

Kontroll av avrenning fra Tverrfjellet gruve på Hjerkin, Dovre kommune Undersøkelser i 2009-2010



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

| | | |
|---|--|-----------------------------|
| Tittel Kontroll av avrenning fra Tverrfjellet gruve på Hjerkin, Dovre kommune Undersøkelser i 2009-2010 | Løpenr. (for bestilling) 6036-2010 | Dato 6. oktober 2010 |
| | Prosjektnr. Undernr. O-10229 | Sider 28 |
| Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune | Fagområde Miljøgifter | Distribusjon Fri |
| | Geografisk område Oppland - Hedmark | Trykket CopyCat AS, 2010 |

| | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Oppdragsgiver(e) Statskog SF | Oppdragsreferanse Trond Berger |
|---------------------------------|-----------------------------------|

Sammendrag

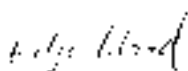
Tverrfjellet gruve på Hjerkin fikk overløp sommeren/høsten 2008 etter at den har stått under oppfylling med vann ved naturlig tilsig siden 1993. Måleprogrammet som har vært gjennomført siden desember 2008 viser at overløpsvannet har en pH-verdi omkring 7, noe som betyr at mye av metallinnholdet foreligger som utfelte partikler. Det sedimenterer metallslam på strekningen fra utløpet av gruva fram til utløpet av Hjerkinndammen. Folla har fått en økt belastning av metaller som følge av utslippet, spesielt med hensyn på sink. Metallnivåene er foreløpig ikke så høye at det forventes gifteffekter overfor fiskebestanden i elva, men det er mulig at primærproduksjon og næringsdyr påvirkes i negativ retning. I det hydrologiske året 2009-2010 har en beregnet utslippet fra gruva til ca 1,0 tonn jern, 0,7 tonn kobber, 5,3 tonn sink og 15 kg kadmium.

| | |
|--|--|
| <p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kisgruve 2. Gruvevann 3. Metalltransport 4. Tverrfjellet, Dovre kommune | <p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pyrite Mining 2. Acid Mine Drainage 3. Transport of Metals 4. Tverrfjellet Mine, Dovre Municipality |
|--|--|



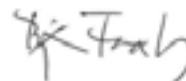
Eigil Iversen

Prosjektleder



Helge Liltved

Forskningsleder



Bjørn Faafeng

Seniorrådgiver

O-10229

**Kontroll av avrenning fra Tverrfjellet gruve på
Hjerkinn, Dovre kommune**

Undersøkelser i 2009-2010

Forord

Den nedlagte Tverrfjellet gruve på Hjerkinne fikk noe overraskende overløp allerede sommeren/høsten 2008. Etter en avklaring av situasjonen ble det raskt bestemt å foreta en oppfølging av forurensningssituasjonen med et kontinuerlig måleprogram. Direktoratet for mineralforvaltning (DIRMIN) tok ansvaret for det første undersøkelsesprogrammet som løp fram til desember 2009. Deretter overtok Statskog SF ansvaret for en videreføring av programmet fram til 1.9.2010. Norsk institutt for vannforskning har gjennomført undersøkelsene etter oppstarten i desember 2008. Vår kontaktperson hos Statskog har vært Trond Berger.

Vår lokale observatør på Hjerkinne har vært Knut Høyby som har tatt de rutinemessige prøvene og bistått under feltarbeidet etter avtale med Trond Berger, Statskog. Undertegnede har vært saksbehandler for prosjektet, mens ingeniør Arne Veidel, NIVA, har hatt ansvaret for montasje og drift av målestasjonene for vannføring.

Vi takker alle for samarbeidet.

Oslo, 6. oktober 2010

Egil Rune Iversen

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| Summary | 6 |
| 1. Innledning | 7 |
| 1.1 Bakgrunn | 7 |
| 1.2 Undersøkelsesopplegg | 7 |
| 1.2.1 Prøvetakingsstasjoner | 7 |
| 1.2.2 Analysemetodikk | 8 |
| 2. Hydrologi og meteorologi | 9 |
| 3. Vannkvalitet | 14 |
| 3.1 Stasjon 1. Gruvevann ved utløpet av Jernbanestollen | 14 |
| 3.2 Stasjon 2. Utløp Hjerkinndammen | 17 |
| 3.3 Stasjon Fo 4 - Folla ved Slåi | 19 |
| 4. Forurensningstransport | 21 |
| 5. Samlet vurdering | 23 |
| Vedlegg A. Analyseresultater | 26 |

Sammendrag

Tverrfjellet gruve på Hjerkinndammen fikk overløp tidligere enn antatt sommeren/høsten 2008. Det ble satt i gang kartlegging av forurensningstilstand og metalltransport i området i desember 2008. Den foreliggende rapporten gir en oppdatering av den fysiske/kjemiske forurensningstilstanden i området og gir en oversikt over forurensningstransport i det hydrologiske året 1.9.2009 – 31.8.2010. Rapporten beskriver vannkvaliteten i overløpsvannet fra gruva, og kvaliteten ved utløpet av avgangsdeponiet Hjerkinndammen. I tillegg er metallnivåene kontrollert ved en stasjon i Folla nedenfor tilløp fra Hjerkinndammen, der det er foretatt målinger tidligere mens driften pågikk på Tverrfjellet.

Det er også gjennomført kontinuerlige vannføringsmålinger ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen. Ved hjelp av disse målingene og resultatene fra månedlig prøvetaking ved de tre målepunktene har vi beregnet forurensningstransporten ved utløpet av gruva og ved utløpet av Hjerkinndammen.

Resultatene viser at gruvevannet er nær nøytralt, med pH-verdier omkring 7. Resultatene viser også at det foregår forvittringsprosesser inne i gruva med utløsning av metaller, og at prosessene mest sannsynlig pågår i de deler av gruva som ikke er vannfylt. Mye tyder på at avrenning fra Malmsone 1 kan være en viktig kilde til metaller. Det er positivt at gruva har kapasitet til å nøytralisere de sure prosessene som pågår der metaller frigjøres. Dette gjør at metaller som jern, aluminium og kobber for en stor del foreligger som utfelte partikler i utgående vann fra gruva, noe som fører til at de skadelige effektene av utslippet er mindre enn hva som ville ha vært tilfelle dersom gruvevannet hadde vært surt. Gruvevannet fører til Kvernbecken som er største tilløpsbekk til Hjerkinndammen. På strekningen fra gruva og fram til utløpet av dammen skjer en ytterligere utfelling av metaller. Hjerkinndammen virker i dag som et sedimenteringsbasseng for tungmetaller og demper virkningen av utslippene i hovedvassdraget Folla.

Metallkonsentrasjonene, og spesielt sink, har økt i Folla som følge av de nye tilførselene fra dammen sett i forhold til situasjonen før gruva fikk overløp. I 1998 var årsmiddelverdien for sink omkring 4 µg/l, mens tilsvarende verdi i siste måleperiode ble beregnet til nesten 40 µg/l. Sinknivåene anses likevel ikke å være så høye at de forårsaker skadelige effekter på fiskebestanden i Folla nedstrøms tilløpet fra Hjerkinndammen. Effekter på primærproduksjon og næringsdyr for fisk kan være mulig, og vi anbefaler derfor at det gjennomføres undersøkelser for å kartlegge situasjonen. I Folla har en gode referansedata fra tidligere undersøkelser.

For det hydrologiske året 1.9.2009 – 31.8.2010 har en beregnet følgende nøkkeltall for utslippet størrelse:

| Stasjon | SO ₄ ²⁻ tonn | Al kg | Fe kg | Cu kg | Zn kg | Cd kg | Vannmengde m ³ |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------------------|
| Gruvevann, utløp Jernbanestoll | 194 | 35,0 | 1018 | 714 | 5291 | 15,4 | 345.000 |
| Utløp Hjerkinndammen | 214 | 41,9 | 807 | 182 | 2571 | 7,0 | 3500.000 |

Summary

Title: Transport of Pollutants from the Tverrfjellet Pyrite Mine in 2009 - 2010, Dovre Municipality, S Norway

Year: 2010

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5771-7

Tverrfjellet pyrite mine was opened in 1969 as an underground mine. The mine is located in a very sensitive area in sub-arctic climate close to two national parks, Dovre and Rondane. Concentrates of pyrite, copper and zinc were produced by selective flotation. The tailings were disposed of under water in an artificial dam, which was the first underwater tailing disposal facility in Norway.

After mine closure in 1993 the mine has been flooded by natural inflow of water. The first outflow was observed in September 2008 and a monitoring programme was initiated in December 2008. The programme involved monitoring the water quality of the mine water and the quality at the outlet of the receiving tailings pond. In addition metal levels in the recipient Folla River were monitored by monthly sampling.

The mine water has a neutral pH. However, the metal levels after about 2 years of observations were somewhat higher than expected. The metal source might be connected to an unflooded part of the mine containing partly flooded wasterock which is oxidising rapidly.

The metal transport out of the mine in 2009-2010 was calculated to 1.0 tonnes Fe/year, 0.7 tonnes Cu/year and 5.3 tonnes Zn/year. Due to good dilution conditions the metal levels in the river are below limits where harmful effects on fish population can be expected.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med avvikling av driften ved Tverrfjellet gruve på Hjerkin, den siste gruva som Folldal Verk drev, ble det utarbeidet en tiltaksplan (Beck, 1991). Planen innebar bl.a at gruva skulle fylles med vann vha naturlig tilrenning. Gruva består av flere malmsoner. I den avgrensede Malmsonen 1 ble det deponert en del sulfidholdig, sterkt forvitret gruveavfall fra det gamle gruveområdet i Folldal sentrum. Denne deponeringen ble foretatt i 1993. Malmsonen 1 var på forhånd adskilt fra resten av gruve ved støping av betongpropper ved nivåene 2 og 1. Hensikten var å sette det anlagte deponiet under vann. Massene i deponiet ble også tilsatt en kalk før det ble avsluttet. Overløpet fra deponiet var planlagt å foregå fra et nivå over deponimassene på Mellomortsnivå. Norsk institutt for vannforskning gjennomførte etter oppdrag fra Norsulfid AS et oppfølgingsprogram for forurensningstilstanden i området fram til utgangen av 1998. Da det ble antatt at det ville ta mange år å fylle gruva med vann ble det ikke planlagt å følge opp vannfyllingen med et videre program på det daværende tidspunkt.

I den siste tiden mens deponeringen i Hjerkinndammen pågikk ble avgangen tilsatt en del kalk. Hensikten var å stabilisere overflaten til avgangsmassene slik at de ble trygge å bevege seg på.

Av forskjellige årsaker som ikke er drøftet i denne rapporten kom overløpet mye tidligere enn antatt. Det ble raskt besluttet å følge opp tilstanden ved overløpet av gruva, ved utløpet av Hjerkinndammen og i den nærmeste vassdragsstrekning i Folla. Det ble laget et program for undersøkelsene den 18.11.2008 som ble lagt til grunn for de nye undersøkelsene. Programmet har kun omfattet fysisk/kjemiske undersøkelser. Programmet hadde en varighet på ett år fram til 18.12.2009. Resultatene ble rapportert i januar 2010 (Iversen, 2010). Deretter ble det laget et nytt program for Statskog SF som påtok seg ansvaret for å videreføre undersøkelsene fram til 1.9.2010. Den foreliggende rapporten beskriver undersøkelsene i det hydrologiske året 1.9.2009 - 31.8.2010.

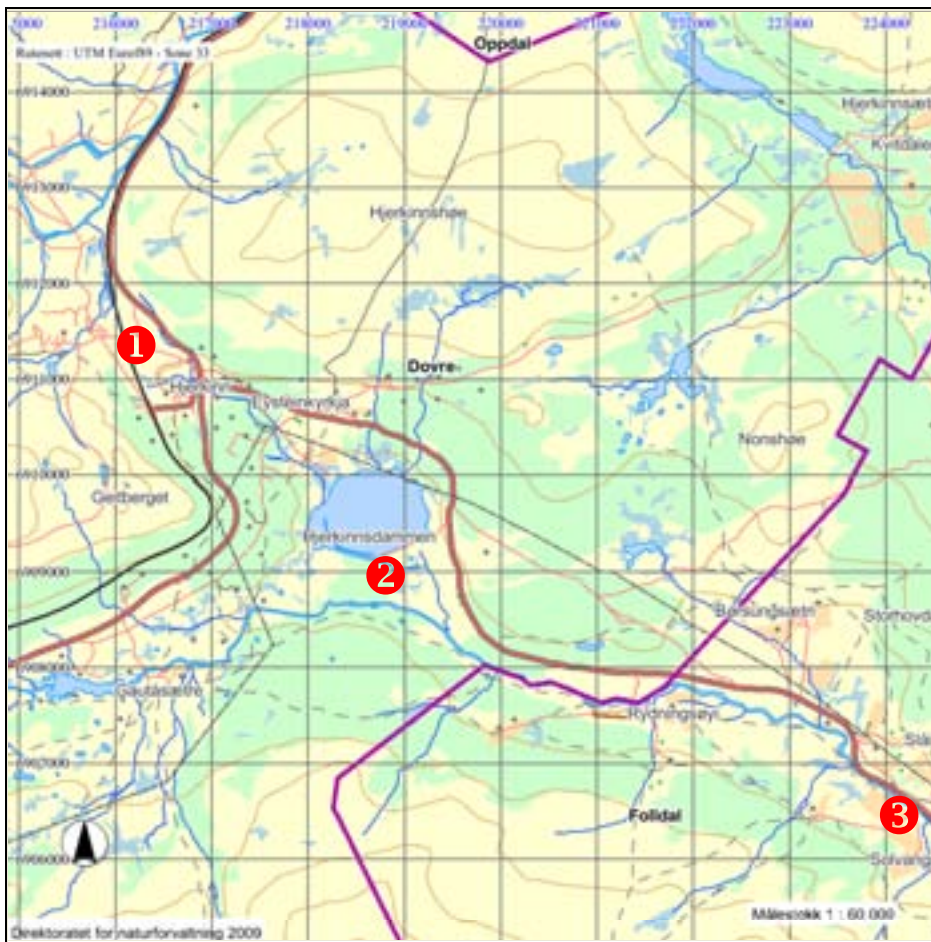
1.2 Undersøkelsesopplegg

1.2.1 Prøvetakingsstasjoner

Undersøkelsene har omfattet undersøkelser ved tre stasjoner:

| Navn | Posisjon | Frekvens | Kommune |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------|---------|
| Utløp rør fra Jernbanestoll | N 62° 13,419' E 09° 32,226' | 1 x pr. måned | Dovre |
| Overløp Hjerkinndammen | N 62° 12,556' E 09° 35,525' | 1 x pr. måned | Dovre |
| Folla ved Slåi, stasjon Fo4 | N 62° 11,360' E 09° 42,074' | 1 x pr. måned | Folldal |

Prøvetakingsstasjonene er markert på figur 1 som fremstiller det berørte vassdragsavsnittet. Figur 4 viser et vertikalsnitt av Tverrfjellet gruve. Figuren er nedfotografert fra et stort format. Detaljer i figuren er av den grunn lite synlige. Figuren viser bl.a de forskjellige malmsonene, forkastningssonen og sjaktene.



Figur 1. Kart over vassdragsavsnitt for feltundersøkelsen med markering av prøvetakingspunkter (1, 2 og 3 på figuren)

1.2.2 Analysemetodikk

Alle analyser er utført etter akkrediterte metoder ved NIVALab. Det er benyttet atomemisjonsteknikk (ICP-teknikk) ved analyse av metaller. Ved lave nivåer som i Hjerkinndammen og i Folla er det benyttet ICP-teknikk med massespektrometer som detektor (ICPMS). Prøve er tatt på kvalitetskontrollerte prøveflasker fra NIVALab. Metallanalysene er utført på ufiltrerte prøver etter konservering med salpetersyre. Resultatene gir derfor uttrykk for "totalt" metallinnhold, dvs sum av løst og partikulært bundet metallinnhold.

2. Hydrologi og meteorologi

Tverrfjellet gruve ligger på vannskillet mellom Driva- og Follavassdraget. Overflateavrenningen fra gruveområdet fører både mot Driva og Folla. Overflateavrenningen fra området der malmkroppen går ut i dagen, fra den såkalte jernhatten på Tverrfjellet, drenerer mot Grisungbekken som løper inn i Svåni som er sideelv til Driva (se figur 2). Avrenningen til Driva ble under driftsperioden kontrollert ved prøvetaking i Grisungbekken (Iversen et al, 1999).



Figur 2. Avrenning fra jernhatten på Tverrfjellet.

Foto: Eigil Iversen 2003.

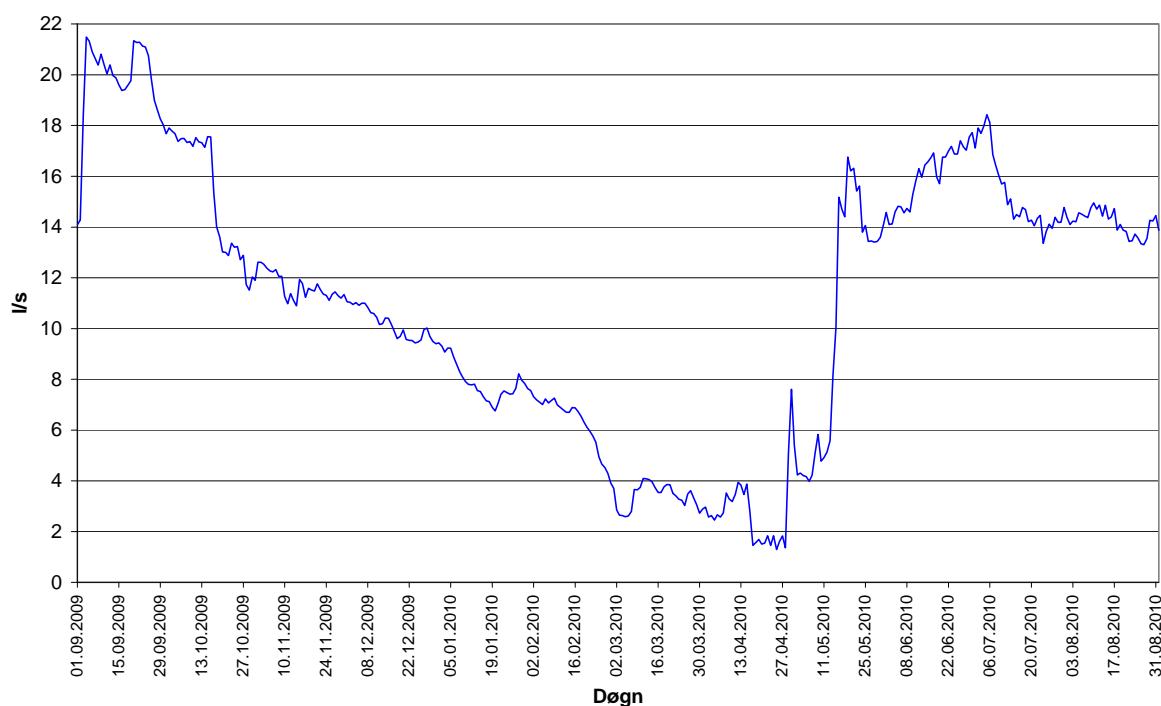
Gruva fikk som forventet overløp til Jernbanestollen. I stollen er lagt ned et drensrør som krysser under jernbanelinja og munner ut i en drensgrøft som fører til Kvernbekk som er største tilløpsbekk til Hjerkinndammen.

Hjerkinndammen har et areal på ca 1 km² og et nedbørfelt på 13 km² ved utløpet (Beck, 1991). Dersom en benytter en avrenningskoeffisient på 13 l/s·km² (NVE, 1987), gir dette en normalavrenning på ca 170 l/s. Under driften var vannføringen høyere fordi oppredningsverket tok inn driftsvann fra Drivavassdraget og som da ble overført til avgangsdammen.

I det forbindelse med måleprogrammet som ble startet i desember 2008 og i det foreliggende er det benyttet to målestasjoner for vannføring, gruvevann ved utløpet av drensrør fra Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen. Batteridrevne loggere registrerer vannføringen 1 gang pr. time og data kan fjernavleses.

Det er flere lekkasjepunkter til Tverrfjellet gruve. Det er gjort rede for disse i en hovedoppgave ved NTNU (Kleiv, 1996). De to største lekkasjene skjer trolig gjennom forkastningssonen og gjennom berggrunnen over Malmstone 1. I denne rapporten har en ikke gjennomført noen vurderinger av årsakene til at gruva fikk et tidligere overløp enn beregnet. Erfaringene fra de undersøkelser som er gjort i siste år viser imidlertid at gruva er fullstendig vannfylt.

Figur 3 viser forløpet av vannføringskurven for gruvevannet i måleperioden. Vannføringene ved målepunktet antas periodevis å være noe høyere enn inne i gruva ved selve overløpet. Dette skyldes at Jernbanestollen mottar en del grunnvann fra overflaten utover i stollen Dette har ingen betydning for transportberegningene da vannprøvene er tatt der vannføringen er målt ved utløpet av drensrøret.

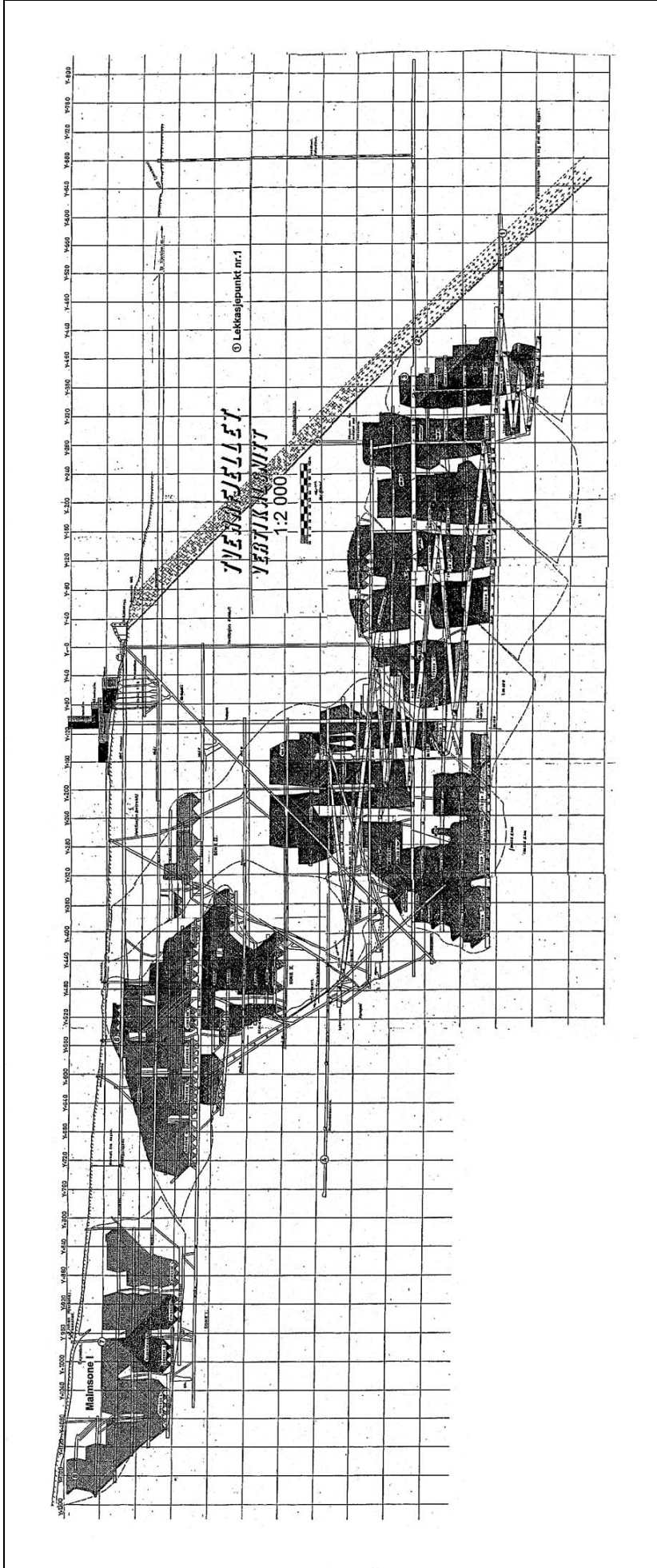


Figur 3. Døgnmiddelvannføring ved utløpet av rør fra Jernbanestoll i året 2009-2010.

Ved hjelp av observasjonsmaterialet er det i tabell 1 beregnet følgende nøkkeltall for det hydrologiske året 1.9.2009 – 31.8.2010 ved utløpet av drensrøret fra Jernbanestollen:

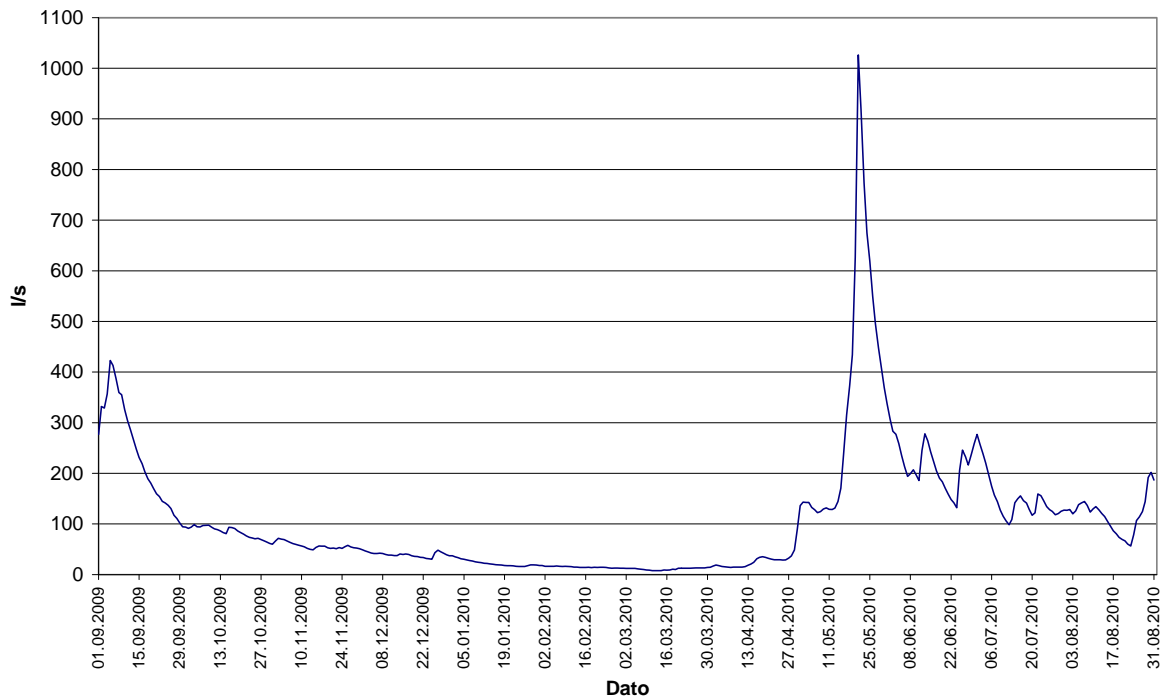
Tabell 1. Avrenningstall for gruvevann fra Tverrfjellet gruve ved utløpet av drensrør for det hydrologiske året 2009-2010.

| | l/s | m³/h | m³/døgn |
|------------------------------------|------------|------------------------|---------------------------|
| Døgnmiddelvannføring | 11,1 | 39,9 | 959 |
| Maks. verdi | 21,5 | 77,3 | 1856 |
| Min. verdi | 1,29 | 4,6 | 112 |
| Median | 11,5 | 41,5 | 995 |
| Årsavrenning, m³ | | | 349947 |



Figur 4. Vertikalsnitt av Tverrfjellet gruve (Kjøllestad, 1993).

Figur 5 viser døgnmiddelvannføringene ved utløpet av Hjerkinndammen. Det er benyttet den gamle måleprofilen som Follidal Verk brukte og som er en 120 graders trekantprofil. Grunnlaget for beregning av døgnmiddelvannføring er observasjoner hver time.



Figur 5. Døgnmiddelvannføringer ved utløpet av Hjerkinndammen i det hydrologiske året 2009 - 2010.

Vinteren 2009-2010 var preget av kulde i lange perioder med temperaturer ned mot -35 grader i området. Dette førte etter hvert til lave vannføringer ved overløpet av dammen og i Folla. Våren kom brått med en stor flomtopp den 21.mai som figuren viser. For året 2009-2010 har en i tabell 2 beregnet noen nøkkeltall for avrenningen fra Hjerkinndammen.

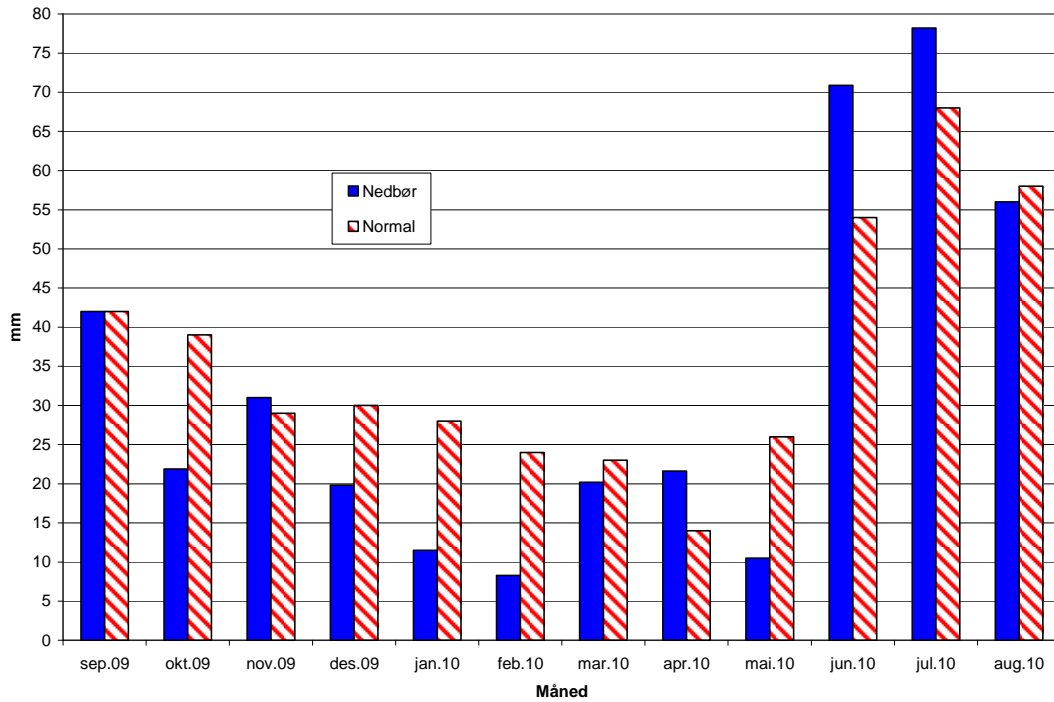
Tabell 2. Avrenningstall for avløp fra Hjerkinndammen i det hydrologiske året 2009-2010.

| | l/s | m ³ /h | m ³ /døgn |
|------------------------------------|------|-------------------|----------------------|
| Døgnmiddelvannføring | 250 | 901 | 21622 |
| Maks. verdi | 1026 | 3695 | 88680 |
| Min. verdi | 7,8 | 28 | 672 |
| Median | 66,7 | 240 | 5766 |
| Årsavrenning, m³ | | | 3493816 |

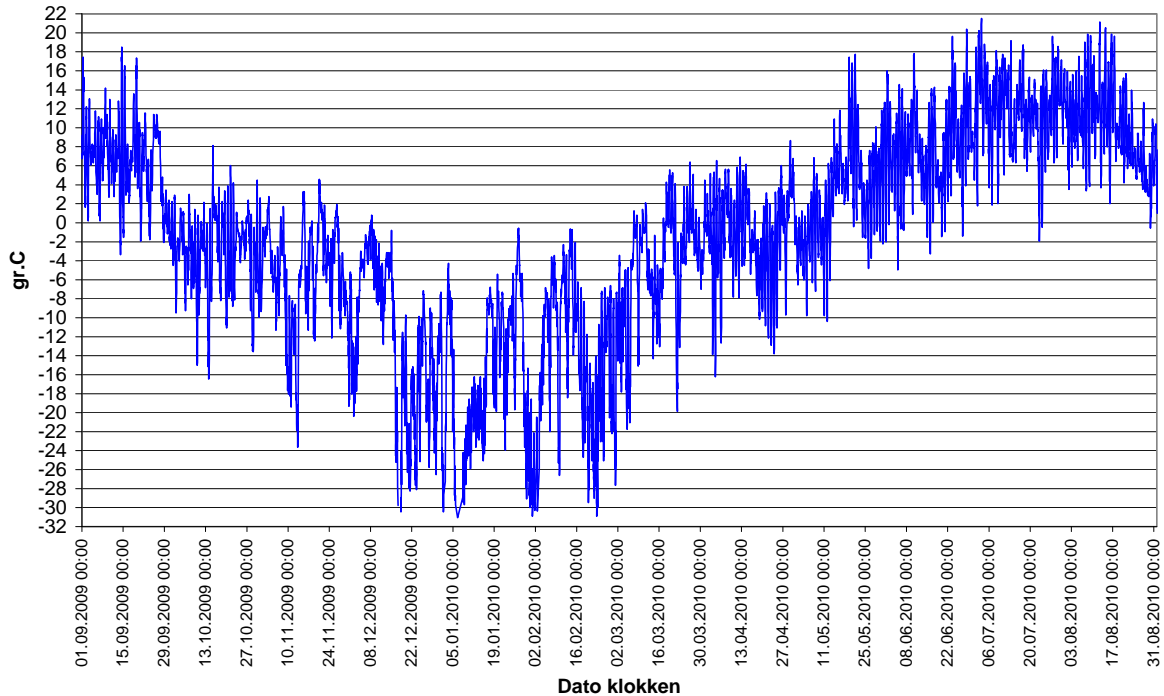
Det er innhentet nedbørdata for nærmeste klimastasjon som er stasjonen til Meteorologisk Institutt på Fokstua (16610 Fokstugu). Figur 6 viser månedsnedbør og normaler for perioden september 2009 – august 2010. I det hydrologiske året 2009-2010 falt det 392 mm nedbør mot normalt 435 mm eller 90 % av et normalår. Som normalt var det månedene juni, juli og august som var mest nedbørrike og i juni-juli falt det også mer nedbør enn normalt.

Ved stasjonen ved utløpet av Hjerkinndammen måles også lufttemperaturer. Figur 7 gir en grafisk fremstilling av måledataene. Vintersituasjonen startet i løpet av september og den kaldeste perioden inntraff i midten av desember og varte fram till månedsskiftet februar-mars. Det ble målt temperaturer

under -30 grader. Sannsynligvis var laveste temperatur ca -35 grader. Dataloggeren sviktet ved temperaturer under -32 grader. Snøsmeltingen startet i begynnelsen av mai måned.



Figur 6. Månedsnedbør og normaler på Fokstua i det hydrologiske året 2009-2010, (Meteorologisk institutt - 16610 Fokstugu).



Figur 7. Lufttemperatur ved prøvetakingsstasjonen ved utløpet av Hjerkinndammen i 2009-2010.

3. Vannkvalitet

3.1 Stasjon 1. Gruvevann ved utløpet av Jernbanestollen

Prøvene i rutineprogrammet er tatt ved utløpet av drenerørret fra stollen der det munner ut nedenfor jernbanelinjen (markert med 1 i figur 8 under).



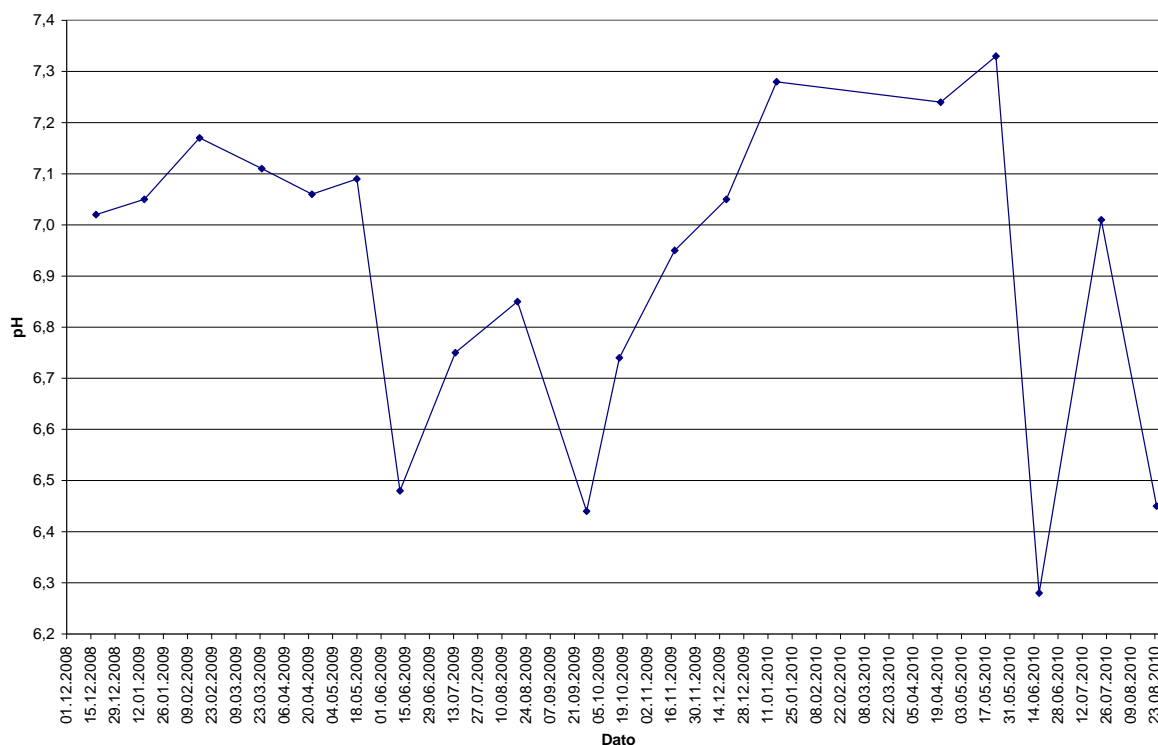
Figur 8. Lokalisering av prøvetakingspunktet (merket med 1) ved utløpet av rør fra Jernbanestollen (fra Norge i bilder, skala 1:15000).

Prøvetakingene av overløpsvannet fra gruva startet høsten 2008. I desember 2008 ble det startet et kartleggingsprogram med ett års varighet. Resultatene ble vurdert i NIVA-rapport av januar 2010 (Iversen, 2010). I denne rapporten er behandlet analysedata for det hydrologiske året 1.9.2009 – 31.8.2010. Resultatene fra denne måleperioden er samlet i Vedlegg A bak i rapporten. I tabell 3 er en samlet noen nøkkeltall for vannkvaliteten.

Tabell 3. Nøkkeltall for vannkvalitet ved utløpet av rør fra Jernbanestoll 2009-2010.

| | pH | Kond mS/m | SO ₄ ²⁻ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Pb mg/l | Mn mg/l | Vannf. l/s |
|------------------|------|--------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| Tidsveiet middel | 6,93 | 105,0 | 554 | 174 | 27,3 | 0,100 | 2,91 | 2,04 | 15,1 | 0,044 | 0,016 | 1,81 | 11,1 |
| Maks.verdi | 7,33 | 123,9 | 689 | 220 | 31,5 | 0,220 | 5,98 | 4,21 | 21,1 | 0,070 | 0,042 | 2,38 | 18,6 |
| Min.verdi | 6,28 | 96,2 | 467 | 147 | 23,8 | 0,028 | 1,44 | 0,42 | 11,5 | 0,033 | 0,010 | 1,54 | 1,55 |

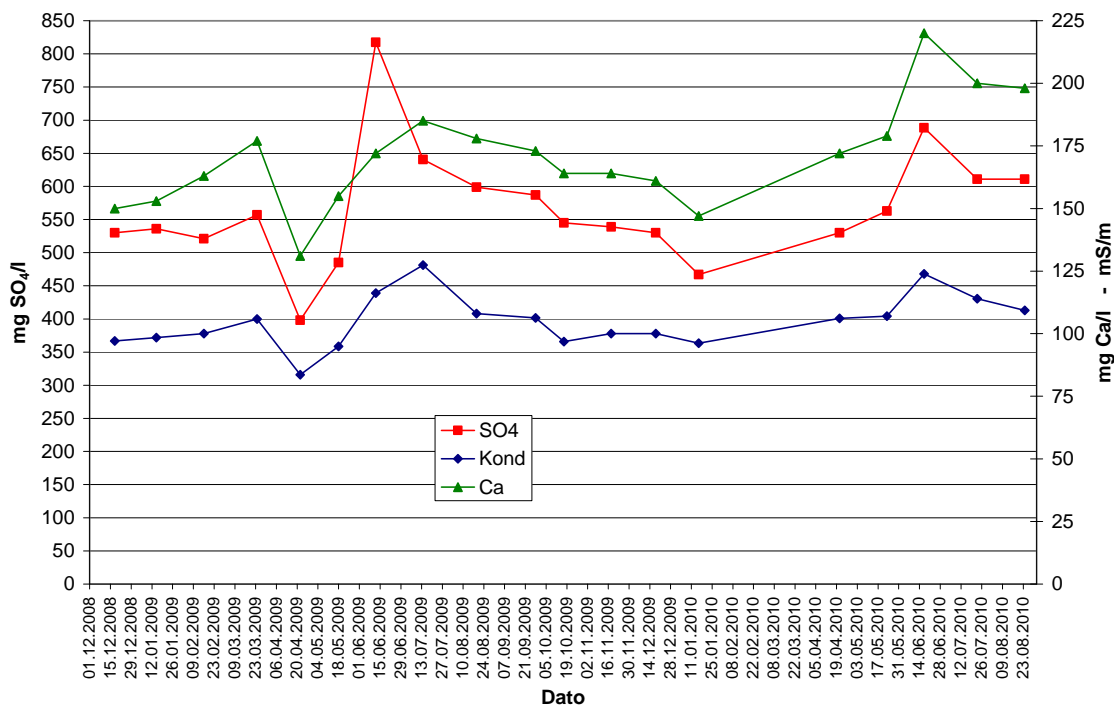
Figur 9 viser samtlige målinger av pH fra det første programmet startet i desember 2008. Figuren viser at pH-verdiene varierte i området 6,3 – 7,3 med 6,9 som årsmiddel for det hydrologiske året 2009 - 2010.



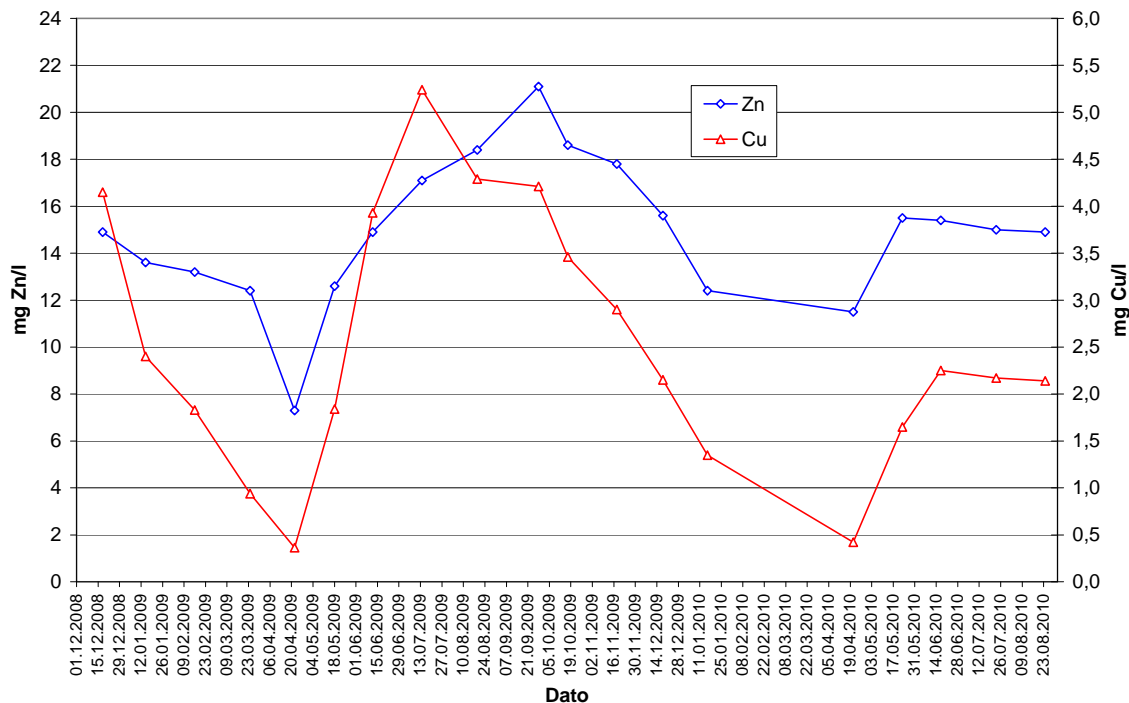
Figur 9. pH-verdier i gruvevann fra Jernbanestollen 2008-2010.

Måling av konduktivitet sier noe om omfanget av forvitningsprosesser. I slikt vann som en har å gjøre med her, er det særlig kalsium- og sulfationer som betyr mye for konduktiviteten. Når sulfidminerale forvitrer, frigis svovelet som sulfationer samtidig som det utvikles syre. I det sure miljøet som en har lokalt der forvitringen skjer, vil den frigjorte syren nøytraliseres av alkaliske bergarter som inneholder kalsium, og en får frigjort bl.a kalsiumioner. I den vannfylte gruva på Tverrfjellet har sideberget greid å nøytraliserer de sure prosessene. Det ser en av pH-verdiene. Relativt høye kalsium- og sulfatkonentrasjoner (figur 10) viser at det pågår forvitningsprosesser inne i gruva.

Det frigjøres også tungmetaller og aluminium. Figur 11 viser resultatene for kobber og sink for perioden 2008-2010. En ser at de laveste konsentrasjonene inntreffer på ettervinteren når vannføringen er på det laveste.



Figur 10. Konduktivitets-, sulfat- og kalsiumverdier i gruvevann fra Jernbanestollen 2008-2010.



Figur 11. Kobber- og sinkkonsentrasjoner i gruvevann fra Jernbanestollen 2008-2010.

I en vannfylt sulfidmalmgruve som på Tverrfjellet skjer en rekke kjemiske eller geokjemiske reaksjoner inne i den vannfylte delen av gruva:

- Det pågår forvitring av sulfidmineraler i den delen av gruva som ligger over vannstanden.
- Det kan også pågå forvitring i den vannfylte delen dersom treverdige jernioner tilføres. Det treverdige jernet vil da bli redusert til toverdige på sulfidflatene
- Treverdige jern og aluminium felles ut når pH-verdien blir høy nok.
- Kobberioner tas opp på sulfidflater og sender toverdige jern ut i løsning
- Det skjer også en utvekslingsreaksjon på sinkblende mellom kobber og sink. Kobber felles ut på sinkblendene, mens sink frigjøres. Reaksjonen er avhengig av pH.

Der jernet kommer opp fra gruva, i hovedsjakta, foreligger sannsynligvis alt jernet som toverdige. Utover i Jernbanestollen luftes vannet og det toverdige jernet oksiderer til treverdige. Det treverdige jernet felles ut som brunt hydroksidslam utover i Jernbanestollen. Denne reaksjonen medfører også et pH-fall. Det vi måler ved utløpet av røret fra Jernbanestollen er nettoresultatet av alle disse prosessene.

3.2 Stasjon 2. Utløp Hjerkinndammen

Det ble ført tilsyn med vannkvaliteten i Hjerkinndammen under driften med avgangsdeponeringen pågikk fram til mars 1993 og i 5 år etter nedleggelse av driften til og med 1998. En har således data for vannkvaliteten slik den sannsynligvis var før gruva fikk overløp høsten 2008. Det tidligere prøvetakingspunktet ved overløpet av profilen ved utløpet av klarebassenget ble tatt i bruk igjen fra og med desember 2008.

Analyseresultatene for året 2009-2010 er samlet bak i rapporten i vedlegg A. I tabell 4 og tabell 5 har en gjengitt noen nøkkeltall for de viktigste komponenter for året 2009-2010 og for året 1998 som var det siste i det foregående programmet.

Tabell 4. Nøkkeltall for vannkvalitet ved utløpet av Hjerkinndammen i 2009-2010.

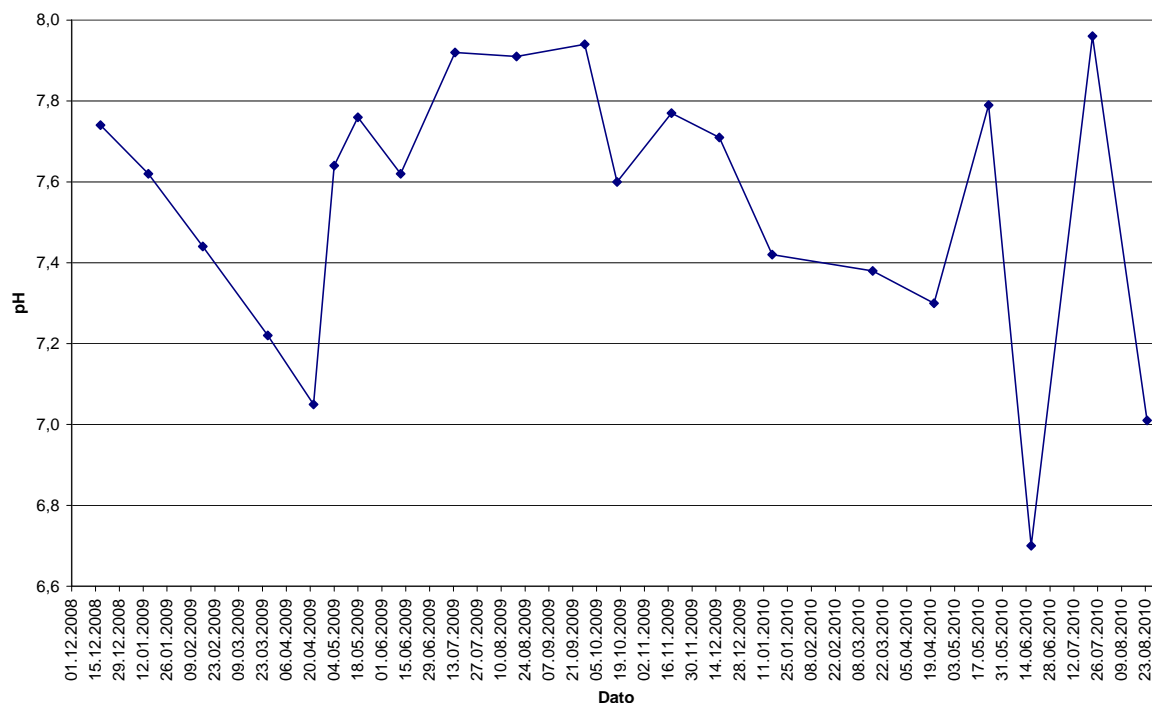
| | pH | Kond mS/m | SO ₄ ²⁻ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al µg/l | Fe µg/l | Cu µg/l | Zn µg/l | Cd µg/l | Pb µg/l | Mn µg/l | Vannf. l/s |
|------------------|------|--------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| Tidsveiet middel | 7,49 | 26,2 | 61,3 | 39,0 | 4,41 | 12,1 | 231 | 51,6 | 736 | 2,03 | 1,04 | 86,7 | 143 |
| Maks.verdi | 7,96 | 33,1 | 71,0 | 45,7 | 5,22 | 22,8 | 480 | 68,7 | 944 | 2,68 | 2,47 | 275 | 774 |
| Min.verdi | 6,70 | 16,4 | 32,3 | 23,8 | 2,57 | 7,08 | 130 | 29,9 | 402 | 1,07 | 0,26 | 28,8 | 8,74 |

Tabell 5. Nøkkeltall for vannkvalitet ved utløpet av Hjerkinndammen i 1998..

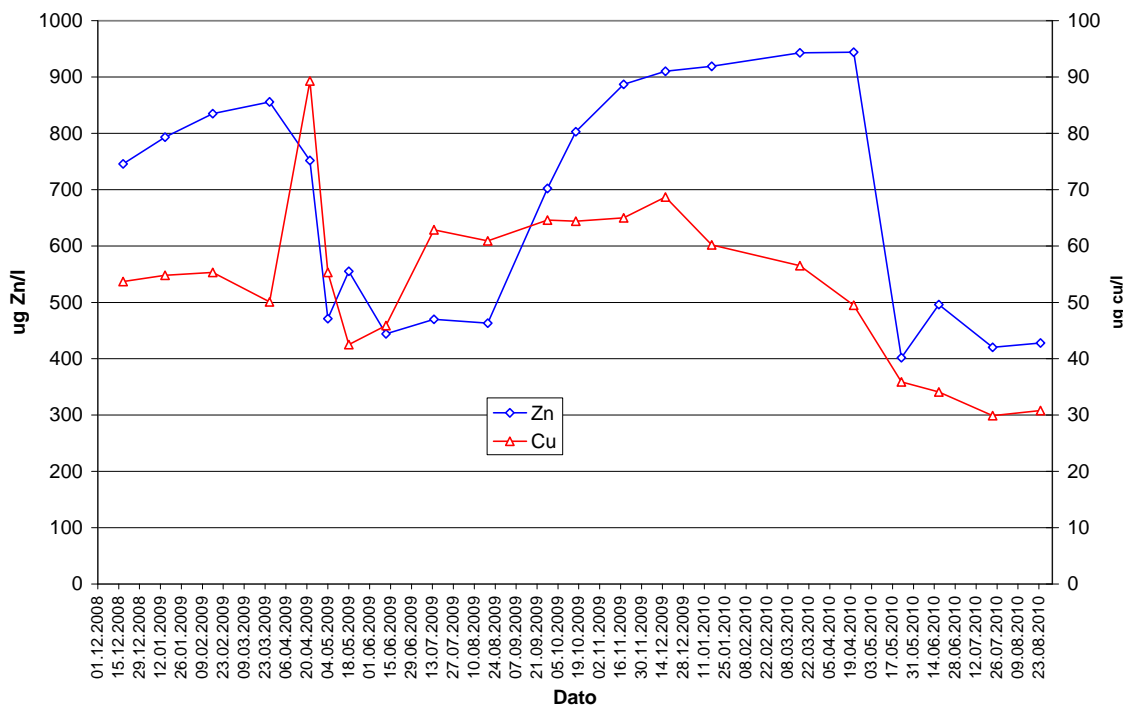
| | pH | Kond mS/m | SO ₄ ²⁻ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al µg/l | Fe µg/l | Cu µg/l | Zn µg/l | Cd µg/l | Pb µg/l | Mn µg/l | Vannf. l/s |
|---------------|------|--------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| Aritm. middel | 7,74 | 19,0 | 32,8 | 30,9 | 2,91 | <50 | 125 | 7,2 | 66,1 | 0,16 | 0,65 | 44,2 | 217,3 |
| Maks.verdi | 8,01 | 24,0 | 43,1 | 39,7 | 3,81 | <50 | 320 | 9,3 | 124,9 | 0,28 | 1,19 | 170,1 | 772,0 |
| Min.verdi | 7,46 | 13,3 | 23,7 | 21,7 | 2,11 | <50 | 50 | 4,8 | 27,2 | 0,06 | 0,20 | 10,3 | 24,6 |

Vannet i dammen har fortsatt en høy pH-verdi som skyldes alkaliske mineraler i avgangen og at avgangen ble tilsatt ekstra kalk i den siset tiden mens deponering pågikk for å stabilisere overflatesedimentet. I 2009-2010 varierte pH-verdien i området 6,7 – 8,0. Figur 12 viser alle pH-verdiene som er målt fra og med desember 2008.

En ser at tungmetallinnholdet har økt en del i utløpsvannet sett i forhold til resultatene for 1998 etter at gruva fikk overløp. Dette gjelder spesielt metallene kobber, sink og kadmium. Figur 13 viser observasjonsmaterialet for kobber og sink siden desember 2008.



Figur 12. pH-verdier ved utløpet av Hjerkinndammen i perioden 2008-2010.



Figur 13. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved utløpet av Hjerkinndammen i 2008-2010.

Metallkonsentrasjonene varierer med vannføringen og er høyest om vinteren når fortyningen er minst. Analysene er bestemt som totalt metallinnhold etter at ufiltrerte prøver er konservert med syre. Ved de pH-verdiene en har i dammen vil metaller som jern og kobber strtt sett foreligge i utfelt tilstand som partikler. Noe sink er også utfelt. Dette reduserer giftigheten til metallene sett i forhold til ørret. Det var fortsatt ørret i dammen sommeren 2010.

I denne undersøkelsen har en ikke sett på biologiske forhold. En har mange eksempler på at ørret kan overleve forholdvis høye metallkonsentrasjoner når metallene er lite biologisk tilgjengelige. På den annen side vil metallkonsentrasjoner som en nå har i dammen ha skadelige effekter på næringsdyr for fisk. Erfaringer fra andre lokaliteter har vist at det ikke er skadelig å spise fisken. Sannsynligvis har det alltid vært sparsomt med bunndyr i dammen etter at deponering opphørte. Erfaringer fra andre lokaliteter har vist at bunndyrsamfunn har vanskelig for å etablere seg på denne type substrat. Dagens metalltilførsler vil mest sannsynlig begrense mulighetene for en naturlig forbedring. Det er neppe krepsdyr i dammen da denne dyregruppe er blant de mest følsomme for denne type forurensning, og er normalt de første som forsvinner ved tungmetall- og partikkelbelastning. Det er forholdsvis enkelt å verifisere dette ved en enkel feltundersøkelse av bunndyrsamfunnene.

3.3 Stasjon Fo 4 - Folla ved Slåi

En har valgt å kontrollere virkningene mht tungmetallnivåer i Folla som følge av de nye tilførslerne fra Hjerkinndammen. En har da benyttet stasjonen ved Slåi som ligger et par km nedstrøms Strypbekken som kommer fra dammen. Stasjonen ble prøvetatt i alle år under driften ved Tverrfjellet gruve og fram til og med 1998. Ved denne stasjonen har en også et godt biologisk analysemateriale (bunndyr, fisk) fra tidligere undersøkelser og som ble samlet inn i årene 1970-1998. Figur 14 viser prøvetakingspunktet under brua.



Figur 14. Folla ved Slåi.

Foto: E.R. Iversen, 1998.

Analyseresultatene for året 2009-2010 er samlet i Vedlegg A bak i rapporten. I tabell 6 har en beregnet noen nøkkeltall for metallkonsentrasjoner for perioden 1.9.2009 – 31.8.2010. I tabell 7 har en samlet tilsvarende tall for året 1998 som var det siste året i undersøkelsesprogrammet for Norsulfid AS – avd. Follidal Verk.

Tabell 6. Nøkkeltall for metallkonsentrasjoner i Folla ved Slåi i 2009-2010.

| | Al | Fe | Cu | Zn | Cd | Pb | Ni | Co | Mn | As |
|---------------------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Tidsveiet årsmiddel | 16,3 | 76 | 3,88 | 39,3 | 0,098 | 0,112 | 0,56 | 0,050 | 4,60 | 0,05 |
| Maks.verdi | 51,2 | 251 | 6,03 | 63,5 | 0,160 | 0,394 | 0,88 | 0,096 | 12,7 | 0,09 |
| Min.verdi | 9,06 | 43 | 1,76 | 13,7 | 0,040 | 0,010 | 0,34 | 0,029 | 1,90 | <0,05 |

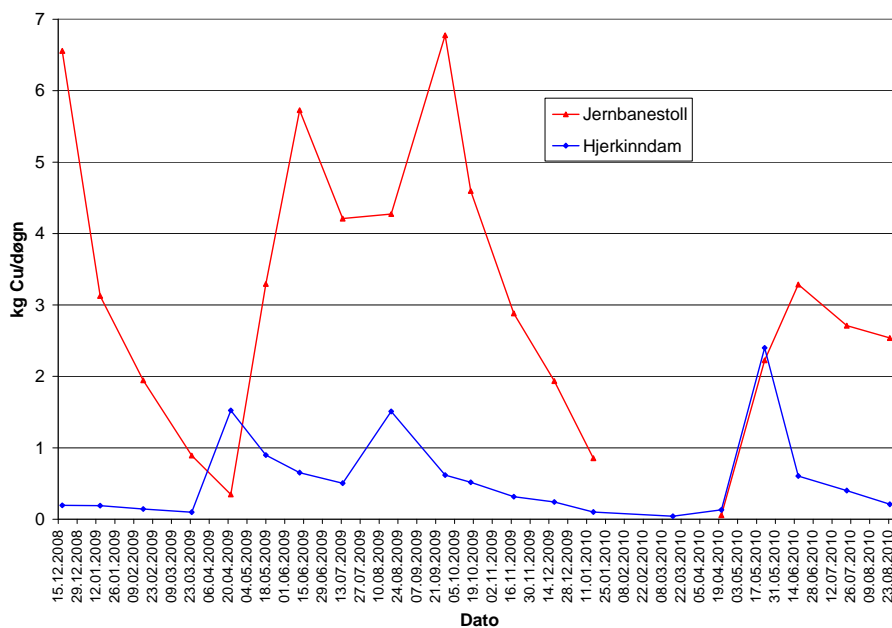
Tabell 7. Nøkkeltall for metallkonsentrasjoner i Folla ved Slåi i 1997-1998.

| | Fe | Cu | Zn | Pb | Cd | Mn | Ni | Co | As |
|---------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Aritm. middel | 88 | 1,2 | 4,3 | 0,08 | <0,01 | 6,8 | 0,6 | <0,1 | <0,1 |
| Maks.verdi | 440 | 3,3 | 9,9 | 0,38 | 0,04 | 47,5 | 1,2 | 3,5 | 0,2 |
| Min.verdi | 34 | 0,7 | 1,4 | <0,05 | <0,01 | 1,4 | 0,3 | <0,1 | <0,1 |

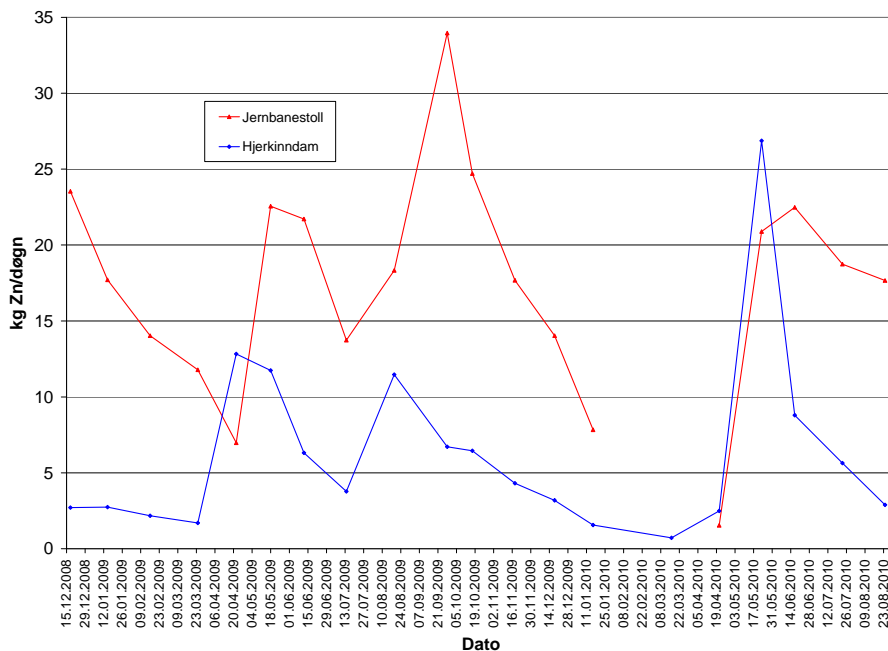
Resultatene viser at kobber-, sink- og kadmiumkonsentrasjonene har økt en del sett i forhold til nivåene i 1998. Når det gjelder kobber og kadmium er konsentrasjonene likevel forholdsvis lave. Økningen er størst for sink. Forholdene var meget spesielle vinteren 2009 – 2010 med langvarig kulde. Vannføringen ble etter hvert svært liten i Folla. Mye is gjorde at prøvetaker ikke fant vann på noen enkel måte. De påviste metallnivåene er trolig ikke så høye at de forårsaker direkte skadelige effekter på fiskebestanden i Folla nedstrøms tilløpet fra Hjerkinndammen. Effekter på primærproduksjon og næringsdyr for fisk kan være mulig, og vi anbefaler derfor at det gjennomføres undersøkelser for å kartlegge situasjonen.

4. Forurensningstransport

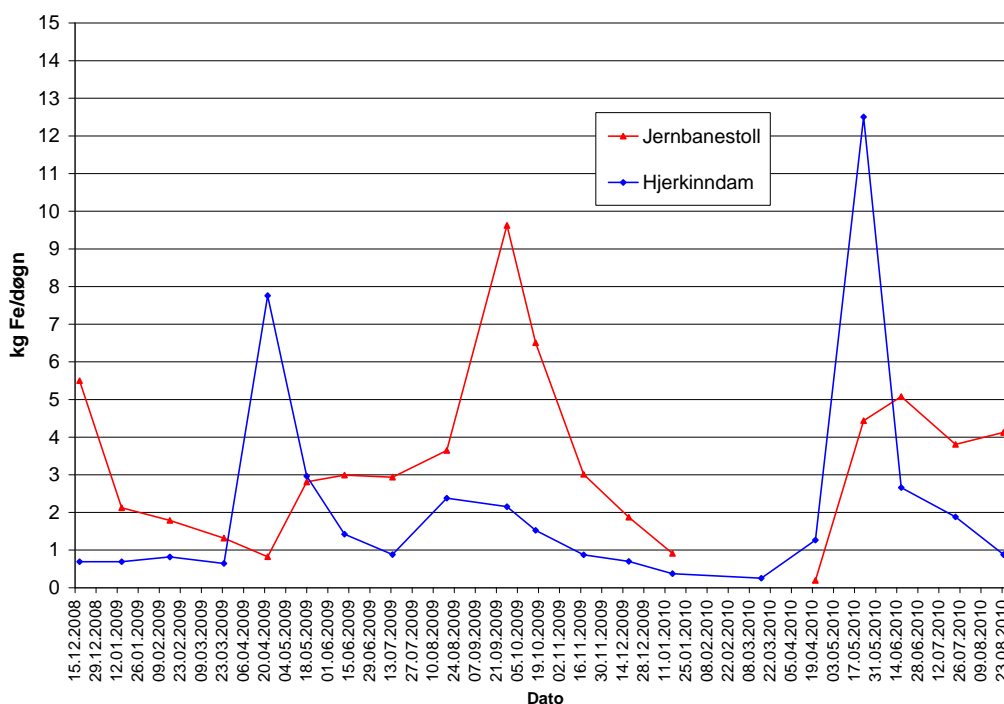
Ved hjelp av analyseresultat og døgnmiddelvannføring kan en beregne forurensningstransporten. Siden en foretar observasjoner både ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen kan det være interessant å sammenligne øyeblikksobservasjoner ved begge målepunkter, I figur 15, figur 16 og figur 17 har en fremstilt grafisk beregnet døgntransport for kobber, sink og jern ved de to prøvetakingsstasjonene.



Figur 15. Døgntransport av kobber ved utløpet av rør fra Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen i perioden 2008-2010.



Figur 16. Døgntransport av sink ved utløpet av rør fra Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen i perioden 2009 – 2010.



Figur 17. Døgntransport av jern ved utløpet av rør fra Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen i perioden 2009 – 2010.

Det er en del usikkerheter knyttet til å gjøre slike sammenligninger som skyldes at øyeblikkverdiene ofte kan variere mer ved utløpet av Jernbanestollen enn ved utløpet av dammen der tilførslene fra gruva er mer utjevnet. Ved økende vannføring, som f.eks. under snøsmeltingen om våren, kan det også forekomme en resuspensjon av utfelt metallslam i bekkesedimentet i Kvernbecken og i slamdammen. Figurene gir likevel et tydelig bilde av at det foregår en utfelling av metaller på strekningen fra utløpet av røret fra Jernbanestollen og fram til utløpet av dammen. En del utfelling foregår i selve Kvernbecken og særlig i områder der den passerer gjennom roligere partier i myrområder. Noe utfelling pågår også i dammen der pH-verdien er en del høyere.

Ved hjelp av tidsveiet årsmiddelverdi for analyseresultat og beregnet årsavrenning basert på feltmålingene i det hydrologiske året 2009-2010 er det i tabell 8 beregnet årstransporten for de viktigste komponenter ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen.

Tabell 8. Årstransport i 2009-2010 ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen

| | SO ₄ ²⁻ tonn/år | Al kg/år | Fe kg/år | Cu kg/år | Zn kg/år | Cd kg/år |
|----------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Jernbanestoll | 194 | 35,0 | 1018 | 714 | 5291 | 15,4 |
| Hjerkinndammen | 214 | 41,9 | 807 | 182 | 2571 | 7,0 |

Beregningene viser at det ikke skjer noen utfelling av sulfater eller aluminium på veien fra gruva til utløpet av dammen. Transporten av aluminium er imidlertid relativt beskjeden. Når det gjelder de øvrige metaller er det tydelig at det skjer en utfelling på veien. En kan si at dammen virker som et slags sedimenteringsbasseng for metallslam og at effektiviteten mht utfelling av kobber synes å være størst. Det er noe overraskende at så vidt mye sink felles ut selv om pH-verdien er en del lavere enn det optimale området for felling med kalk. Sannsynligvis kan dette ha sammenheng med en del medfelling sammen med jernslam.

5. Samlet vurdering

Vannfyllingen av Tverrfjellet gruve ved naturlig tilsig var en del av tiltaksplanen til Folldal Verk. Hensikten med et slikt tiltak var å begrense omfanget av mulige forvitningsprosesser i den vannfylte delen av gruva fordi en derved også begrenser tilgangen på oksygen i betydelig grad.

Det er noe blandede erfaringer med vannfylling av sulfidmalmgruver. Hvis en er heldig med vannfyllingen slik at gruva blir fylt med forholdsvis stillestående vann, oppnås de beste resultatene. Dersom det blir en bevegelse i vannmassene i gruva, og spesielt dersom gruva blir belastet med en tilrenning av forurenset vann som inneholder mye treverdige jern, kan en få økende mengder metaller i utløp fra gruva som resultat. Dette skyldes at treverdige jern virker som et kraftig oksidasjonsmiddel overfor sulfidminerale. Forvitringen pågår altså selv om tilgangen på oksygen er sterkt redusert. Metallkonsentrasjonene i overløpsvannet vil også være avhengig pH i utgående vann. En rekke prosesser som pågår i vannmassene og på mineralflatene vil påvirke pH og metallutlekking. En vannfylt sulfidmalmgruve vil alltid avgi en del metaller og spesielt sink som er relativt lett løselig. Slik er det også på Tverrfjellet. Metalltransporten fra gruva synes likevel å være en del høyere enn en forestilte seg at den ville bli da avslutningstiltakene ble planlagt for 20 år siden.

Av andre vannfylte sulfidmalmgruver der der en har oppnådd forholdsvis moderate metallkonsentrasjoner i overløpsvannet, men med en del sink, kan nevnes Joma gruve i Røyrvik kommune (Iversen, 2006), Nordre Geitryggen gruve i Folldal kommune (Iversen, 2003), Skorovas gruve i Namsskogan kommune (Iversen, 2004). Et eksempel på at det er uheldig å belaste en vannfylt sulfidmalmgruve med mye treverdige jern er Wallenberg gruve ved Løkken Verk i Meldal kommune (Iversen, 2009).

Det er vanskelig å vurdere situasjonen på Tverrfjellet da en ikke er helt sikker på hva som er hovedkilden til metallene. Det er derfor vanskelig å fastslå hva som foregår. Som nevnt i den foregående rapporten (Iversen, 2010) er det fastslått at en ikke lenger kan finne overløpsvann på Mellomortsnivå fra den vannfylte Malmsonen I. Mye tyder derfor på at vannstanden har sunket her og at vannet har funnet en annen vei inn i de øvrige delene av gruva. En mulig forklaring på at lekkasjen av metaller fra Tverrfjellet gruve er større enn forventet, kan ha sammenheng med at deponiet i Malmsonen I ikke lenger virker slik som planlagt. Det er fare for at de massene som ble deponert der fra oppryddingen i Folldal sentrum ligger delvis over vannstanden, samtidig som at det kanskje også strømmer forurenset drens vann gjennom avfallet. Dersom dette er tilfelle, er det umulig å gjennomføre tiltak på en enkel måte. Man må derfor forholde seg til situasjonen slik den er i dag i lang tid framover.

Det foreligger nå erfaringsmateriale om vannkvaliteten i overløpsvann fra desember 2008, samt en sammenhengende undersøkelse som inkluderer vannkvalitet og kvantitet over ett hydrologisk år fra 1.9.2009 til 31.8.2010. Resultatene viser at det pågår omfattende forvitningsreaksjoner inne i gruva, men at de alkaliske bergartene i gruva greier å nøytralisere de sure reaksjonene og heve pH-verdien til omkring 7. Resultatene tyder ikke på at det vil skje noen dramatiske endringer i forurenset tilstanden i den nærmeste tid framover. Lekkasjen av metaller fra gruva vil variere med vannmengdene som gruva blir belastet med. Vi anbefaler likevel at tilstanden i området overvåkes.

Når pH-verdien er så vidt høy som 7 innebærer dette at metaller som treverdige jern, aluminium og delvis kobber er utfelt som partikler i vannmassene, mens sink foreligger som løst. Dette reduserer giftvirkningen i betydelig grad. Jernet foreligger sannsynligvis i det vesentligste som toverdige når det kommer opp fra gruva gjennom hovedsjakta. Utover i Jernbanestollen oksiderer jernet gradvis. Når dette skjer, dannes meget finkornige partikler som fraktes helt ned til Hjerkinndammen og

sedimenterer delvis der. For tiden virker derfor Hjerkinndammen som et sedimenteringsbasseng for tungmetallslam og har følgelig en dempende effekt sett i forhold til forurensningstilstanden i Folla.

Det er viktig å fastslå hvilken miljøtilstand man ønsker i området, inkludert Hjerkinndammen og Folla, og om det er behov for å gjennomføre forurensningsbegrensende tiltak. I Hjerkinndammen er situasjonen i dag at fisk fortsatt overlever. Dammen benyttes som en fiske- og badedam og oppleves som et positivt element i området, godt synlig som den er fra de kanter hvor folk ferdes. Det er lite sannsynlig at det er en normal biologisk aktivitet i overflatesedimentet og i vannmassene i dammen, noe det trolig ikke har vært i årene etter at avgangsdeponeringen ble avsluttet i 1993. Når det gjelder utviklingen framover vil det knytte seg en del usikkerhet til den. Vi vurderer situasjonen likevel slik at dersom en fortsatt ønsker å beholde dammen som en bade- og fiskedam, er det uheldig å belaste dammen med metallhydroksidslam i den størrelsesorden det er snakk om for tiden. En kan eventuelt gjennomføre en kartlegging av den biologiske forurensningstilstanden i dammen for å vurdere forholdene. Dersom en ikke godtar situasjonen slik den er i dag, anbefaler vi å ta stilling til mulige tiltak så snart som mulig av hensyn til dammens framtidige bruk.

Selv om en kan påvise økte metallkonsentrasjoner i Folla nedstrøms Hjerkinndammen, og spesielt når det gjelder sink, synes likevel ikke de påviste konsentrasjonene å være på et nivå som gir direkte toksiske effekter på fisk. Effekter på primærproduksjon og næringsdyr for fisk kan være mulig, og vi anbefaler derfor at det gjennomføres undersøkelser for å kartlegge situasjonen. I Folla har en gode referansedata fra tidligere undersøkelser.

Dersom videre undersøkelser peker i retning av tiltak finnes flere muligheter som vi kort vil nevne i denne rapporten:

Adsorpsjon på mineraler. Det er allerede gjennomført ulike tiltak med å forsøke å ta opp tungmetaller på mineraler. Dette er en type tiltak som blir brukt i en del sammenhenger. Av ulempene kan nevnes at såkalte geokjemiske prosesser egner seg best når belastningen er relativt stabil. I dette tilfelle kan utfelling av jernslam på mineralflatene begrense levetiden til filteret. Filtermassene må deponeres eller regenereres. Flere mineraler danner stabile komplekser med tungmetaller.

Kjemisk rensing. Gruva har allerede gjort en del av jobben. Dersom en hever pH i utgående vann ytterligere med et par pH-enheter til, vil en også felle ut sink og kadmium, samt restinnholdet av løst kobber. Kjemikalieforbruket vil bli forholdsvis beskjedent. Slammet som en får dannet kan tas ut på et sandfilter eller i en flotasjonsprosess. Prosessen er enkel og krever ikke daglig tilsyn idet den kan fjernovervåkes. Ulempen er at anlegget medfører kostnader til drift. Slammet er trolig omsettbart i markedet idet det vil inneholde ca 70 % Zn. Metallene bringes tilbake i kretsløpet eller kan nyttiggjøres på annen måte. Det blir ingen lokal deponering.

Tetting av gruva. Dersom det er mulig å redusere vanntilførselen til gruva, kan dette være et gunstig tiltak. Det anbefales å ta kontakt med personer som arbeidet med slike problemstillinger da gruva var i drift. Det er opplyst fra tidligere ansatte i Follidal Verk at det var problemer med vanninntrengning i Malmsone I, særlig om våren. Det bør vurderes om det er teknisk gjennomførbart å tette i overflaten i dette området og hva det eventuelt vil koste. Det vil være spesielt gunstig å tette over Malmsone I, særlig dersom dette er hovedkilden.

Pumping fra ventilasjonsorta. Det vil være mulig å ta ut gruvevannet fra de dypere områdene i gruva for rensing ved å pumpe fra avtrekksorta ved jernbanelinjen. Det knytter seg imidlertid en usikkerhet til om dette er gunstig da en ikke kjenner til hvilken vannkvalitet det er i det dypeste området i gruva. Gevinsten er at det vil være mulig å kjøre en behandlingsprosess under konstant belastning, noe som er en fordel uavhengig av hvilken prosess en velger.

6. Referanser

- Beck, P. Å., 1991. Plan for tiltak mot forurensning ved nedleggelse av driften (Folldal Verk A.S). Det Norske Veritas Industry A/S – DN, Veritas Miljøplan, Høvik, 1991.
- Norges Vassdrags- og Energiverk. Vassdragsdirektoratet. Hydrologisk avdeling, 1987. Avrenningskart over Norge.
- Iversen, E.R., Grande, M. og Aanes, K.J., 1999. Norsulfid as, avd. Folldal Verk. Kontrollundersøkelser etter nedleggelse av driften. NIVA-rapport. O-64120, l.nr. 4036-1999. 91 s.
- Iversen, E.R., 2003. Avrenning fra Folldal Verk, Folldal sentrum. Undersøkelser i 2001-2003. NIVA-rapport, O-21709, O-21265, l.nr. 4734-2003. 38 s.
- Iversen, E.R., 2004. Skorovas gruve, Namsskogan kommune. NIVA-rapport, O-21097, l.nr. 4799-2004. 38 s.
- Iversen, E.R., 2006. Oppfølgende undersøkelser etter vannfylling av Joma gruve. Fysisk/kjemiske undersøkelser i perioden 1999-2006. Sluttrapport. NIVA-rapport, O-99215, l.nr. 5297-2006, 29 s.
- Iversen, E.R., 2009. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune. Undersøkelser i perioden 1.9.2008 – 31.8.2009. NIVA-rapport, O-28381, l.nr. 5855-2009. 60 s.
- Iversen, E.R., 2010. Kontroll av avrenning fra Tverrfjellet gruve på Hjerkin, Dovre kommune. Undersøkelser i 2008-2009. NIVA-rapport. L.nr. 5911-2010. O-28454, 33 s.
- Kleiv, R.A., 1996. Fremtidig utvikling av gruvevann i Tverrfjellet gruver. Hovedoppgaven, NTH 1995/96, Institutt for geologi og bergteknikk.

Vedlegg A. Analyseresultater

Tabell 9. Analyseresultater. Stasjon 1. Utløp rør fra Jernbanestoll i det hydrologiske året 1.9.2009 - 31.8.2010.

| Dato | pH | Kond mS/m | SO ₄ ²⁻ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Pb mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Mn mg/l | Si mg/l | Vannf. l/s |
|---------------------|------|--------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| 28.09.2009 | 6,44 | 106,3 | 587 | 173 | 27,1 | 0,220 | 5,98 | 4,21 | 21,1 | 0,070 | <0,01 | 0,030 | 0,050 | 1,81 | 4,74 | 18,6 |
| 17.10.2009 | 6,74 | 96,8 | 545 | 164 | 25,5 | 0,150 | 4,90 | 3,46 | 18,6 | 0,058 | 0,010 | 0,030 | 0,045 | 1,69 | 4,63 | 15,4 |
| 18.11.2009 | 6,95 | 100,0 | 539 | 164 | 26,5 | 0,120 | 3,03 | 2,90 | 17,8 | 0,056 | 0,010 | 0,030 | 0,045 | 1,83 | 4,36 | 11,5 |
| 18.12.2009 | 7,05 | 100,0 | 530 | 161 | 26,0 | 0,140 | 2,08 | 2,15 | 15,6 | 0,048 | <0,01 | 0,027 | 0,041 | 1,77 | 4,31 | 10,4 |
| 16.01.2010 | 7,28 | 96,2 | 467 | 147 | 23,8 | 0,045 | 1,44 | 1,35 | 12,4 | 0,036 | 0,042 | 0,023 | 0,032 | 1,54 | 3,97 | 7,31 |
| 21.04.2010 | 7,24 | 106,1 | 530 | 172 | 29,5 | 0,028 | 1,45 | 0,42 | 11,5 | 0,033 | 0,020 | 0,021 | 0,029 | 1,68 | 4,11 | 1,55 |
| 23.05.2010 | 7,33 | 107,0 | 563 | 179 | 27,5 | 0,176 | 3,29 | 1,65 | 15,5 | 0,042 | 0,010 | 0,022 | 0,035 | 1,65 | 4,17 | 15,6 |
| 17.06.2010 | 6,28 | 123,9 | 689 | 220 | 31,5 | 0,092 | 3,48 | 2,25 | 15,4 | 0,041 | 0,010 | 0,030 | 0,049 | 2,38 | 4,53 | 16,9 |
| 23.07.2010 | 7,01 | 114,0 | 611 | 200 | 28,5 | 0,074 | 3,05 | 2,17 | 15,0 | 0,038 | 0,010 | 0,030 | 0,045 | 2,14 | 4,43 | 14,5 |
| 24.08.2010 | 6,45 | 109,3 | 611 | 198 | 28,7 | 0,084 | 3,48 | 2,14 | 14,9 | 0,040 | 0,010 | 0,029 | 0,044 | 2,09 | 4,51 | 13,7 |
| Aritm. middel | 6,88 | 106,0 | 567 | 178 | 27,5 | 0,113 | 3,22 | 2,27 | 15,8 | 0,046 | 0,015 | 0,027 | 0,042 | 1,86 | 4,38 | 12,5 |
| Tidsveiet årsmiddel | 6,93 | 105,0 | 554 | 174 | 27,3 | 0,100 | 2,91 | 2,04 | 15,1 | 0,044 | 0,016 | 0,026 | 0,040 | 1,81 | 4,31 | 11,1 |
| Maks.verdi | 7,33 | 123,9 | 689 | 220 | 31,5 | 0,220 | 5,98 | 4,21 | 21,1 | 0,070 | 0,042 | 0,030 | 0,050 | 2,38 | 4,74 | 18,6 |
| Min.verdi | 6,28 | 96,2 | 467 | 147 | 23,8 | 0,028 | 1,44 | 0,42 | 11,5 | 0,033 | 0,010 | 0,021 | 0,029 | 1,54 | 3,97 | 1,55 |

Tabell 10. Analyseresultater. Stasjon 2. Utløp Hjerkinndammen i det hydrologiske året 1.9.2009 - 31.8.2010.

| Dato | pH | Kond mS/m | SO ₄ ²⁻ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al µg/l | Fe µg/l | Cu µg/l | Zn µg/l | Cd µg/l | Pb µg/l | Ni µg/l | Co µg/l | Mn µg/l | As µg/l | Si mg/l | Vannf. l/s |
|---------------------|------|--------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| 28.09.2009 | 7,94 | 24,4 | 58,1 | 36,7 | 4,17 | 22,8 | 225 | 64,6 | 702 | 2,05 | 2,47 | 1,40 | 0,64 | 28,8 | 0,27 | 2,28 | 111 |
| 17.10.2009 | 7,60 | 33,1 | 62,3 | 38,3 | 4,32 | 18,8 | 190 | 64,4 | 803 | 2,29 | 1,72 | 1,70 | 0,76 | 35,6 | 0,28 | 2,32 | 92,9 |
| 18.11.2009 | 7,77 | 26,5 | 64,7 | 41,3 | 4,61 | 11,6 | 180 | 65,0 | 887 | 2,46 | 1,36 | 1,70 | 0,84 | 29,5 | 0,20 | 2,53 | 56,2 |
| 16.12.2009 | 7,71 | 27,6 | 66,2 | 42,0 | 4,78 | 10,4 | 200 | 68,7 | 910 | 2,53 | 1,25 | 1,90 | 1,03 | 63,7 | 0,22 | 2,70 | 40,6 |
| 16.01.2010 | 7,42 | 28,2 | 68,9 | 42,9 | 4,89 | 8,92 | 220 | 60,2 | 919 | 2,55 | 1,74 | 2,26 | 1,11 | 116 | 0,27 | 2,85 | 19,6 |
| 16.03.2010 | 7,38 | 29,1 | 69,8 | 44,4 | 5,08 | 8,00 | 338 | 56,5 | 943 | 2,68 | 1,01 | 2,33 | 1,42 | 182 | 0,27 | 3,03 | 8,74 |
| 21.04.2010 | 7,30 | 29,4 | 71,0 | 45,7 | 5,22 | 7,65 | 480 | 49,5 | 944 | 2,48 | 0,77 | 2,35 | 1,80 | 275 | 0,27 | 3,18 | 30,6 |
| 23.05.2010 | 7,79 | 16,4 | 32,3 | 23,8 | 2,57 | 21,1 | 187 | 35,9 | 402 | 1,07 | 0,26 | 1,30 | 0,74 | 94,3 | 0,08 | 1,90 | 774 |
| 17.06.2010 | 6,70 | 22,7 | 53,6 | 33,6 | 3,84 | 10,9 | 150 | 34,1 | 496 | 1,26 | 0,28 | 1,60 | 0,46 | 55,7 | 0,20 | 1,94 | 205 |
| 23.07.2010 | 7,96 | 24,1 | 58,4 | 37,1 | 4,08 | 9,06 | 140 | 29,9 | 420 | 1,12 | 0,31 | 1,80 | 0,45 | 31,6 | 0,38 | 1,93 | 156 |
| 24.08.2010 | 7,01 | 25,0 | 61,4 | 38,7 | 4,30 | 7,08 | 130 | 30,8 | 428 | 1,15 | 0,26 | 1,90 | 0,52 | 42,0 | 0,22 | 2,04 | 78,4 |
| Aritm. middel | 7,51 | 26,0 | 60,6 | 38,6 | 4,35 | 12,39 | 222 | 50,9 | 714 | 1,97 | 1,04 | 1,84 | 0,89 | 86,7 | 0,24 | 2,43 | 143 |
| Tidsveiet årsmiddel | 7,49 | 26,2 | 61,3 | 39,0 | 4,41 | 12,09 | 231 | 51,6 | 736 | 2,03 | 1,09 | 1,88 | 0,93 | 94,2 | 0,25 | 2,48 | 129 |
| Maks.verdi | 7,96 | 33,1 | 71,0 | 45,7 | 5,22 | 22,80 | 480 | 68,7 | 944 | 2,68 | 2,47 | 2,35 | 1,80 | 275 | 0,38 | 3,18 | 774 |
| Min.verdi | 6,70 | 16,4 | 32,3 | 23,8 | 2,57 | 7,08 | 130 | 29,9 | 402 | 1,07 | 0,26 | 1,30 | 0,45 | 28,8 | 0,08 | 1,90 | 8,74 |

Tabell 11. Analyseresultater. Stasjon Fo4 2009-2010 i det hydrologiske året 1.9.2009-31.8.2010.

| Dato | Al | Fe | Cu | Zn | Cd | Pb | Ni | Co | Mn | As |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| 28.09.2009 | 17,1 | 69 | 2,87 | 25,1 | 0,072 | 0,088 | 0,34 | 0,046 | 4,52 | <0,05 |
| 17.10.2009 | 15,0 | 46 | 3,23 | 34,7 | 0,088 | 0,079 | 0,43 | 0,039 | 4,01 | <0,05 |
| 18.11.2009 | 10,1 | 48 | 3,56 | 45,2 | 0,110 | 0,074 | 0,44 | 0,029 | 1,90 | <0,05 |
| 16.12.2009 | 9,06 | 43 | 4,70 | 53,2 | 0,120 | 0,078 | 0,41 | 0,031 | 1,90 | <0,05 |
| 21.04.2010 | 9,27 | 73 | 6,03 | 63,5 | 0,160 | 0,150 | 0,88 | 0,070 | 5,28 | 0,07 |
| 23.05.2010 | 51,2 | 251 | 1,76 | 22,4 | 0,058 | 0,050 | 0,70 | 0,096 | 12,7 | 0,03 |
| 17.06.2010 | 25,4 | 75 | 2,47 | 20,0 | 0,052 | 0,010 | 0,60 | 0,050 | 5,32 | 0,06 |
| 23.07.2010 | 21,2 | 83 | 3,38 | 15,3 | 0,042 | 0,394 | 0,53 | 0,045 | 5,28 | 0,09 |
| 24.08.2010 | 11,5 | 55 | 1,91 | 13,7 | 0,040 | 0,022 | 0,53 | 0,038 | 3,74 | 0,09 |
| Aritm. middel | 18,9 | 83 | 3,32 | 32,6 | 0,082 | 0,105 | 0,54 | 0,049 | 4,96 | 0,05 |
| Tidsveiet årsmiddel | 16,3 | 76 | 3,88 | 39,3 | 0,098 | 0,112 | 0,56 | 0,050 | 4,60 | 0,05 |
| Maks.verdi | 51,2 | 251 | 6,03 | 63,5 | 0,160 | 0,394 | 0,88 | 0,096 | 12,7 | 0,09 |
| Min.verdi | 9,06 | 43 | 1,76 | 13,7 | 0,040 | 0,010 | 0,34 | 0,029 | 1,90 | <0,05 |

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no