter ved Killingdal gruve med prøvetakssteder.

## 4. VURDERING AV ANALYSERESULTATER

### 4.1 Kjøli gruve

Analyseresultatene for 1986 og 1987 er samlet bak i rapporten. I figur 9 og 10 er gjengitt verdiene for vannføring, pH, kobber og sulfat for alle data fra 1977 til 1987. Enkeltresultater for perioden fram til 1986 er rapportert tidligere.

Erfaringsmessig kan konsentrasjoner og vannføring endre seg mye fra dag til dag, idet det lille nedbørfeltet er følsomt for variasjoner i nedbørforholdene. Som eksempel kan tjene prøver tatt 26.06.87 og 27.06.87 (tabell 5). Av andre forhold som spiller inn, kan også nevnes snømengder og klima. Typisk for variasjonsmønsteret er årene 1986 og 1987. Vinteren 1986 var det lite snø på veltene og det ble tidlig bart. Dette førte til liten utvasking av forvittringsprodukter. Høsten 1986 var imidlertid mild og med en del nedbør noe som førte til at materialtransporten senhøstes var unormalt stor. Vinteren 1987 var det mye snø som lå lenge på veltene. Utvaskingen var følgelig stor under smelteperioden. Høsten 1987 fulgte et mer normalt forløp og utvaskingen avtok raskt etter som frosten inntrådte.

Det prøvetakingsprogrammet som er benyttet, er forholdsvis beskjedent av omfang og har kun hatt som målsetting å gi en grov vurdering av effektene av kalkings- og arronderingstiltaket i 1981. Det er derfor nødvendig å samle datamateriale over flere år for å få et best mulig bilde av effektene av tiltaket. I tabell 1 er ført opp middelveier for samlet avrenning fra Kjøli og i tabell 2 er beregnet gjennomsnittlig årlig avrenning for en del komponenter. Figur 4 viser hvordan de momentane materialtransportverdier for kobber varierer. I figuren er også inntegnet middelveien for hvert år.

Resultatene ved utgangen av 1987 viser at kobbertransporten fra området er av størrelsesorden ca. 4 ganger høyere enn før tiltaket. Selv om variasjonene fra år til år kan være betydelige, ser det i øyeblikket ut som om avrenningen fra området er i ferd med å stabilisere seg, men på et høyere nivå enn før tiltaket.

Et sannsynlig forløp for den videre utvikling i området er at tungmetalltransporten i løpet av en del år vil avta gradvis mot det opprinnelige nivå, men at de årlige variasjoner fortsatt vil være betydelige:

```

=====
NIVA *
MILTEK *
PROSJEKT: 81071 *
DATO: 16 FEB 88 *
TABELL NR.: 1
KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.
STASJON: OVERLØP MALEDAM KJØLI ARLIGE MIDDELVERDIER
=====

```

| DATO/OBS.NR. | PH   | KOND<br>MS/M | CA<br>MG/L | SO4<br>MG/L | AL<br>MG/L | FE<br>MG/L | CU<br>MG/L | ZN<br>MG/L | VANNF<br>L/S |
|--------------|------|--------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 1977/78      | 2.96 | 97.7         |            | 355         |            | 66.3       | 7.25       | 0.41       | 18.3         |
| 1981         | 2.86 | 136.         | 8.20       | 562         |            | 104.       | 11.0       | 0.38       | 14.1         |
| 1982         | 2.82 | 168.         | 18.8       | 911         |            | 157.       | 13.0       | 0.68       | 14.0         |
| 1983         | 2.79 | 203.         | 23.1       | 1807        |            | 282.       | 24.8       | 1.06       | 14.0         |
| 1984         | 2.74 | 198.         | 26.7       | 1355        | 78.1       | 217.       | 22.2       | 0.92       | 18.7         |
| 1985         | 2.66 | 268.         | 45.0       | 2133        | 132.       | 366.       | 45.5       | 1.29       | 16.3         |
| 1986         | 2.79 | 194.         | 29.7       | 1315        | 74.6       | 218.       | 23.1       | 0.73       | 13.9         |
| 1987         | 2.74 | 241.         | 34.8       | 2018        | 87.8       | 309.       | 32.7       | 0.93       | 20.3         |

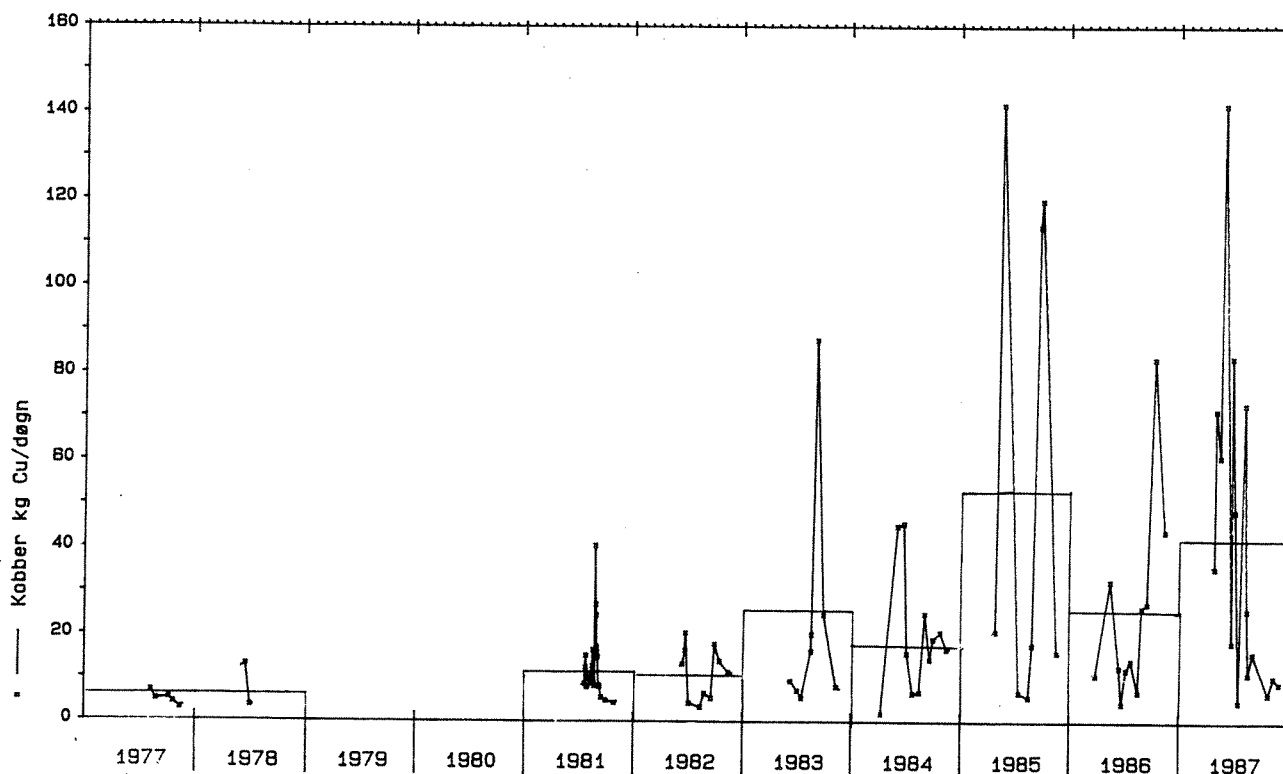
```

=====
NIVA *
MILTEK *
PROSJEKT: 81071 *
DATO: 17 FEB 88 *
TABELL NR.: 2
KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.
STASJON: GJENNOMSNITTLIG MATERIALTRANSPORT KJØLI GRUVE
=====

```

| AR      | CA<br>T/Ar | SO4<br>T/Ar | AL<br>T/Ar | FE<br>T/Ar | CU<br>T/Ar | ZN<br>T/Ar |
|---------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| 1977/78 | 1.98       | 198         |            | 38.2       | 4.2        | 0.24       |
| 1981    | 3.65       | 250         |            | 46.3       | 4.9        | 0.17       |
| 1982    | 8.29       | 402         |            | 69.2       | 5.7        | 0.30       |
| 1983    | 10.2       | 797         |            | 124.       | 10.9       | 0.47       |
| 1984    | 15.7       | 799         |            | 128.       | 13.1       | 0.54       |
| 1985    | 23.1       | 1100        |            | 188.       | 23.4       | 0.66       |
| 1986    | 11.2       | 515         | 29.6       | 91.3       | 9.3        | 0.29       |
| 1987    | 15.7       | 917         | 42.3       | 147.       | 15.0       | 0.42       |

Figur 4. KJØLI GRUVE  
Momentane materialtransportverdier



Tiltaket som ble gjennomført i 1981, var et forsøk for å se om det var mulig med relativt beskjedne midler som kalk, å redusere tungmetallutløsningen. Anvendt kalkdose var beregnet å ha en varighet på ett år. Det var forutsatt en fornyet kalking dersom effekten ble positiv. Arronderingen som ble gjennomført vil komme til nytte ved eventuelle senere tiltak.

Når det ikke kan påvises noen forbedret vannkvalitet etter tiltaket, har det sannsynligvis sin årsak i at det har vist seg meget vanskelig å få en effektiv utnyttelse av kalken. Den greier ikke å nå fram til kisooverflatene der forvitringen foregår, i tilstrekkelig grad. Veltegodset er dessuten sterkt forvitret og kisooverflatenes areal er følgende meget stort. Erfaringen fra arronderingen viser også at det kan medføre stor fare for økt forvitring og ukontrollert utvasking ved masseforflyttinger. Det bør derfor foretas behandling av sigevann fra områder der det foretas graving i eller forflytting av slike masser.

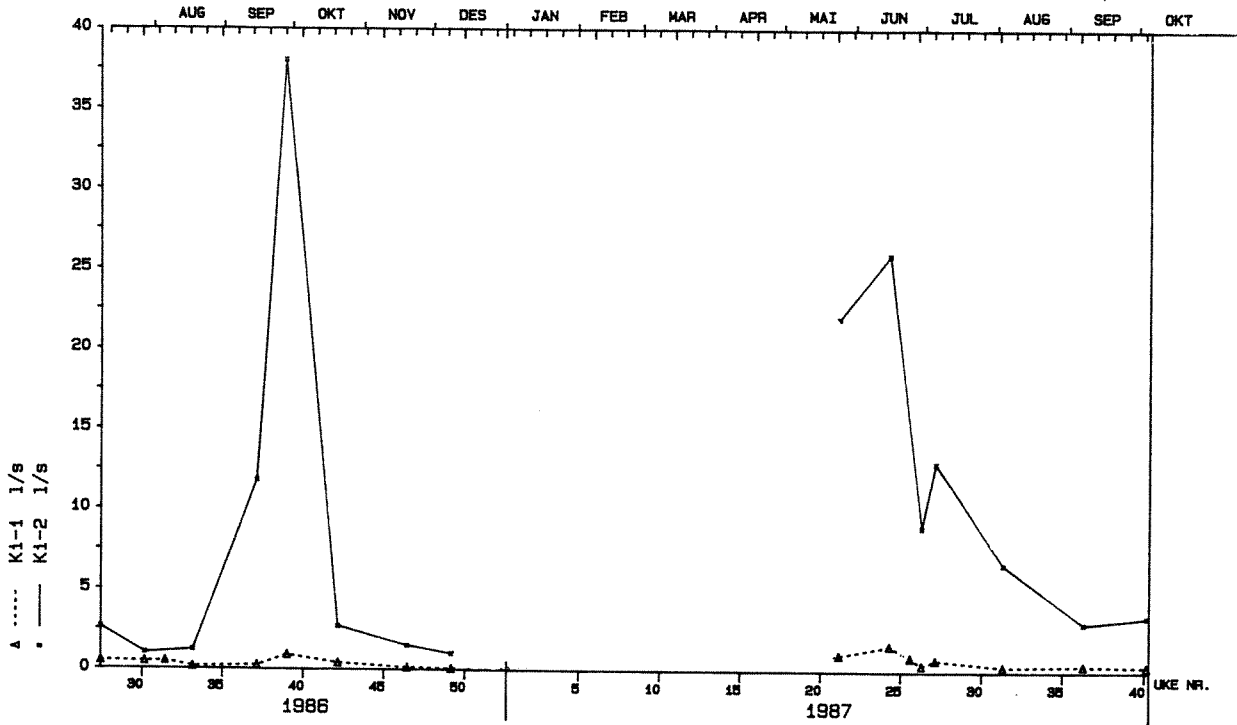
#### 4.2 Killingdal gruve

Tabell 11, 12 og 15 bak i rapporten gir en oversikt over analyseresultatene for stasjon Ki-1 Utløp vannstoll, Ki-2 Samlet avrenning og Ki-4 Gruvebekken ved innløp i Gaula.

Resultatene viser som ved Kjøli betydelig variasjoner i løpet av måleperioden, avhengig av nedbør og klima. Høsten 1986 var relativt nedbørfattig og mild, og det var mulig å foreta prøvetaking helt til desember. Ved årsskiftet 86/87 ble det kraftig kulde og mye snø, så mye at det ikke var mulig å finne igjen måledammen før i månedsskiftet mai/juni. Da var vårflommen allerede godt igang. Prøvetaking i begynnelsen av mai måtte oppgis da det var umulig å ta representative prøver. Det viste seg at mye av smeltevannet rant utenom måledammene og oppå flere islag nedover i snømassene. Resultatene viser forøvrig at det vann som kommer ut av gruva er betydelig mer konsentrert enn overflateavrenningen. Da gruva var i drift, ble det samlet opp sigevann på nivå 29 lenger ned i gruva. Dette vannet ble pumpet ut gjennom vannstollen. Prøve tatt 07.08.86 (tabell 16) er tatt under en slik episode og resultatene viser at slikt vann er betydelig mer konsentrert enn det vann som normalt renner ut av vannstollen. All pumping av vann fra gruva ble stanset 28.10.86. Det må også bemerkes at ved den 13.02.87 ble prøver tatt inne i gruva og vannføringen ut av stollen var ubetydelig.

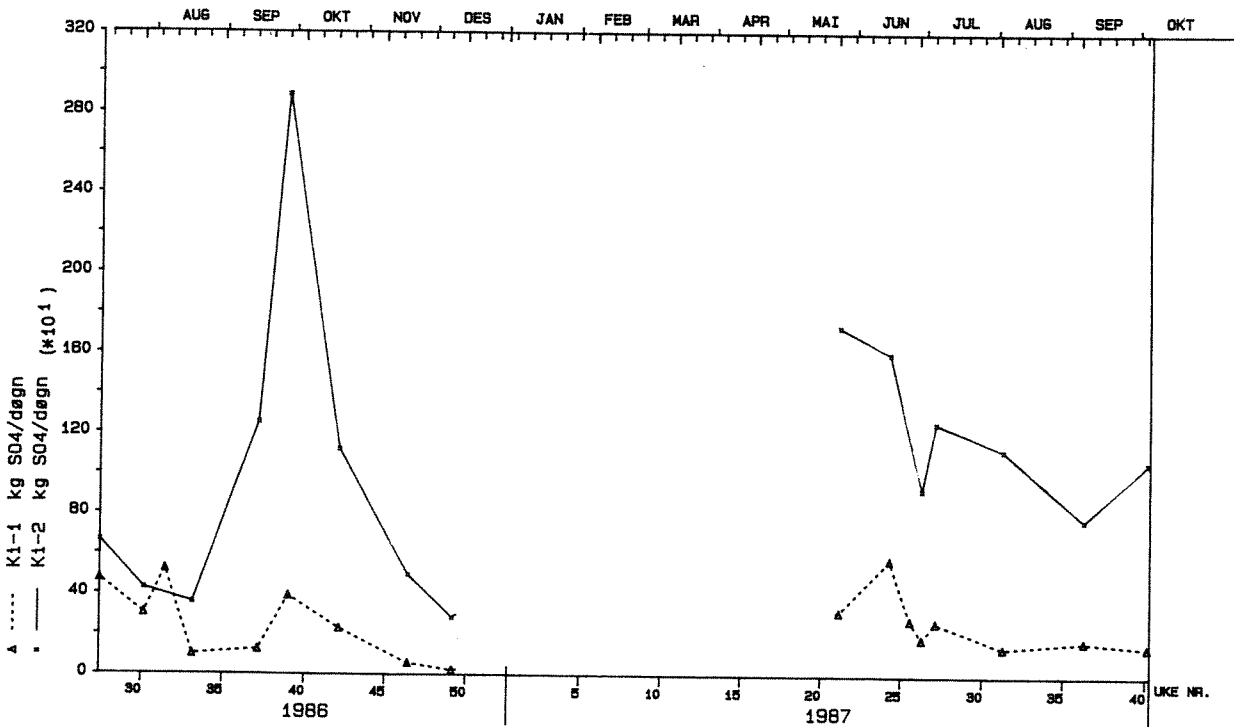
Figur 5. KILLINGDAL GRUVE

Vannføring Ki-1 Utløp vannstoll og Ki-2 Samlet avrenning

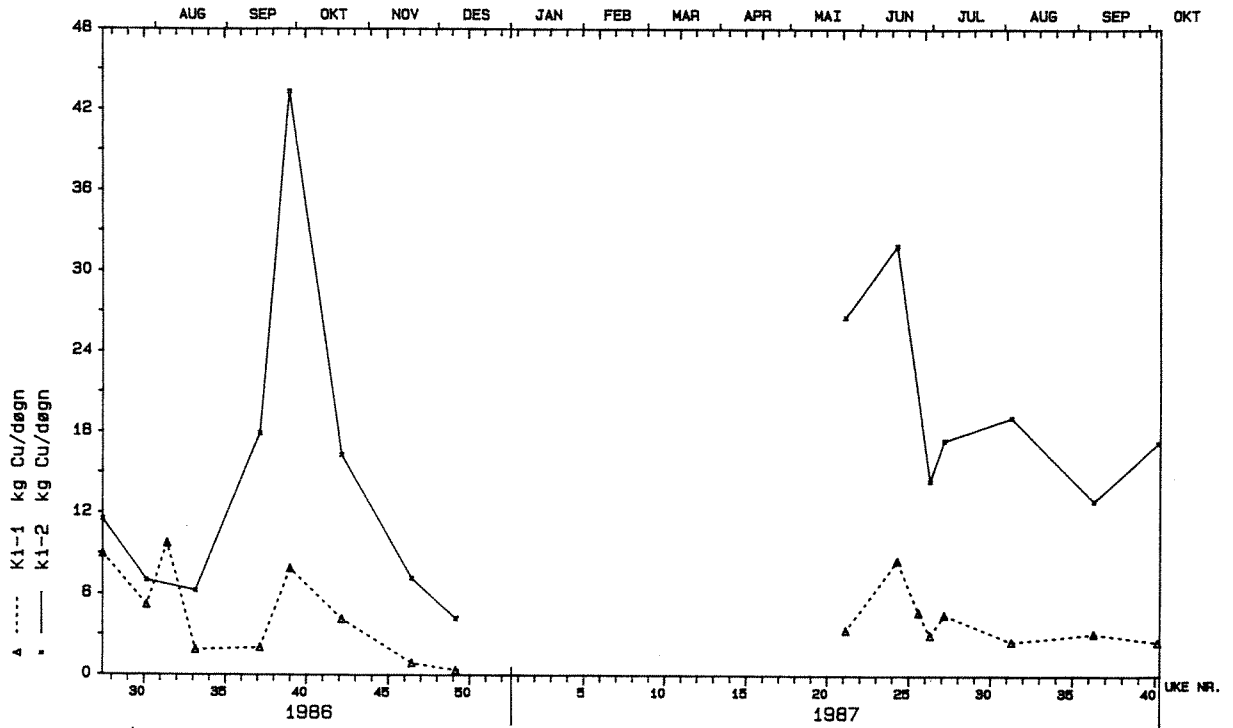


Figur 6. MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER - SULFAT

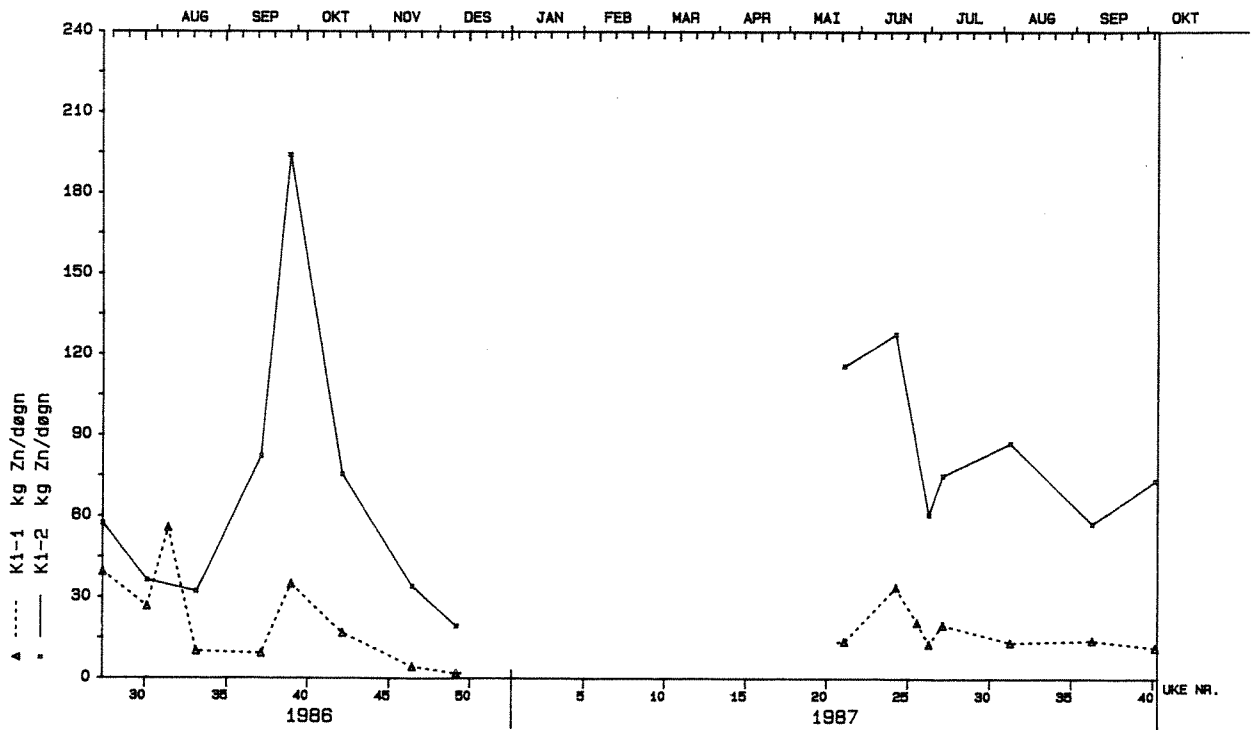
Ki-1 Utløp vannstoll og Ki-2 Samlet avrenning



Figur 7. MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER - KOBBER  
 Ki-1 Utløp vannstoll og Ki-2 samlet avrenning



Figur 8. MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER - SINK  
 Ki-1 Utløp vannstoll og Ki-2 Samlet avrenning





I tabell 3 er det gjort en sammenligning av noen aktuelle middelveier for måleperioden 1977/78 og perioden 1986/87 for stasjonene Ki-1 og Ki-2. Resultatene viser at det har vært forholdsvis små endringer i vannkvaliteten i denne perioden. En del tiltak for å begrense tilrenningen av overflatevann til velteområdet ble avsluttet i 1987. Eventuelle effekter av dette kan derfor ikke vurderes i denne undersøkelsen. Eventuelle positive effekter antas likevel å være marginale.

I figurene 6 - 8 er det presentert momentane materialtransportverdier for kobber, sink og sulfat. Resultatene viser at overflateavrenningen betyr mest for den totale årsavrenning fra området, men i tørre perioder med liten avrenning kan tilførslene fra gruva bety relativt mye.

I tabell 3 er gjort en beregning av midlere årlig materialtransport for aktuelle komponenter for perioden 1977/78 og 1986/87.

Tabell 3. Gjennomsnittlig materialtransport. Killingdal gruve.

| ÅR               | Kobber<br>t/år | Sink<br>t/år | Jern<br>t/år | Kadmium<br>kg/år | Sulfat<br>t/år |
|------------------|----------------|--------------|--------------|------------------|----------------|
| Gruvevann 77/78* | 1,4            | 14           | 14           | -                | 87             |
| Gruvevann 86/87  | 1,6            | 7,3          | 21,3         | 22,4             | 92,7           |
| Totalt 77/78     | 3,7            | 25           | 79           | -                | 238            |
| Totalt 86/87     | 6,2            | 27,5         | 82,5         | 79,2             | 390            |

\* Naturlig drenering + pumping.

#### 4.3 Samlet materialtransport til Gaula

Undersøkelsene som ble foretatt i 1977/78 viste at kobbertilførslene til Gaula var likt fordelt mellom Kjøli og Killingdal gruver. Sinktransporten derimot kom praktisk talt i sin helhet fra Killingdal.

I tabell 4 er gjort beregninger av årlig materialtransport av de viktigste komponenter i avrenningen fra Kjøli og Killingdal. Det er samtidig gjort en sammenligning mellom resultater for måleperioden 1977/78 og 1987.

Tabell 4. Årlig materialtransport til Gaula.

|           |         | Kjøli |     | Killingdal |      | Totalt |     |
|-----------|---------|-------|-----|------------|------|--------|-----|
|           |         | t/år  | %   | t/år       | %    | t/år   | %   |
| Kobber    | 1977/78 | 4,2   | 53  | 3,7        | 47   | 7,9    | 100 |
|           | 1987    | 15,0  | 70  | 6,2        | 30   | 21,0   | 100 |
| Sink      | 1977/78 | 0,24  | 1   | 25         | 99   | 25,2   | 100 |
|           | 1987    | 0,42  | 1,5 | 27,5       | 98,5 | 27,9   | 100 |
| Jern      | 1977/78 | 38,2  | 32  | 79         | 68   | 117    | 100 |
|           | 1987    | 147   | 64  | 82,5       | 36   | 230    | 100 |
| Sulfat    | 1977/78 | 198   | 45  | 238        | 55   | 436    | 100 |
|           | 1987    | 917   | 70  | 390        | 30   | 1307   | 100 |
| Aluminium | 1987    | 42,3  | 81  | 10,0       | 19   | 52,3   | 100 |

Resultatene viser at avrenningen fra Kjøli i 1987 betyr vesentlig mer i forhold til de totale tilførsler til Gaula sammenlignet med situasjonen for 10 år siden. Herfra må untas sink der Killingdal fortsatt bidrar med nesten hele sinktilførselen til Gaula.

For tiden bidrar Kjøli med ca. 70 % av de totale kobbertilførsler til Gaula. Tallet er sannsynligvis noe mindre da det ikke er tatt hensyn til avrenningen fra gruveområdet i Bjørgåsen via Skuru til Gaula.

Veltemassene på Killingdal er anslått til å inneholde ca. 500 tonn kobber (avsnitt 5.2).

På Kjøli er det ca. 200.000 tonn veltemasser. Det er ikke foretatt undersøkelser av gehaltene, men hvis vi anslår kobberinnholdet til 0,5%, inneholder veltene anslagsvis 1000 tonn kobber.

Med dagens forvittringshastigheter vil f.eks. kobbertransporten fra Kjøli og Killingdal ha en teoretisk varighet på henholdsvis 66 og 83 år eller på ca. 75 år i gjennomsnitt for begge områder. I praksis vil materialtransporten fra områdene sannsynligvis avta betydelig i de nærmeste 10-år for deretter å avta mot et vesentlig lavere nivå enn idag. Dette nivå kan ha en varighet på flere hundre år.

Disse forhold må tillegges vekt ved vurdering av eventuelle tiltak.

## 5. VURDERING AV TILTAK

### 5.1 Kjøli gruve

Ved Kjøli gruve ble det gjennomført et arronderings- og kalkingstiltak i 1981. I 1984 ble det avskjærende grøftesystem rundt området forbedret og grøften som leder bort vann som kommer ut av vannstollen, ble gjort dypere for å forhindre at gruvevann trenger inn i veltemassene. Videre tiltak bør utnytte de muligheter som foreligger etter at veltemassene allerede er arrondert og komprimert. Det faller derfor mest naturlig å foreta en eller annen form for overdekking. Vi vil her skissere en del alternativer:

#### 1. Overdekking med masser

Overdekking med masser som tar sikte på å forhindre tilførselen av oksygen og vann ned til veltemassene vil bli meget kostbar. Det må i tillegg bygges god vei opp til området. En overdekking med et mer beskjedent lag med morenegrus og tilsåing kan kanskje redusere materialtransporten noe, men effektene i Gaula vil trolig bli marginale.

#### 2. Overdekking med folie

Dette tiltak bør vurderes. Det bør også vurderes forskjellige folietyper med kostnader og egenskaper. Av estetiske årsaker og av hensyn til påvirkning av klima og av dyretråkk må folien overdekkes og eventuelt tilsås.

#### 3. Overdekking med bark/flis

En har ingen erfaring med et slik tiltak. Noen av effektene kan skisseres:

- 1) Bark/flis er oksygenforbrukende og kan redusere transport av oksygen ned i velten.
- 2) Et slikt lag vil også holde på vannet.
- 3) Laget vil virke isolerende og det kan være mulig å etablere frost i velten noe som også kan ha en positiv effekt.
- 4) Laget vil ikke være så sårbart for skader p.g.a ytre påvirkninger som f.eks. dyretråkk.

Et slik lag må beskyttes med en egnet duk for å forhindre at vinden fjerner det. En overdekking med egnet materiale og tilsåing bør også foretas.

Det bør foretas undersøkelse om det finnes tilgjengelige bark eller flismengder i rimelig avstand og en vurdering av hvilken tykkelse som laget bør ha.

Selv om eventuelt tilførselene fra velten kan reduseres, vil det være meget vanskelig å gjøre noe med gruvevannet. En gjenstøpning av vannstollen er tidligere vurdert å gi marginal effekt. En ytterligere vannfylling av gruva vil bl.a. bli vanskeliggjort av et rasområde som går opp i dagen.

## 5.2 Killingdal gruve

Tiltak ved Killingdal gruve er avhengig av flere forhold. Et av forholdene er hvilken målsetting man har med Gaula. Den kommende overvåkingsrapporten vil gi informasjon om tilstanden i Gaula som kan danne grunnlag for slike vurderinger. Et annet viktig forhold er om man ønsker å bruke gruva til noe.

I øyeblikket ser det ut som det er interesser i å bruke gruva til andre aktiviteter. Tiltak som tar sikte på å fylle gruva med veltemas-ser synes derfor i øyeblikket uaktuelt.

Når det gjelder gruvevannet er situasjonen følgende:

1. Det som renner ut av vannstollen er sig fra dagåpningene og fjellet ovenfor vannstollen (tidligere kalt naturlig avrenning).
2. Inntil 28.10.86 ble det pumpet vann daglig fra nivå 5. Da ble pumpen stoppet. Vannet renner nå videre ned til nivå 29. Pumping fra dette nivå ble stanset 03.09.86. Fra nivå 29 renner vannet videre ned i en plastledning ned til sentralstasjonen, nivå 57, og videre ned strossene til nivå 62, ut i synk V og ned i synkbotnen, nivå 66. Det er montert ventilasjonsutstyr slik at vannstandsni-vået ved nivå 65 kan kontrolleres.
3. Det pumpes fra nivå 17 i Bjørgensjakta. Det er foretatt tiltak på overflaten for å redusere tilrenningen til Bjørgensjakta.
4. Slik ventilasjonsforholdene og fordampningen er i gruva idag er det mulig at gruva ikke fylles med vann. Dette forhold vil bli videre fulgt opp.

Dersom det ikke blir noen aktiviteter i gruva, vil det være aktuelt å vurdere hvilke muligheter man har for å hindre at gruvevann tilføres vassdraget. En del aktuelle betraktninger vil være:

1. En vannfylling over Bjørgensjaktas nivå vil være risikabel. Dagåpningen på gammelgruva ligger 200 m høyere enn åpningen på Bjørgensjakta og et slikt vanntrykk kan presse forurenset vann ut av de sprekksoner som grunnvannet trenger inn i gruva gjennom.
2. Ut fra det en idag kjenner til fordampning og tilsig til gruva vil fyllingstiden teoretisk bli 180 - 270 år. Tiden kan forlenges betydelig ved f.eks. å tette dagskjæringene.
3. Dersom vannstollen tettes, vil gruva fylles hurtigere. Hvor raskt vil avhenge av hvor godt dagskjæringene blir tettet.

Tiltak for å redusere avrenningen fra veltemassene vil ha mest å si for forholdene i Gaula.

Killingdal Gruber har foretatt prøveboring i veltene og angitt et grovt anslag over type gods, mengder og gehalter. På figur 3 er tegnet inn hva veltene grovt består av. Følgende forenklete tall er beregnet:

|                                     | Volum<br>m <sup>3</sup> | Cu<br>% | Zn<br>% | Fe<br>% | S<br>% |
|-------------------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|--------|
| Gammelt, forvitrent gods, vaskegods | 41.000                  | 0,25    | 0,20    | 17      | 17     |
| Velter med lite kis                 | 53.600                  | 0       | 0       | 0       | 0      |
| Velter med mye kis                  | 26.100                  | 0,86    | 2,6     | 16      | 16     |
| Kaldrøstet gods                     | 1.000                   | 0,4     | 1,2     | 30      | 6      |
| Sum                                 | 121.700                 |         |         |         |        |

Tallene er svært usikre, men er likevel tilstrekkelige for å gi et bilde av hvilke mengder det dreier seg om.

Veltene antas å inneholde omkring 500 tonn kobber og noe mindre sink.

En del alternative tiltak for å redusere avrenningen fra veltene kan kort skisseres:

## 1. Bortkjøring av veltene

Veltene må fraktes til et egnet sted for deponering under vann. Tiltaket vil bli meget kostbart. Veien opp til området må forbedres. Nærmeste sted, hvor det fra før ligger avfallsmasser deponert under vann, er Orvsjøen ved Røros.

Aktiviteten vil medføre stor forurensningsfare og sikringstiltak for å beskytte Gaula må gjennomføres.

## 2. Gjentetting av dagskjæringer

Ca. 15.000 m<sup>3</sup> av veltene kan brukes til å tette igjen dagåpningene. Avrenningen fra disse masser vil gå ned i gruva.

To alternativer må tas stilling til:

### A. Gjentetting med uholdige masser

- Dette vil medføre minst forurensningsfare under flytteperioden.
- Avrenning fra massene etter flytting vil også være mindre enn alternativ B som vil kreve ytterligere tiltak.
- Tiltaket vil redusere vanntilsig til gruva og følgelig redusere tilførslene fra vannstollen, men vil ikke ha noen effekt av betydning på den totale avrenning.
- Ytterligere tiltak på de gjenværende masser vil være nødvendig.

### B. Gjentetting med kisrike masser

- Den totale avrenning fra området kan reduseres, men krever at massene i dagskjæringerne overdekkes eventuelt med folie for å forhindre økt utvasking. Folien bør beskyttes med overdekkingsmasser.
- Godset bør iblandes kalk eller kalkstein.
- Graving i kisrike masser vil medføre økt forurensningsfare og beredskapstiltak må iverksettes.
- Det vil fortsatt være betydelige kisholdige masser igjen som vil kreve tiltak for å redusere belastningen på Gaula.

### 3. Overdekking av veltene

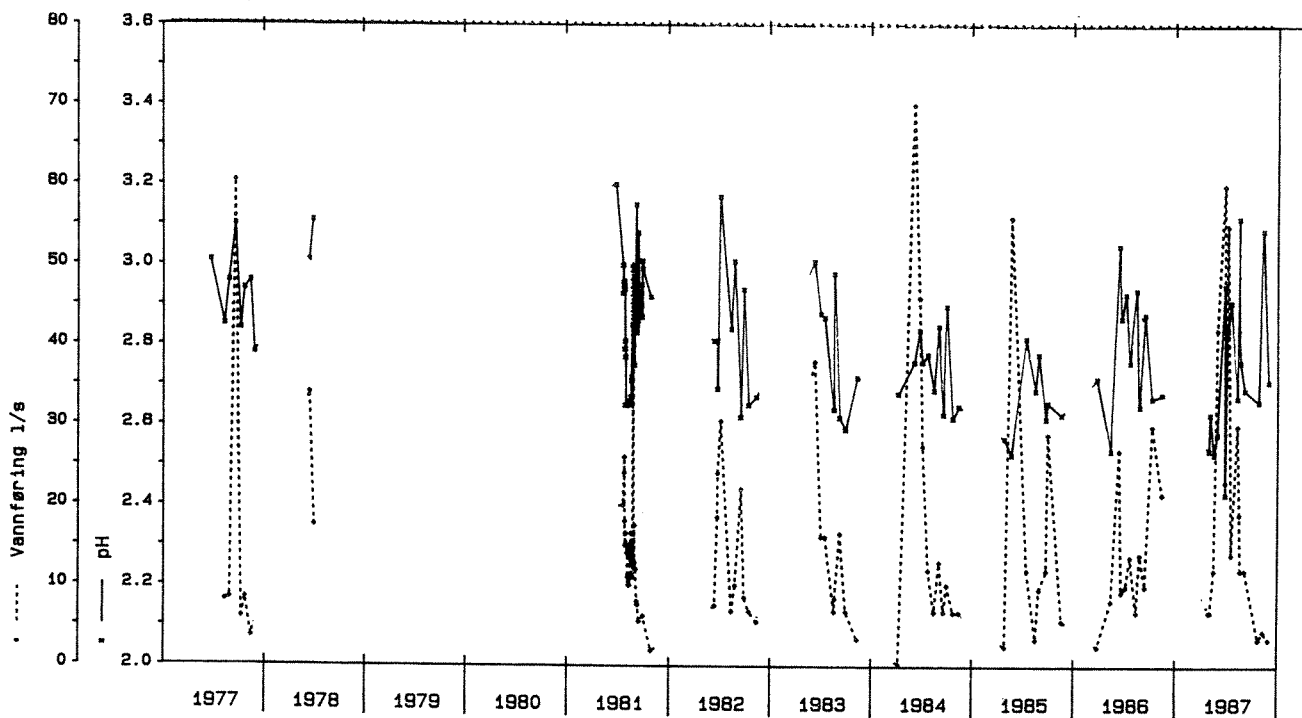
Her vil vurderingene bli de samme som for veltene på Kjøli. Det vil trolig være nødvendig å foreta en arrondering som på Kjøli før tiltak iverksettes. Formen på veltene vil avhenge noe av hvilken type overdekking man tenker seg. Det vil også være mulig med en delvis overdekking med f.eks. folie. Et slikt tiltak vil ikke redusere forvitringen av betydning, men kan forhindre utvasking av forvittringsproduktene.

## 6. LITTERATUR

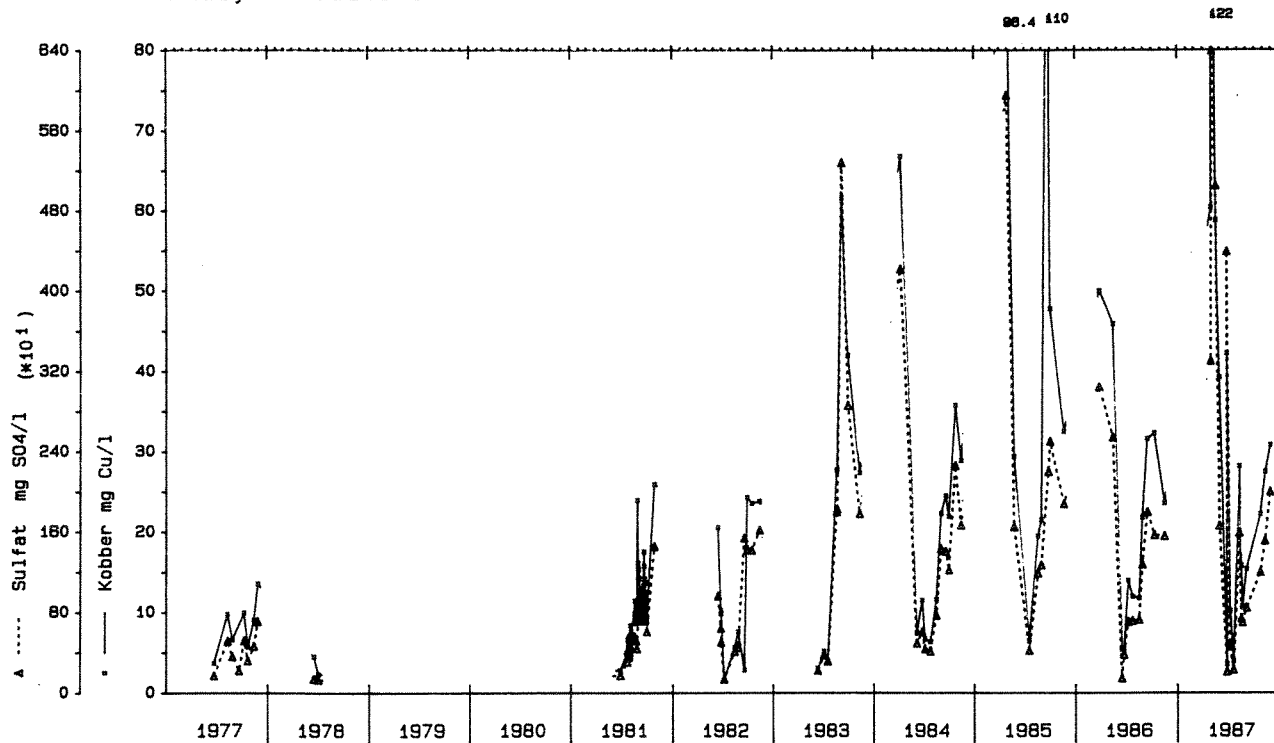
- (1) Arnesen, R.T., Grande, M., Tjomsland, T.: Vannforurensning fra gruver - Killingdal. Norsk institutt for vannforskning 1979. 0-77061.
- (2) Arnesen, R.T., Grande, M., Tjomsland, T.: Vannforurensning fra gruver - Røstvangen og Kjøli. Norsk institutt for vannforskning 1979. 0-77061.
- (3) Iversen, E.: Arrondering og kalking av bergvelter ved Kjøli gruver. Norsk institutt for vannforskning 1986. 0-81071.
- (4) Traaen, T. et al.: Tiltaksorientert overvåking i Gaula, Sør-Trøndelag, 1986. Overvåkingsrapport 285/87. Norsk institutt for vannforskning 1987, 2024, 0-8000238.
- (5) Aasgaard, G.: Gruber og skjerp i kisdraget Øvre Guldal - Tydal. Norges Geologiske Undersøkelse Nr. 129. Oslo 1927.



Figur 9. KJØLI GRUVE  
Analyseresultater



Figur 10. KJØLI GRUVE  
Analyseresultater



| =====  |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
|--|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|--|
| * NIVA   |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
| * * * * * TABELL NR.: 5                        |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
| * * * * * MILTEK                               |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
| * * * * * KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA 1987     |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
| * * * * * PROSJEKT: 81071                      |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
| * * * * * STASJON: OVERLØP MALEDAM KJØLLIGRUVA |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
| * * * * * DATO: 16 FEB 88                      |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
| =====  |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
| DATE/OBS.NR.                                   | PH    | KOND | SO4   | CA   | MG   | AL   | FE    | CU   | ZN    | CD    | VANNF |  |
|  |       | MS/M | MG/L  | MG/L | MG/L | MG/L | MG/L  | MG/L | MG/L  | MIK/L | L/S   |  |
| 870501   | 2.54  | 362. | 3300  | 42.8 |      |      | 557.  | 60.4 | 1.63  |       | 6.8   |  |
| 870505   | 2.63  | 553. | 6390  | 98.0 |      | 371. | 1060. | 122. | 3.67  | 10.5  | 6.8   |  |
| 870519   | 2.53  | 432. | 5050  | 69.0 |      | 157. | 607.  | 58.8 | 1.54  |       | 12.0  |  |
| 870531   | 2.58  | 242. | 1660  | 27.1 | 54.0 | 99.0 | 386.  | 39.2 | 1.06  |       | 42.0  |  |
| 870626   | 2.95  | 63.6 | 209   | 5.00 |      | 8.81 | 35.1  | 3.54 | 0.10  |       | 60.0  |  |
| 870627   | 2.43  | 439. | 4390  | 61.0 |      | 130. | 455.  | 42.2 | 1.11  |       | 23.0  |  |
| 870707   | 2.84  | 113. | 459   | 10.6 |      | 27.5 | 101.  | 10.2 | 0.37  |       | 55.0  |  |
| 870719   | 2.91  | 68.5 | 227   | 5.20 |      | 11.5 | 30.8  | 3.93 | 0.11  |       | 14.0  |  |
| 870809   | 2.67  | 236. | 1590  | 30.6 |      | 79.0 | 278.  | 28.2 | 0.73  |       | 30.0  |  |
| 870816   | 3.12  | 125. | 740   | 20.5 |      | 47.4 | 153.  | 15.8 | 0.46  |       | 19.0  |  |
| 870820   | 2.76  | 149. | 700   | 17.9 |      | 34.2 | 105.  | 10.8 | 0.31  | 0.65  | 12.0  |  |
| 870904   | 2.69  | 181. | 846   | 19.6 |      | 45.6 | 138.  | 15.4 | 0.47  |       | 12.0  |  |
| 871024   | 2.66  | 213. | 1200  | 29.5 |      | 58.0 | 200.  | 22.2 | 0.65  |       | 3.4   |  |
| 871110   | 3.09  | 181. | 1510  | 36.0 | 60.0 | 71.0 | 248.  | 27.5 | 0.80  |       | 4.4   |  |
| 871129   | 2.71  | 256. | 2000  | 49.2 |      | 90.0 | 279.  | 30.8 | 0.97  |       | 3.4   |  |
| =====  |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |
| ANTALL   | 15    | 15   | 15    | 15   | 2    | 14   | 15    | 15   | 15    | 2     | 15    |  |
| MINSTE   | 2.43  | 63.6 | 209.  | 5.00 | 54.0 | 8.81 | 30.8  | 3.54 | 0.100 | 0.650 | 3.40  |  |
| STØRSTE  | 3.12  | 553. | 6390. | 98.0 | 60.0 | 371. | 1060. | 122. | 3.67  | 10.5  | 60.0  |  |
| BREDDE   | 0.690 | 489. | 6181. | 93.0 | 6.00 | 362. | 1029. | 118. | 3.57  | 9.85  | 56.6  |  |
| GJ.SNITT                                       | 2.74  | 241. | 2018. | 34.8 | 57.0 | 87.8 | 309.  | 32.7 | 0.932 | 5.58  | 20.3  |  |
| STD.AVVIK                                      | 0.204 | 145. | 1899. | 25.8 |      | 92.0 | 274.  | 30.4 | 0.888 |       | 18.5  |  |
| =====  |       |      |       |      |      |      |       |      |       |       |       |  |

NIVA \*

TABELL NR.: 6

SEKIND \*

KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA 1986

PROSJEKT: \*

STASJON: OVERLØP MALEDAM KJØLLIGRUVA

DATE: 16 FEB 87 \*

| DATE/OBS.NR. | PH   | KOND<br>MS/M | CA<br>MG/L | ASID<br>ML/L | SO4<br>MG/L | AL<br>MG/L | FE<br>MG/L | CD<br>MIK/L | CU<br>MG/L | ZN<br>MG/L | VANNF<br>L/S |
|--------------|------|--------------|------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|
| 860330       | 2.72 | 336.         | 97.0       | 508.         | 3040        | 195.       | 420.       |             | 50.0       | 1.68       | 2.5          |
| 860518       | 2.54 | 312.         | 5.83       | 429.         | 2540        | 118.       | 472.       |             | 45.9       | 1.29       | 8.2          |
| 860617       | 3.05 | 49.6         | 3.73       | 22.5         | 145         | 16.4       | 61.0       |             | 5.40       | 0.17       | 27.0         |
| 860625       | 2.87 | 107.         | 14.7       |              | 379         | 18.2       | 49.0       |             | 5.28       | 0.20       | 9.3          |
| 860710       | 2.93 | 135.         | 21.0       |              | 706         | 40.1       | 117.       |             | 14.0       | 0.40       | 10.0         |
| 860726       | 2.76 | 172.         | 20.8       |              | 717         | 38.2       | 87.0       |             | 12.0       | 0.40       | 13.7         |
| 860818       | 2.94 | 126.         | 24.1       |              | 727         | 40.3       | 110.       |             | 11.8       | 0.39       | 6.8          |
| 860830       | 2.65 | 214.         | 36.0       |              | 1280        | 71.9       | 193.       |             | 21.8       | 0.69       | 14.0         |
| 860917       | 2.88 | 229.         | 37.1       | 321.         | 1800        | 96.2       | 316.       |             | 31.6       | 1.20       | 10.0         |
| 861012       | 2.67 | 228.         | 29.0       |              | 1570        | 93.7       | 321.       |             | 32.3       | 0.90       | 30.0         |
| 861116       | 2.68 | 228.         | 37.4       | 237.         | 1560        | 92.1       | 249.       | 1.9         | 23.6       | 0.73       | 21.5         |

| ANTALL    | : | 11    | 11   | 11   | 5    | 11    | 11   | 11   | 11   | 11    | 11   |
|-----------|---|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| MINSTE    | : | 2.54  | 49.6 | 3.73 | 22.5 | 145.  | 16.4 | 49.0 | 5.28 | 0.170 | 2.50 |
| STØRSTE   | : | 3.05  | 336. | 97.0 | 508. | 3040. | 195. | 472. | 50.0 | 1.68  | 30.0 |
| BREDE     | : | 0.510 | 286. | 93.3 | 485. | 2895. | 179. | 423. | 44.7 | 1.51  | 27.5 |
| GJ.SNITT  | : | 2.79  | 194. | 29.7 | 304. | 1315. | 74.6 | 218. | 23.1 | 0.732 | 13.9 |
| STD.AVVIK | : | 0.154 | 86.6 | 25.2 | 188. | 903.  | 52.7 | 148. | 15.4 | 0.489 | 8.68 |

=====  
 NIVA \*  
 \*  
 \*  
 MILTEK \*  
 =====  
 MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER 1987  
 \*  
 \*  
 \*  
 PROSJEKT: 81071  
 \*  
 \*  
 \*  
 DATO: 16 FEB 88 \*  
 =====  
 STASJON: OVERLØP MALEDAM KJØLIGRUVA  
 =====

| DATO/OBS.NR. | CU<br>KG/D | ZN<br>KG/D | FE<br>KG/D | CA<br>KG/D | AL<br>KG/D | SO4<br>KG/D |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 870501       | 35.5       | 0.958      | 327.       | 25.1       |            | 1939        |
| 870505       | 71.7       | 2.16       | 623.       | 57.6       | 218.       | 3754        |
| 870519       | 61.0       | 1.60       | 629.       | 71.5       | 162.       | 5236        |
| 870531       | 142.       | 3.85       | 1401.      | 98.3       | 359.       | 6024        |
| 870626       | 18.4       | 0.518      | 182.       | 25.9       | 45.7       | 1083        |
| 870627       | 83.9       | 2.21       | 904.       | 121.       | 258.       | 8724        |
| 870707       | 48.5       | 1.76       | 480.       | 50.4       | 131.       | 2181        |
| 870719       | 4.75       | 0.133      | 37.3       | 6.29       | 13.9       | 275         |
| 870809       | 73.1       | 1.89       | 721.       | 79.3       | 205.       | 4121        |
| 870816       | 25.9       | 0.755      | 251.       | 33.7       | 77.8       | 1215        |
| 870820       | 11.2       | 0.321      | 109.       | 18.6       | 35.5       | 726         |
| 870904       | 16.0       | 0.487      | 143.       | 20.3       | 47.3       | 877         |
| 871024       | 6.52       | 0.191      | 58.8       | 8.67       | 17.0       | 353         |
| 871110       | 10.5       | 0.304      | 94.3       | 13.7       | 27.0       | 574         |
| 871129       | 9.05       | 0.285      | 82.0       | 14.5       | 26.4       | 588         |

=====  
 ANTALL 15 15 15 15 14 15  
 MINSTE 4.75 0.133 37.3 6.29 13.9 275.  
 STØRSTE : 142. 3.85 1401. 121. 359. 8724.  
 BREDDA 137. 3.71 1363. 115. 345. 8449.  
 GJ.SNITT : 41.2 1.16 403. 43.0 116. 2511.  
 STD.AVVIK : 39.0 1.06 391. 35.4 109. 2530.  
 =====

\* NIVA \*  
 \* TABELL NR.: 8 \*  
 \* SEKIND \*  
 \* MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER 1986 \*  
 \* PROSJEKT: \*  
 \* STASJON: OVERLØP MALEDAM KJØLIGRUVA \*  
 \* DATO: 16 FEB 87 \*

| DATE/OBS.NR. | CU<br>KG/D | ZN<br>KG/D | FE<br>KG/D | AL<br>KG/D | SO4<br>KG/D | CA<br>KG/D |
|--------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| 860330       | 10.8       | 0.363      | 90.7       | 42.1       | 657         | 21.0       |
| 860518       | 32.5       | 0.914      | 334.       | 83.6       | 1800        | 4.13       |
| 860617       | 12.6       | 0.397      | 142.       | 38.3       | 338         | 8.70       |
| 860625       | 4.24       | 0.161      | 39.4       | 14.6       | 305         | 11.8       |
| 860710       | 12.1       | 0.346      | 101.       | 34.6       | 610         | 18.1       |
| 860726       | 14.2       | 0.473      | 103.       | 45.2       | 849         | 24.6       |
| 860818       | 14.3       | 0.472      | 133.       | 48.7       | 879         | 29.2       |
| 860830       | 26.4       | 0.835      | 233.       | 87.0       | 1548        | 43.5       |
| 860917       | 27.3       | 1.04       | 273.       | 83.1       | 1555        | 32.1       |
| 861012       | 83.7       | 2.33       | 832.       | 243.       | 4069        | 75.2       |
| 861116       | 43.8       | 1.36       | 463.       | 171.       | 2898        | 69.5       |

|            |        |       |      |      |       |      |
|------------|--------|-------|------|------|-------|------|
| ANTALL     | : 11   | 11    | 11   | 11   | 11    | 11   |
| MINSTE     | : 4.24 | 0.161 | 39.4 | 14.6 | 305.  | 4.13 |
| STØRSTE    | : 83.7 | 2.33  | 832. | 243. | 4069. | 75.2 |
| BREDDE     | : 79.5 | 2.17  | 793. | 228. | 3765. | 71.0 |
| GJ.SNITT   | : 25.6 | 0.790 | 250. | 81.0 | 1410. | 30.7 |
| STID.AVVIK | : 22.5 | 0.625 | 230. | 68.2 | 1168. | 23.4 |

```

=====
NIVA
*
* TABELL NR.: 9
*
MILTEK
*
* KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA 1987
*
* PROSJEKT: 81071
*
* DATO: 16 FEB 88
*
=====

```

```

=====
DATO/OBS.NR. PH KOND SO4 CA AL FE CU ZN CD
MS/M MG/L MG/L MG/L MG/L MG/L MG/L MIK/L
=====
870707 2.91 95.0 355 15.1 15.4 56.6 5.30 0.44
870816 3.46 57.4 226 15.0 9.55 47.7 1.99 0.12
870820 2.95 80.7 263 14.5 9.77 39.1 2.24 0.11
871110 3.36 82.0 332 21.0 13.0 51.1 2.83 0.19
=====

```

```

=====
ANTALL 4 4 4 4 4 4 4 4 1
MINSTE 2.91 57.4 226. 14.5 9.55 39.1 1.99 0.110 0.220
STØRSTE : 3.46 95.0 355. 21.0 15.4 56.6 5.30 0.440 0.220
BREDDA : 0.550 37.6 129. 6.50 5.85 17.5 3.31 0.330 0.000
GJ.SNITT : 3.17 78.8 294. 16.4 11.9 48.6 3.09 0.215 0.220
STD.AVVIK : 0.281 15.6 59.9 3.08 2.80 7.33 1.51 0.154
=====

```

```

=====
NIVA      *
          *
          *   TABELL NR.: 10
          *
          *   KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA  1986
          *=====
PROSJEKT: *
          *   STASJON: UTLØP VANNSTOLL KJØLIGRUVA
          *
          *   DATE: 13 FEB 87
          *
=====
  
```

| DATE/OBS.NR. | PH   | KOND<br>MS/M | CA<br>MG/L | ASID<br>ML/L | SO4<br>MG/L | AL<br>MG/L | FE<br>MG/L | CU<br>MG/L | ZN<br>MG/L |
|--------------|------|--------------|------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| 860625       | 3.05 | 69.5         | 19.0       |              | 222         | 8.70       | 31.0       | 1.96       | 0.11       |
| 860710       | 3.12 | 72.0         | 15.3       |              | 245         | 9.48       | 32.0       | 2.73       | 0.12       |
| 860818       | 3.27 | 62.8         | 19.1       |              | 280         | 10.7       | 42.6       | 2.14       | 0.13       |
| 860917       | 3.15 | 90.3         | 20.7       | 53.4         | 384         | 15.5       | 59.6       | 4.39       | 0.25       |

| ANTALL    | : | 1     | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4     | 4 |
|-----------|---|-------|------|------|------|------|------|-------|---|
| MINSIE    | : | 53.4  | 15.3 | 222. | 8.70 | 31.0 | 1.96 | 0.110 |   |
| STØRSTE   | : | 53.4  | 20.7 | 384. | 15.5 | 59.6 | 4.39 | 0.250 |   |
| BREDE     | : | 0.000 | 5.40 | 162. | 6.80 | 28.6 | 2.43 | 0.140 |   |
| GJ.SNITT  | : | 53.4  | 18.5 | 283. | 11.1 | 41.3 | 2.80 | 0.152 |   |
| STD.AVVIK | : | 0.092 | 2.28 | 71.6 | 3.05 | 13.3 | 1.11 | 0.066 |   |

=====  
 NIVA \*  
 \* TABELL NR.: 11  
 MILTEK \*  
 \* KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.  
 =====  
 PROSJEKT: 87044 \*  
 \* STASJON: Ki-1 UTLØP VANNSTOLL  
 =====  
 DATO: 15 DEC 87 \*  
 =====

| DATO/OBS.NR. | PH   | KOND<br>mS/m | SO4<br>mg/l | Ca<br>mg/l | Mg<br>mg/l | Al<br>mg/l | Fe<br>mg/l | Cu<br>mg/l | Zn<br>mg/l | Cd<br>mik/l | VANNF<br>l/s |
|--------------|------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| 860710       | 2.44 | 856          | 11000       | 202.       |            | 244.       | 2660       | 207.       | 911        | 3200        | 0.50         |
| 860729       | 2.50 | 613          | 7600        | 51.3       |            | 155.       | 2000       | 130.       | 670        | 1950        | 0.46         |
| 860807       | 2.45 | 847          | 12300       | 231.       | 325        | 328.       | 2215       | 230.       | 1315       | 5500        | 0.49         |
| 860819       | 2.52 | 616          | 7730        | 183.       |            | 164.       | 1610       | 143.       | 770        | 2100        | 0.15         |
| 860916       | 2.48 | 486          | 5750        | 135.       |            | 104.       | 1250       | 93.7       | 422        | 1250        | 0.25         |
| 860929       | 2.49 | 457          | 5030        | 99.0       |            | 102.       | 1200       | 101.       | 449        | 910         | 0.90         |
| 861021       | 2.46 | 541          | 6640        | 142.       | 102        | 123.       | 1560       | 120.       | 484        | 1530        | 0.40         |
| 861120       | 2.53 | 447          | 5160        | 146.       | 102        | 90.4       | 1230       | 78.1       | 377        | 1080        | 0.13         |
| 861209       | 2.61 | 494          | 4400        | 170.       | 94.0       | 83.9       | 990        | 67.0       | 330        | 940         | 0.06         |
| 870213       | 2.46 | 1101         | 14900       | 559.       |            | 280.       | 3020       | 63.8       | 1950       | 2050        | 0.00         |
| 870526       | 2.44 | 403          | 3660        | 35.8       |            | 35.7       | 610        | 39.5       | 158        | 430         | 1.00         |
| 870617       | 2.40 | 398          | 4180        | 46.9       |            | 62.2       | 1031       | 62.0       | 245        | 750         | 1.60         |
| 870626       | 2.45 | 396          | 3670        | 55.7       |            | 62.6       | 982        | 62.5       | 273        | 760         | 0.88         |
| 870701       | 2.56 | 491          | 5290        |            |            | 97.0       | 1240       | 85.7       | 360        | 1030        | 0.41         |
| 870707       | 2.45 | 441          | 4190        | 75.5       |            | 84.0       | 1060       | 71.5       | 311        | 890         | 0.74         |
| 870805       | 2.49 | 480          | 5050        | 203.       | 780        | 90.0       | 1200       | 89.5       | 469        | 1150        | 0.33         |
| 870909       | 2.50 | 458          | 5100        | 123.       | 95.0       | 92.2       | 1220       | 91.3       | 411        | 1190        | 0.40         |
| 871006       | 2.48 | 472          | 5300        | 135.       | 88.0       | 84.0       | 1170       | 90.4       | 414        | 1190        | 0.32         |

=====  
 ANTALL 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 17  
 MINSTE : 2.40 396. 3660. 35.8 88.0 35.7 610. 39.5 158. 430.  
 STØRSTE : 2.61 1101. 14900. 559. 780. 328. 3020. 230. 1950. 5500.  
 BREDDA : 0.210 705. 11240. 523. 692. 292. 2410. 191. 1792. 5070.  
 GJ.SNITT : 2.48 555. 6497. 153. 247. 127. 1458. 101. 573. 1550.  
 STD.AVVIK : 0.049 191. 3161. 121. 277. 79.7 628. 49.8 441. 1183.  
 =====



=====  
 NIVA \*  
 MILTEK \*  
 =====\*  
 TABELL NR.: 12  
 KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.  
 =====\*  
 PROSJEKT: 87044 \*  
 STASJON: Ki-2 SAMLET AVRENNING  
 =====\*  
 DATO: 15 DEC 87 \*  
 =====

| DATE/OBS.NR. | PH   | KOND<br>mS/m | SO4<br>mg/l | Ca<br>mg/l | Mg<br>mg/l | Al<br>mg/l | Fe<br>mg/l | Cu<br>mg/l | Zn<br>mg/l | Cd<br>mik/l | VANNF<br>l/s |
|--------------|------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| 860710       | 2.65 | 358          | 2950        | 89.0       |            | 92.4       | 500        | 51.0       | 255.       | 780         | 2.6          |
| 860729       | 2.53 | 479          | 4930        | 50.0       |            | 125.       | 1055       | 81.0       | 420.       | 1240        | 1.0          |
| 860819       | 2.54 | 405          | 3430        | 93.8       |            | 105.       | 645        | 60.2       | 310.       | 900         | 1.2          |
| 860916       | 2.60 | 220          | 1230        | 42.0       |            | 37.2       | 223        | 17.6       | 80.7       | 200         | 11.8         |
| 860929       | 2.67 | 173          | 879         | 25.6       |            | 21.5       | 194        | 13.2       | 59.0       | 164         | 38.0         |
| 861021       | 2.52 | 445          | 4800        | 138.       |            | 125.       | 970        | 70.0       | 324.       | 960         | 2.7          |
| 861120       | 2.56 | 398          | 3820        | 116.       | 94.0       | 106.       | 775        | 55.4       | 263.       | 800         | 1.5          |
| 861209       | 2.61 | 416          | 3270        | 102.       | 86.0       | 101.       | 580        | 48.6       | 223.       | 650         | 1.0          |
| 870526       | 2.60 | 211          | 913         | 21.4       |            | 19.5       | 205        | 14.0       | 61.0       | 170         | 22.0         |
| 870617       | 2.60 | 187          | 714         | 22.4       |            | 19.8       | 208        | 14.2       | 57.0       | 160         | 26.0         |
| 870701       | 2.65 | 244          | 1190        |            |            | 30.3       | 262        | 18.6       | 78.0       | 230         | 9.0          |
| 870707       | 2.70 | 184          | 1120        | 26.1       |            | 27.2       | 220        | 15.6       | 67.0       | 230         | 13.0         |
| 870805       | 2.56 | 299          | 1940        | 50.0       | 46.5       | 54.2       | 334        | 33.1       | 151.       | 430         | 6.7          |
| 870909       | 2.54 | 349          | 3000        | 67.7       | 73.0       | 80.9       | 641        | 50.3       | 222.       | 660         | 3.0          |
| 871006       | 2.51 | 383          | 3620        | 76.0       | 76.0       | 81.0       | 730        | 58.8       | 250.       | 750         | 3.4          |

|           |       |      |       |      |      |      |       |      |      |       |      |
|-----------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| ANTALL    | 15    | 15   | 15    | 14   | 5    | 15   | 15    | 15   | 15   | 15    | 15   |
| MINSTE    | 2.51  | 173. | 714.  | 21.4 | 46.5 | 19.5 | 194.  | 13.2 | 57.0 | 160.  | 1.00 |
| STØRSTE   | 2.70  | 479. | 4930. | 138. | 94.0 | 125. | 1055. | 81.0 | 420. | 1240. | 38.0 |
| BREDD     | 0.190 | 306. | 4216. | 117. | 47.5 | 106. | 861.  | 67.8 | 363. | 1080. | 37.0 |
| GJ.SNITT  | 2.59  | 317. | 2520. | 65.7 | 75.1 | 68.4 | 503.  | 40.1 | 188. | 555.  | 9.53 |
| STD.AVVIK | 0.059 | 105. | 1463. | 37.8 | 18.0 | 40.0 | 294.  | 23.2 | 117. | 352.  | 11.1 |

```

=====
NIVA *
MILTEK *
PROSJEKT: 87044 *
DATO: 15 DEC 87 *
TABELL NR.: 13
MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER.
STASJON: Ki-1 UTLØP VANNSTOLL
=====

```

| DATO/OBS.NR. | Cu<br>kg/d | Zn<br>kg/d | Cd<br>g/d | Fe<br>kg/d | SO4<br>kg/d | Al<br>kg/d |
|--------------|------------|------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 860710       | 8.94       | 39.4       | 138.      | 115.       | 475.        | 10.5       |
| 860729       | 5.17       | 26.6       | 77.5      | 79.5       | 302.        | 6.15       |
| 860807       | 9.74       | 55.7       | 233.      | 93.8       | 521.        | 13.9       |
| 860819       | 1.85       | 9.98       | 27.2      | 20.9       | 100.        | 2.13       |
| 860916       | 2.02       | 9.12       | 27.0      | 27.0       | 124.        | 2.26       |
| 860929       | 7.88       | 34.9       | 70.8      | 93.3       | 391.        | 7.93       |
| 861021       | 4.15       | 16.7       | 52.9      | 53.9       | 229.        | 4.24       |
| 861120       | 0.877      | 4.23       | 12.1      | 13.8       | 58.0        | 1.02       |
| 861209       | 0.347      | 1.71       | 4.87      | 5.13       | 22.8        | 0.435      |
| 870526       | 3.41       | 13.7       | 37.2      | 52.7       | 316.        | 3.08       |
| 870617       | 8.57       | 33.9       | 104.      | 143.       | 578.        | 8.60       |
| 870626       | 4.75       | 20.8       | 57.8      | 74.7       | 279.        | 4.76       |
| 870701       | 3.04       | 12.8       | 36.5      | 43.9       | 187.        | 3.44       |
| 870707       | 4.57       | 19.9       | 56.9      | 67.8       | 268.        | 5.37       |
| 870805       | 2.55       | 13.4       | 32.8      | 34.2       | 144.        | 2.57       |
| 870909       | 3.16       | 14.2       | 41.1      | 42.2       | 176.        | 3.19       |
| 871006       | 2.50       | 11.4       | 32.9      | 32.3       | 147.        | 2.32       |

```

=====
ANTALL      17      17      17      17      17      17
MINSTE      0.347    1.71    4.87    5.13    22.8    0.435
STØRSTE    :    9.74    55.7    233.    143.    578.    13.9
BREDDE     :    9.39    54.0    228.    137.    555.    13.5
GJ.SNITT   :    4.32    19.9    61.3    58.4    254.    4.82
STD.AVVIK  :    2.87    14.1    55.2    37.5    162.    3.60
=====

```

```

=====
NIVA *
MILTEK *
PROSJEKT: 87044 *
DATO: 15 DEC 87 *
TABELL NR.: 14
MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER.
STASJON: Ki-2 SAMLET AVRENNING
=====

```

| DATO/OBS.NR. | Cu<br>kg/d | Zn<br>kg/d | Fe<br>kg/d | Cd<br>g/d | SO4<br>kg/d | Al<br>kg/d |
|--------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|------------|
| 860710       | 11.5       | 57.3       | 112.       | 175.      | 663.        | 20.8       |
| 860729       | 7.00       | 36.3       | 91.2       | 107.      | 426.        | 10.8       |
| 860819       | 6.24       | 32.1       | 66.9       | 93.3      | 356.        | 10.9       |
| 860916       | 17.9       | 82.3       | 227.       | 204.      | 1254.       | 37.9       |
| 860929       | 43.3       | 194.       | 637.       | 538.      | 2886.       | 70.6       |
| 861021       | 16.3       | 75.6       | 226.       | 224.      | 1120.       | 29.1       |
| 861120       | 7.18       | 34.1       | 100.       | 104.      | 495.        | 13.7       |
| 861209       | 4.20       | 19.3       | 50.1       | 56.2      | 283.        | 8.76       |
| 870526       | 26.6       | 116.       | 390.       | 323.      | 1735.       | 37.1       |
| 870617       | 31.9       | 128.       | 467.       | 359.      | 1604.       | 44.5       |
| 870701       | 14.5       | 60.7       | 204.       | 179.      | 925.        | 23.6       |
| 870707       | 17.5       | 75.3       | 247.       | 258.      | 1258.       | 30.6       |
| 870805       | 19.2       | 87.4       | 193.       | 249.      | 1123.       | 31.4       |
| 870909       | 13.0       | 57.5       | 166.       | 171.      | 778.        | 21.0       |
| 871006       | 17.3       | 73.4       | 214.       | 220.      | 1063.       | 23.8       |

```

=====
ANTALL          15          15          15          15          15          15
MINSTE         4.20         19.3         50.1         56.2         283.         8.76
STØRSTE      : 43.3         194.         637.         538.         2886.        70.6
BREDDE       : 39.1         174.         587.         482.         2603.        61.8
GJ.SNITT    : 16.9         75.3         226.         217.         1065.        27.6
STD.AVVIK   : 10.5         44.5         161.         122.         668.         16.0
=====

```

| =====  |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
|--|-------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----|------|
| * NIVA                                       |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
| * TABELL NR.: 15                             |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
| * MILTEK                                     |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
| * KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.               |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
| * PROSJEKT: 87044                            |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
| * STASJON: Ki-4 GRUBEKKEN VED INNLØP I GAULA |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
| * DATO: 15 DEC 87                            |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
| =====  |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
| DATE/OBS. NR.                                | PH    | KOND<br>mS/m | SO4<br>mg/l | Ca<br>mg/l | Mg<br>mg/l | Al<br>mg/l | Fe<br>mg/l | Cu<br>mg/l | Zn<br>mg/l | Cd<br>mik/l |    |      |
| 860129                                       | 3.06  | 76.1         | 333         |            |            |            | 10.5       | 5.20       | 32.0       | 80.0        | 12 | 12   |
| 860407                                       | 3.20  | 92.2         | 500         |            |            |            | 10.3       | 6.83       | 43.9       | 100.        | 12 | 10.4 |
| 860729                                       | 2.97  | 92.6         | 291         | 13.3       |            | 9.87       | 21.0       | 4.49       | 21.0       | 75.0        | 12 | 100. |
| 860819                                       | 2.95  | 82.7         | 273         | 12.8       |            | 8.89       | 30.0       | 4.36       | 22.9       | 70.0        | 12 | 89.6 |
| 860916                                       | 3.05  | 61.3         | 175         | 9.15       |            | 5.11       | 26.8       | 2.43       | 11.9       | 27.5        | 12 | 46.2 |
| 860929                                       | 3.11  | 48.2         | 140         | 4.60       |            | 3.04       | 32.1       | 1.84       | 8.40       | 25.0        | 12 | 29.6 |
| 861021                                       | 2.88  | 96.3         | 320         | 12.1       | 7.80       | 9.39       | 51.2       | 4.98       | 23.0       | 44.0        | 12 | 46.2 |
| 861209                                       | 2.99  | 87.4         | 246         | 12.3       | 2.80       | 8.90       | 32.6       | 3.60       | 17.8       | 24.0        | 12 | 46.2 |
| 870505                                       | 3.30  | 43.5         | 120         | 4.63       |            | 3.32       | 17.0       | 1.83       | 8.50       | 20.5        | 12 | 46.2 |
| 870526                                       | 3.09  | 54.3         | 119         | 3.62       |            | 2.52       | 22.6       | 1.71       | 6.90       | 18.5        | 12 | 46.2 |
| 870617                                       | 3.16  | 41.4         | 80.4        | 3.63       |            | 2.09       | 18.9       | 1.38       | 5.50       | 10.4        | 12 | 46.2 |
| 870701                                       | 3.03  | 76.5         | 180         |            |            | 4.34       | 31.6       | 2.46       | 9.90       | 60.0        | 12 | 46.2 |
| =====  |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |
| ANTALL                                       | 12    | 12           | 12          | 9          | 2          | 10         | 12         | 12         | 12         | 12          | 12 | 12   |
| MINSTE                                       | 2.88  | 41.4         | 80.4        | 3.62       | 2.80       | 2.09       | 10.3       | 1.38       | 5.50       | 10.4        | 12 | 10.4 |
| STØRSTE                                      | 3.30  | 96.3         | 500.        | 13.3       | 7.80       | 9.87       | 51.2       | 6.83       | 43.9       | 100.        | 12 | 100. |
| BREDDE                                       | 0.420 | 54.9         | 420.        | 9.68       | 5.00       | 7.78       | 40.9       | 5.45       | 38.4       | 89.6        | 12 | 89.6 |
| GJ.SNITT                                     | 3.07  | 71.0         | 231.        | 8.45       | 5.30       | 5.75       | 25.4       | 3.43       | 17.6       | 46.2        | 12 | 46.2 |
| STD.AVVIK                                    | 0.116 | 20.3         | 120.        | 4.28       |            | 3.15       | 11.3       | 1.74       | 11.6       | 29.6        | 12 | 29.6 |
| =====  |       |              |             |            |            |            |            |            |            |             |    |      |

```

=====
NIVA *
*
*   TABELL NR.: 16
MILTEK *
=====
*   KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.
PROSJEKT: 87044 *
*   STASJON: Ki-3 UTLØP VANNSTOLL (pumping fra nivå29)
*
*   DATO: 15 DEC 87 *
=====
DATO/OBS.NR.  PH      KOND  SO4  Ca  Mg  Al  Fe  Cu  Zn  Cd  VANNF
            mS/m    mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mik/l l/s
860807      2.45   847  12300  231  325  328  2215  230  1315  5500  0.49
=====

```

```

=====
NIVA *
*
*   TABELL NR.: 17
MILTEK *
=====
*   KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.
PROSJEKT: 87044 *
*   STASJON: SENTRALSTASJONEN
*
*   DATO: 15 DEC 87 *
=====
DATO/OBS.NR.  PH      KOND  Ca  Mg  SO4  Al  Fe  Cd  Cu  Zn  VANNF
            mS/m    mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l mik/l mg/l l/s
870505      2.15   2530  446  1770  21200  1562  9520  18000  1340  7100  0.033
=====

```