

Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune

Undersøkelser i perioden 1.9.2007-31.8.2008



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

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

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------------|
| Tittel Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune Undersøkelser i perioden 1.9.2007 - 31.8.2008 | Løpenr. (for bestilling) 5749-2009 | Dato 9.1.2009 |
| | Prosjektnr. Undernr. O-27442 | Sider 60 |
| Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune | Fagområde Miljøgifter | |
| | Geografisk område Sør-Trøndelag | Trykket CopyCat AS, 2009 |

| | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Oppdragsgiver(e) Bergvesenet | Oppdragsreferanse Best.nr.: 31/07 |
|---------------------------------|--------------------------------------|

Sammendrag

Forurensningstilstanden i Løkken gruveområde har vært fulgt opp etter at tiltaksplanen til Løkken Gruber fikk sin fulle virkning i 1992. Etter en forverring av tilstanden i 2002-2004 ble det iverksatt et mer omfattende program sommeren 2005 for å bedre beslutningsgrunnlaget for mulige tiltak. Programmet ble videreført i 2007/2008. Resultatene fra siste års undersøkelse viser at tiltaksplanen fra 1991 er i ferd med å svikte. Gruva slipper ut stadig større mengder kobber og fjerner ikke lengere sink. Økt surhet medfører også økte utslipp av aluminium. De samlede metallutslipp fra gruveområdet til Orkla er økende. Utslipet av kobber er fortsatt en del lavere enn i tiden før tiltaksplanen ble satt i drift, omkring 75 % av nivået i 1990, men utslippet av sink er omtrent på samme nivå. Fortynningssituasjonen i Orkla har vært god i de siste år. En har derfor ikke påvist noen endringer av betydning i metallkonsentrasjonene i Orkla. Metalltransporten fra gruveområdet siste år var ca. 28 tonn kobber, 68 tonn sink og 111 tonn aluminium.

| | |
|---|--|
| Fire norske emneord 1. Kisgruve 2. Gruvevann 3. Tungmetaller 4. Løkken Verk | Fire engelske emneord 1. Pyrite Mining 2. Acid Mine Drainage 3. Heavy Metals 4. Løkken Mines, Norway |
|---|--|



Eigil Rune Iversen
Prosjektleder



Helge Liltved
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

O-27442

**Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i
Meldal kommune**

Undersøkelser i perioden 1.9.2007 - 31.8.2008

Forord

Undersøkelsene i Løkken gruveområde i 2007-2008 er finansiert av Bergvesenet og er en kontinuerlig fortsettelse av et utvidet kontrollprogram som ble startet sommeren 2005. Vår kontaktperson har vært Steinar Nilssen.

NIVAs instrumentsentral ved Arne Veidel har vært ansvarlig for montasje og drift av målestasjonene for vannføring.

Vi vil takke Orkla Industrimuseum og Meldal kommune for all assistanse under driften av målestasjonene og for den rutinemessige prøvetaking. Vi vil også takke Kraftverkene i Orkla som har hatt ansvaret for prøvetakingen i Raubekken og i Orkla.

Oslo, 9. januar 2009

Eigil Rune Iveren

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| Summary | 7 |
| 1. Innledning | 8 |
| 2. Undersøkelsesopplegg | 9 |
| 2.1 Stasjonsvalg | 9 |
| 2.2 Prøvetaking og analyse | 9 |
| 3. Resultater | 11 |
| 3.1 Hydrologi og klima | 11 |
| 3.2 Vannkvalitet på Løkkensiden | 13 |
| 3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon | 13 |
| 3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald | 14 |
| 3.2.3 Stasjon C. Grøft i Gammelgruva | 15 |
| 3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatnsiden | 16 |
| 3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt | 16 |
| 3.3.2 Utløp Fagerlivatn | 22 |
| 3.3.3 Utløp Bjørnlivatn | 23 |
| 3.4 Vassdragsstasjoner | 25 |
| 3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk | 25 |
| 3.4.2 Orkla ved Vormstad | 28 |
| 4. Massebalanse | 30 |
| 4.1 Vannbalanser | 30 |
| 4.1.1 Bjørnlivatn-Raubekken | 30 |
| 4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve | 31 |
| 4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve | 36 |
| 4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene | 41 |
| 5. Samlet vurdering | 44 |
| 6. Referanser | 46 |
| Vedlegg A. Analyseresultater | 47 |

Sammendrag

Tiltaksplanen til Løkken Gruber fra 1991 fikk sin virkning fra april 1992 da det ble utslipp fra Wallenberg pumpestasjon. Hensikten med tiltaket har vært å utnytte den vannfylte gruvas kapasitet til å felle ut tungmetaller. Sideberget i gruva og områder som er tilbakefylt med gråberg bidrar til å heve pH-verdien i inngående vann slik at treverdige jern felles ut. Fellingen tar også med seg en del andre metaller. Når pH-verdien stiger, skjer det også en utfelling av kobberioner på kisflater i gruva. Tiltaket har som konsekvens at jernet som går ut av gruva er i toverdige form. Virkningsgraden til tiltaket er avhengig av at gruva har evne til å heve pH-verdien.

Tiltaket har vært fulgt med et løpende rutineprogram som ble forsterket i 2002 da en første gang merket store endringer i vannkvaliteten til utgående vann. En kunne påvise allerede omkring 1995 at jernmengdene ut av gruva økte, noe som var en påminnelse om at tiltaket ikke er endelig. I 2005 ble det startet et mer omfattende kontrollprogram for å avklare situasjonen bedre og for å skaffe grunnlag for nye tiltaksvurderinger. Denne undersøkelsen er en fortsettelse av dette programmet.

Resultatene fra undersøkelsene siste år viser at gruva ikke lenger greier å heve pH-verdien i inngående vann tilstrekkelig. Når en av og til måler høye pH-verdier, har dette kun sammenheng med at pumpestasjonen i Wallenberg sjakt pumper ut rent overflatevann som trenger inn i rasområdet rundt sjakten i perioder med mye nedbør eller snøsmelting. Lave pH-verdier i den vannfylte gruva medfører økte metallutslipp. Sett i forhold til situasjonen for 10 år siden er utslippene av jern tredoblet mens utslippet av kobber er tidoblet. Siste året ble utslippet av kobber nesten doblet fra gruva. Gruva greier ikke lenger å fjerne sink fra inngående vann. Økt surhet fører også til en kraftig økning i utslippet av aluminium som har økt fra ca 2 tonn i året for 10 år siden til ca. 40 tonn siste år. Utslippet av kobber har endret seg mest i den senere tid. Dette skyldes at adsorpsjonsprosessen som pågår i gruva, der kobberioner tas opp på kisflater er svært avhengig av pH-verdien. Når pH faller under 3 stopper opptaket helt opp.

Det forholdet at jernmengdene har økt så mye har fått konsekvenser for det som foregår i Fagerlivatn/Bjørnlivatn. Jernet foreligger stort sett som toverdige i utgående vann. Ute i de to innsjøene oksiderer jernet til treverdige og hydrolyserer (felles ut). Under denne prosessen utvikles syre og pH faller. For tiden er pH-verdien ved utløpet av Bjørnlivatn omkring 3,1. Ved en så lav pH-verdi er det stort sett bare jern som felles ut i innsjøene. De øvrige metallene i utslippet fra Wallenberg pumpestasjon fortsetter videre til Raubekken og Orkla.

Metalltransporten i Raubekken økte siste år, delvis pga naturlige årsaker som følge av mye nedbør og derav økt utvasking fra gruveavfall i dagen på Løkken-siden, men også som følge av økte tilførsler fra Bjørnlivatn-siden fordi renseeffekten i gruva er avtakende. Sinktransporten er for tiden omtrent av samme størrelse som før tiltaksplanen ble satt i verk, mens kobbertransporten fortsatt er noe lavere.

Orkla har fått en økt metallbelastning siste år, men på grunn av gode fortynningsforhold i vassdraget har det ikke vært registrert signifikante økninger i metallnivåene i Orkla ved målestasjonen på Vormstad. Årsmiddel for Cu-konsentrasjon ligger fortsatt lavere enn 10 µg Cu/l. Det måles imidlertid enkelte øyeblikksverdier over 10 µg Cu/l, noe som også er blitt registrert tidligere år.

For det hydrologiske året 2007-2008 har en beregnet følgende nøkkeltall for metalltransporten i Løkken gruveområde:

| Kilde | SO₄ tonn/år | Al tonn/år | Fe tonn/år | Cu tonn/år | Zn tonn/år | Cd kg/år |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Tilførsler til Wallenberg gr. | 1567 | 57,9 | 292 | 20,6 | 17,5 | 66,7 |
| Ut av Wallenberg pst. | 1820 | 40,7 | 171 | 8,6 | 23,4 | 80,3 |
| Ut av Bjørnlivatn | 2113 | 35,2 | 30,9 | 8,8 | 24,8 | 79,4 |
| Transport i Raubekken | 5424 | 111,5 | 143 | 28,3 | 68,1 | 207 |
| Differanse (=Løkkensiden)* | 3311 | 76,3 | 112 | 19,5 | 43,3 | 171 |

*Differansen mellom transporten i Raubekken og transporten ut av Bjørnlivatn gir uttrykk for tilførslene fra Løkken-siden som ikke samles opp av dreneringstiltaket.

Etter 1989 har en bortsett fra i tre årsperioder datagrunnlag for å beregne samlet årstransport fra Løkken gruveområde til Orkla. Utviklingen har vært som følgende:

| Hyd.år | SO₄ tonn/år | Al tonn/år | Fe tonn/år | Cu tonn/år | Zn tonn/år | Cd kg/år |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| 1989-1990 | 3040 | | 383 | 40,4 | 65,8 | 130 |
| 1990-1991 | 4480 | | 478 | 39,1 | 72,7 | 199 |
| 1991-1992 | 4195 | | 434 | 37,6 | 72,3 | 190 |
| 1992-1993 | 4490 | 65,6 | 229 | 22,2 | 76,7 | 173 |
| 1993-1994 | 2761 | 29,4 | 133 | 11,8 | 43,8 | 82,3 |
| 1994-1995 | 3764 | 39,4 | 166 | 16,2 | 54,0 | 116 |
| 1995-1996 | 2431 | 29,1 | 112 | 9,1 | 33,2 | 73,3 |
| 1996-1997 | 4517 | 54,6 | 180 | 23,5 | 63,9 | 156 |
| 1997-1998 | 3484 | 36,7 | 117 | 12,6 | 42,7 | 101 |
| 1998-1999 | 3554 | 46,5 | 158 | 14,2 | 43,1 | 93,7 |
| 1999-2000 | 3707 | 40,2 | 126 | 14,4 | 44,7 | 95,6 |
| 2003-2004 | 3520 | 48,2 | 101 | 14,2 | 39,4 | 87,1 |
| 2004-2005 | 7156 | 126,5 | 192 | 36,7 | 90,7 | 273 |
| 2005-2006 | 4088 | 69,0 | 130 | 18,4 | 46,3 | 119 |
| 2006-2007 | 5717 | 70,2 | 125 | 21,9 | 58,8 | 138 |
| 2007-2008 | 5424 | 111,5 | 143 | 28,3 | 68,1 | 207 |

Resultatene fra undersøkelsene siste år gir fortsatt ikke holdepunkter for å endre noen av konklusjonene fra tidligere undersøkelser der en har drøftet årsaker og virkninger til de prosesser som finner sted i den vannfylte gruva og som også er grunnlaget for tiltaksplanen fra 1991. Ved hjelp av denne tiltaksplanen har en greid å kontrollere forurensningssituasjonen i nedre Orkla i en periode på 10 år. I dag ser en at planen ikke lenger virker tilfredsstillende og har utspilt sin rolle. 10 år er en svært kort tid sett i forhold til den tiden som gruveområdet vil forurense.

Summary

Title: Loadings of Heavy Metals in the Løkken Mining Area, Norway in 2008.

Year: 2009

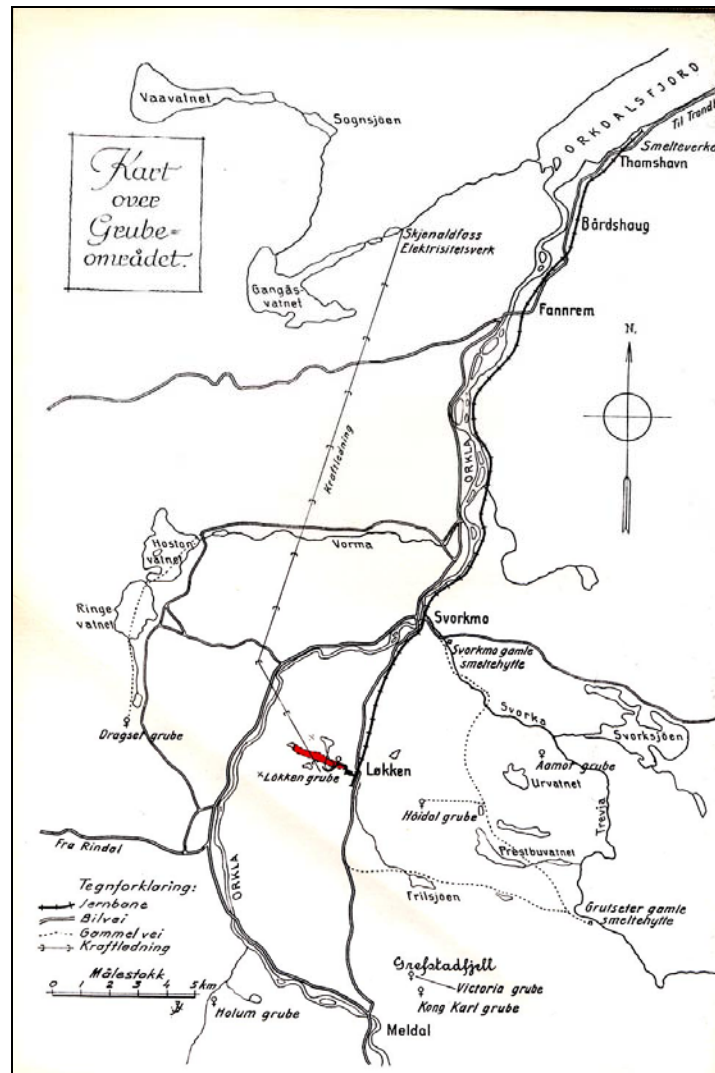
Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5484-2

The abandoned Loekken pyrite mine in Meldal municipality has for long time been the most polluting pyrite mine in Norway. During the operating period the mine water was the main source of pollution. Different mitigative measures were carried out between 1972 and 1992. Flooding the 450 m deep mine in the period from 1983 to 1992 and pumping acid drainage from the dumps through the flooded mine led to a 95 % reduction of the copper run-off from the area. The initial pH of the mine water was about 2.3. After flooding the pH raised to 5.5-6. In 2002-2005 pH in the outcoming water dropped from 6 to below 3 in periods. Elevated concentrations of copper, zinc, aluminium and ferrous iron were observed as well. At the end of 2005 the acid drainage was diverted to an alternative shaft. This led to a positive effect in the following year. However, in 2007 the pH in the outcoming water dropped to about pH 3 again causing a substantial raise in the copper and aluminium concentrations. Since 1995 the loadings of ferrous iron from the mine has tripled. Studies carried out in the period 2005-2008 show that the acid drainage from the dumps is moving through the two upper levels of the mine. Consequently, the retention time is in the range of one year. The theoretical retention time in the flooded mine is about 8 years. At the outlet of 2008 it is obvious the flooded mine has lost its capacity of neutralising incoming water. The effects of the chosen measure have come to an end. Ferric iron in the incoming water is oxidising pyrite surfaces in the mine causing increasing concentrations of ferrous iron in outgoing water. Copper concentrations are increasing as well due to oxidation. In addition, the adsorption effect of copper ions on pyrite surfaces in the flooded mine is increasing due to falling pH-values below 3.

1. Innledning

Forurensningsproblemene på Løkken tiltok sterkt for omkring 100 år siden og kort tid etter at stor-driften på kis startet. De første miljøundersøkelser ble startet allerede på 1920-tallet i regi av gruve-selskapet. I tiden etter har gruveområdet og Orklavassdraget vært under kontinuerlig overvåking av gruveselskapet fram til 1995, innenfor det statlige program for forurensningsovervåking av Orkla i perioden 1980-2000 og for tiden av Bergvesenet som har tilsyn med virkningene av de siste tiltakene. I forbindelse med at gruvedriften ble nedlagt i 1987, ble det gjennomført flere forurensningsbegrensende tiltak. Det viktigste var å ta i bruk den vannfylte Wallenberg gruve som et ”rensaneanlegg” for forurenset dreinsvann fra bergveltene på Løkkensiden. Etter at dette tiltaket viste de første tegn på å svikte i 2002, ble det startet et mer omfattende undersøkelsesprogram sommeren 2005. Den foreliggende rapporten gir en beskrivelse av undersøkelser som er utført i det hydrologiske året 2007-2008. I en foregående rapport fra dette programmet (Iversen, 2006) og i en konsekvensutredning foretatt av Bergvesenet (2007) er det gitt en mer utførlig beskrivelse av den historiske utvikling og av forurensningsproblematikken i gruveområdet. Figur 1 viser på en kartskisse beliggenheten til Løkken gruveområde i nedre del av Orklavassdraget.



Figur 1. Beliggenheten til Løkken gruveområde i Orklavassdraget (fra Løkken Verk 1654-1954. En norsk grube gjennom 300 år. Orkla Grube- Aktiebolag, 1954).

2. Undersøkelsesopplegg

2.1 Stasjonsvalg

I tabell 1 er gitt en oversikt over prøvetakingsstasjoner som er benyttet under feltundersøkelsen

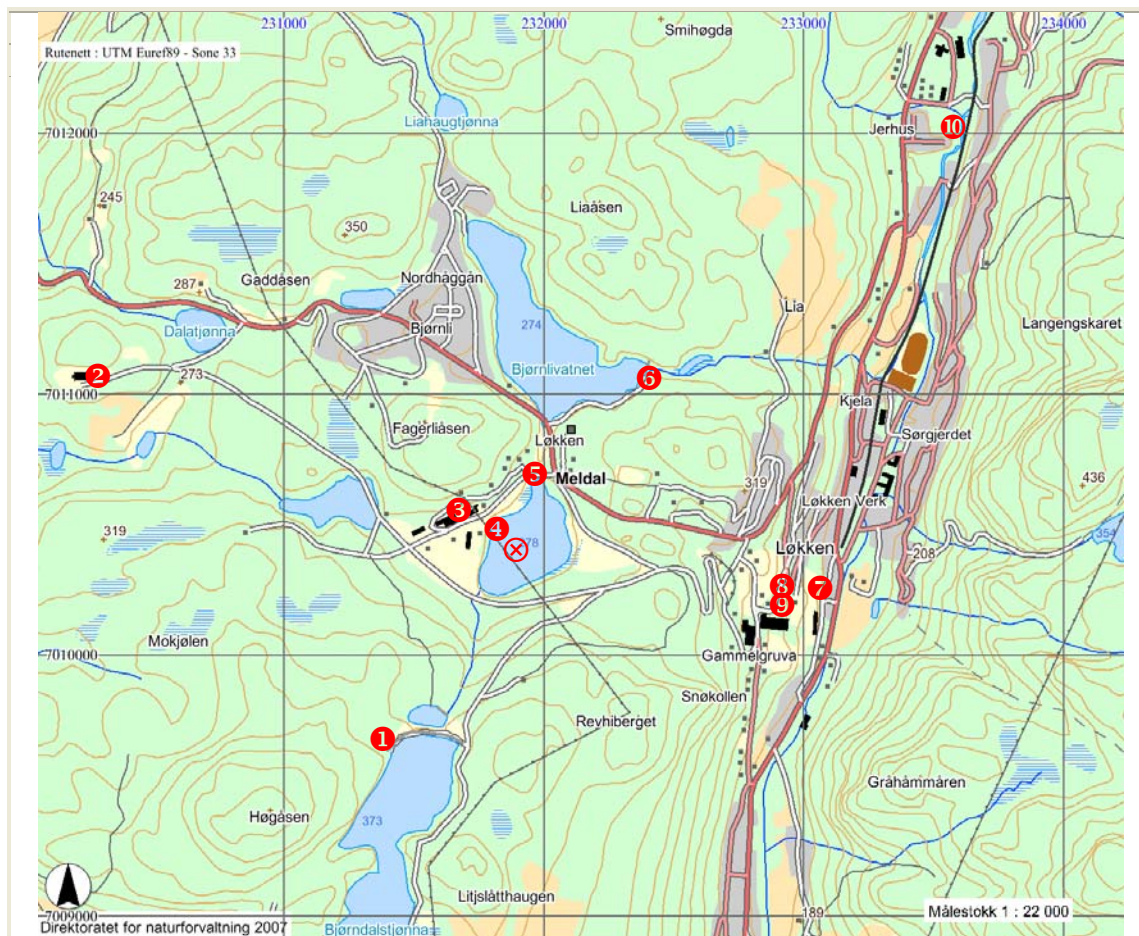
Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2007-2008.

| Stasjon | Stasjonsnr. på figur 2 | Opplegg |
|---|------------------------|--|
| A. Stallgata pumpestasjon | 7 | Stikkprøve i pumpestasjonen 1x mnd. Manuell registrering av vannmengde ved hver prøvetaking |
| B. Drensrør fra Nordre berghald | 8 | Stikkprøve av utløpet av røret ved synken i Gammelgruva 1 x mnd. Kontinuerlig registrering av vannmengde. Mengdeproporsjonal blandprøvetaking |
| C. Grøft i Gammelgruva (sig fra tipp med magnetittmalm) | 9 | Stikkprøve i grøfta 1 x mnd. Kontinuerlig registrering av vannmengde. Mengdeproporsjonal blandprøvetaking. |
| Wallenberg pumpestasjon | 4 | Månedlig stikkprøve som tidligere. Registrering av vannmengder ved hver prøvetaking. |
| Utløp Bjørnlivatn | 6 | Månedlig stikkprøve ved utløpet under gammel steindam. Kontinuerlig registrering av vannmengde. Kontinuerlig registrering av pH og konduktivitet startet sommeren 2008 |
| Wallenberg sjakt | 3 | Kontroll av vannkvalitet ved hovednivåene 2 x i året (nivåene under 200 kun 1 x i året) Manuell prøvetaking av NIVA ved befaringer. |
| Utløp Fagerlivatn | 5 | Stikkprøvetaking hver måned for kontroll av vannkvalitet (pH). |
| Raubekken ved inntak kraftverk | 10 | Månedlig stikkprøve, manuell avlesning av vannstandsmerke av KVO. Kontinuerlig vannstandslogging. Analyse som tidligere |
| Orkla ved Vormstad | | Månedlig prøvetaking og analyse som tidligere |
| Gruvevann fra nivå 311, pumpeump Astrup | 2 | Prøver tas av NAD. Utpumpet vannmengde (ukemengde) journalføres av NAD. |

Ved stasjonene B, C, utløp Bjørnlivatn og i Raubekken måles vannføring kontinuerlig. Ved stasjonene, A, Wallenberg pumpestasjon og Astrup pumpestasjon nivå 311 er innhentet data for utpumpet mengde som er registrert ved pumpestasjonene. Alle prøvetakingsstasjonene er markert på figur 2 som viser et kartutsnitt over området.

2.2 Prøvetaking og analyse

Alle prøver er tatt som stikkprøver. Meldal kommune har hatt ansvaret for prøvetakinger ved Wallenberg pumpestasjon, utløp Bjørnlivatn og ved Stallgata pumpestasjon. Orkla Industrimuseum har tatt prøvene i Gammelgruva ved stasjonene B og C. Kraftverkene i Orkla har tatt prøvene i Raubekken og i Orkla ved Vormstad. Prøvene er tatt på prøvetakingsflasker utsendt av NIVA. Prøvetakingen i Wallenberg sjakt ble utført av NIVA. Alle analyser er utført av NIVA. Det er benyttet samme analyseteknikk (ICP) for analyse av drensvann i alle år etter 1992. Tungmetallanalysene i Orkla er utført vha ICPMS-teknikk.



Figur 2. Kart over gruveområdet med markering av prøvetakingsstasjoner i perioden 2005-2008.

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1: Overløp Bjørndalsdammen | 6: Utløp Bjørnlivatn |
| 2: Astrup pumpe | 7: A. Stallgata pumpe |
| 3: Wallenberg sjakt | 8: B. Drensrør fra Nordre berghald |
| 4: Avløp Wallenberg pumpe | 9: C. Grøft i Gammelgruva |
| 5: Utløp Fagerlivatn | 10: Raubekken ved inntak kraftverk |
| ⊗ Fagerlivatn ved største dyp | |

3. Resultater

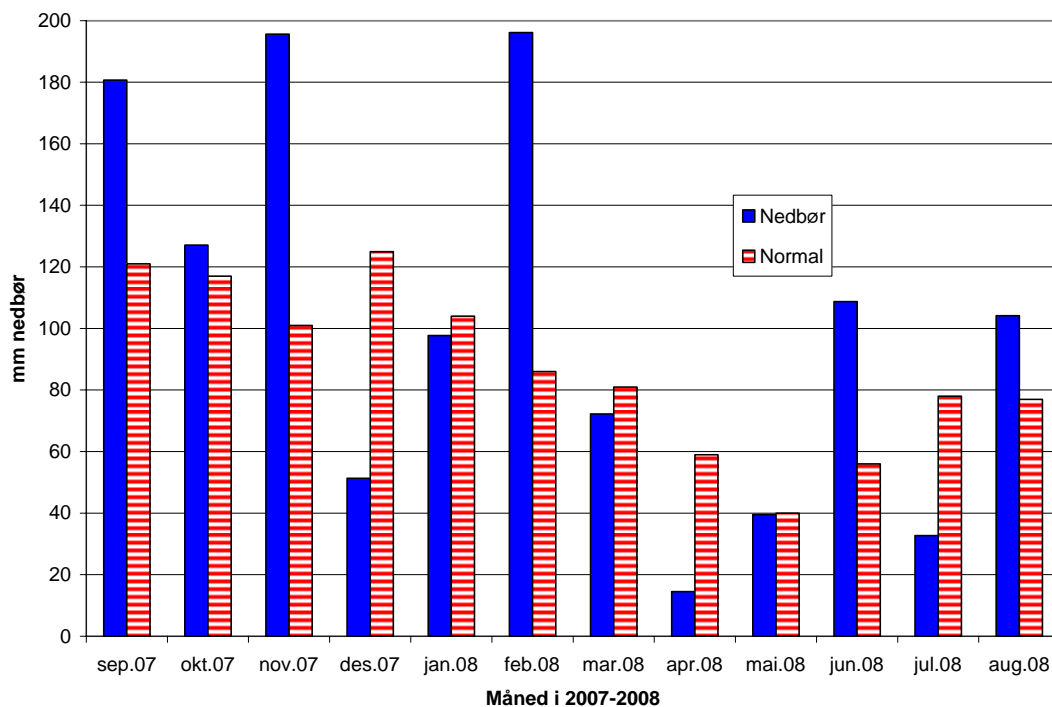
3.1 Hydrologi og klima

En av målsettingene med prosjektet er å beregne vannbalansen på gruva. Vannføringsmålingene benyttes også for å beregne forurensningstransporten. Det er laget et budsjett for inngående og utgående stoffmengder til gruva. Likeledes er det laget et budsjett for de to hovednedbørfelter og for totaltransporten i Raubekken. I tabell 2 er gitt en oversikt over hydrologiske data for de viktigste nedbørfeltene.

Tabell 2. Noen hydrologiske data for nedbørfeltene (Øren et al 1990).

| Nedbørfelt | | Areal km ² | Avrennings- koeffisient l/s km ² | Midlere vannføring l/s |
|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---|------------------------------|
| Raubekken | | 37,88 | 26 | 980 |
| Bjørnlibekken | Utl. Bjønndalsdammen | 0,71 | 25 | 18 |
| ” | Utløp Fagerlivatn | 2,19 | 25 | 55 |
| ” | Bjørnlivatn | 0,97 | 25 | |
| Sum utløp Bjørnlivatn | | 3,87 | 25 | 97 |
| Velteområdet på Løkkensiden | | 0,385 | 25 | 10 |

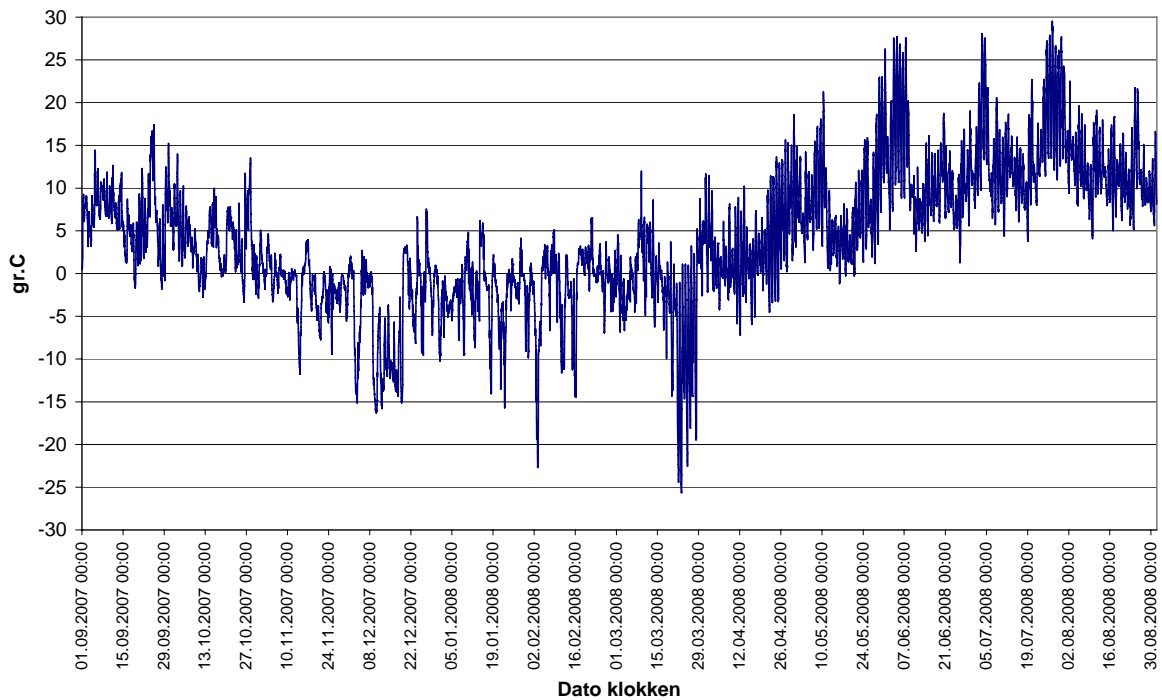
Temperatur og nedbør har stor betydning for vannbalansen på gruva. I dette området viser avrenningskoeffisientene store lokale variasjoner (NVE, 1987). I denne undersøkelsen vil ta med nedbørdata for den nærmeste meteorologiske stasjonen til Det norske meteorologiske institutt (DNMI), 66210 Hoston. Figur 3 viser månedlige nedbørhøyder og normaler for perioden 2007-2008.



Figur 3. Månedlige nedbørhøyder og normaler ved DNMI 66210 Hoston i 2007-2008.

En ser at det falt mye nedbør i månedene september og november 2007 og i februar 2008. Bortsett fra juni måned 2008 var sommeren 2008 forholdsvis tørr. I det hydrologiske året 2007-2008 falt det 117 % nedbør i forhold til et normalår. I dette området kan nedbørmengdene lokalt variere forholdsvis mye over korte avstander.

Ved målestasjonen under dammen på Bjørnlivatn er det utplassert en temperaturmonitor for lufttemperatur. Figur 4 viser observasjonsmaterialet som foreligger for måleperioden. En ser at det var flere perioder med temperaturer over 0 i hele vinterperioden. Det var kaldest den 23.3.2008 (-25,6 gr.C). Under mildværsperiodene i februar 2008 falt nedbøren også i form av regn. Det var også perioder med temperaturer over 0 i nedbørrike januar måned 2007.



Figur 4. Lufttemperatur ved Bjørnlivatn i 2007-2008.

3.2 Vannkvalitet på Løkkensiden

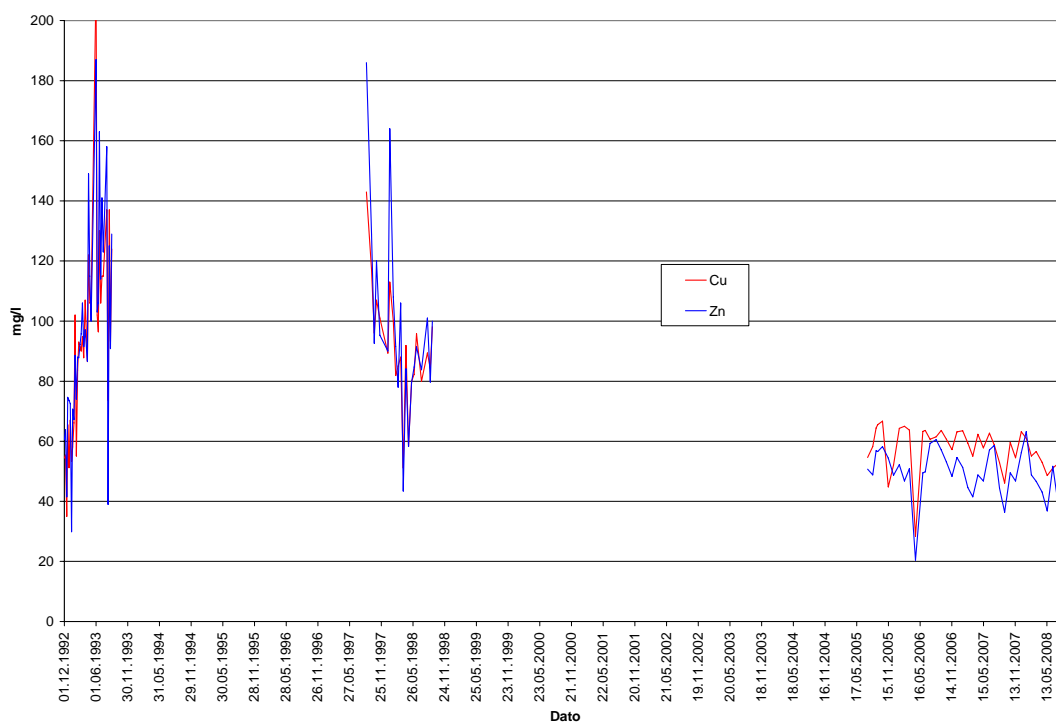
3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon

Analyseresultatene for prøver som er tatt i 2007-2008 er samlet i tabell 18 i vedlegg A bak i rapporten. I tabell 3 er det gjort en sammenligning mellom de årlige middelverdiene for de fem måleperiodene som er gjennomført etter at tiltaksplanen ble satt i drift.

Tabell 3. Årlige middelverdier for hydrologiske år for prøver fra Stallgata pst.

| Hyd. år | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Al mg/l | Si mg/l |
|-----------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1992-1993 | 2,53 | 466 | 4783 | 343 | 172 | 818 | 93,3 | 97,2 | 0,369 | 8,90 | 0,55 | 2,48 | 201 | 58,1 |
| 1997-1998 | 2,50 | 493 | 4566 | 374 | 141 | 738 | 80,7 | 81,8 | 0,338 | 7,49 | 0,51 | 2,46 | 170 | 49,0 |
| 2005-2006 | 2,53 | 469 | 4221 | 337 | 134 | 622 | 58,8 | 51,1 | 0,208 | 7,45 | 0,51 | 2,03 | 156 | 53,7 |
| 2006-2007 | 2,55 | 486 | 4452 | 356 | 139 | 623 | 59,8 | 50,5 | 0,203 | 7,62 | 0,52 | 2,03 | 157 | 58,2 |
| 2007-2008 | 2,48 | 476 | 4364 | 363 | 131 | 587 | 54,4 | 47,1 | 0,198 | 7,17 | 0,48 | 1,87 | 146 | 59,1 |

pH-verdiene synes å være forholdsvis stabile, men tungmetallverdiene er lavere i de tre siste måleperioder enn i de to foregående og tendensen ser ut til å ha en avtakende karakter. Mye tyder derfor på at omfanget av forvittringsprosessene i gruveavfallet på Løkkensiden er avtakende. Av andre forhold som kan ha betydning kan nevnes at overdekkingsarbeidene som ble gjort av Løkken Gruber i sin tid også kan ha gitt langsiktig positiv effekt. Det har i årenes løp også etablert seg mer vegetasjon i gruveområdet, særlig på Nordre berghald. Dette kan også ha bidratt til mindre utvasking fra avfallet. En legger også merke til at metallkonsentrasjonene varierer betydelig mindre enn før (se figur 5 under).



Figur 5. Kobber- og sinkobservasjoner ved Stallgata pumpestasjon i perioden 1992-2008.

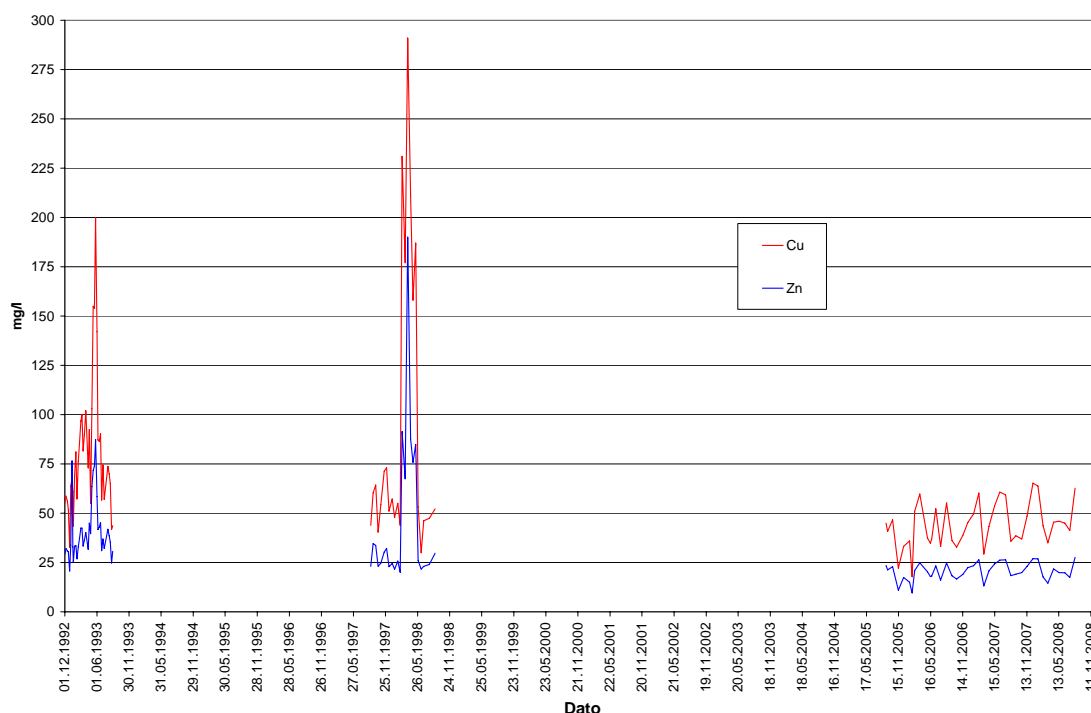
3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald

Analyseresultater for prøver som er tatt i 2007-2008 er samlet i tabell 19 og tabell 20 bakerst i rapporten i vedlegg A. I tabell 4 under er beregnet årlige middelværdier for de fem undersøkellesperiodene som er gjennomført.

Tabell 4. Årlige middelværdier for hydrologiske år for prøver av drensvann fra Nordre berghald.

| Hyd. år | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Al mg/l | Si mg/l |
|-----------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1992-1993 | 2,38 | 539,8 | 6663 | 203 | 196,1 | 1740 | 80,3 | 40,6 | 0,185 | 6,42 | 0,39 | 3,07 | 238 | 32,2 |
| 1997-1998 | 2,36 | 612,7 | 7817 | 183 | 216,8 | 2049 | 93,3 | 45,1 | 0,255 | 5,98 | 0,33 | 3,98 | 259 | 29,0 |
| 2005-2006 | 2,44 | 422,2 | 3901 | 144 | 95,8 | 893 | 40,1 | 19,2 | 0,075 | 3,61 | 0,22 | 1,70 | 116 | 26,8 |
| 2006-2007 | 2,43 | 467,4 | 4566 | 160 | 110,0 | 1043 | 45,4 | 21,3 | 0,079 | 4,04 | 0,24 | 1,92 | 131 | 30,6 |
| 2007-2008 | 2,33 | 488,5 | 4983 | 166 | 118,1 | 1142 | 47,7 | 21,2 | 0,084 | 4,15 | 0,25 | 2,04 | 138 | 32,1 |

Som for drensvannet fra Stallgata pumpestasjon har det vært beskjedne endringer i pH-verdiene siden 1992. Metallkonsentrasjonene er de tre siste år betydelig lavere enn i de to første undersøkellesperiodene. Dette gjelder særlig jern, kobber, sink og kadmium. En tilsvarende reduksjon i sulfatkonsentrasjonene tyder på en redusert forvitningsaktivitet i tippen. En forklaring på dette kan være en positiv effekt av overdekkingen som ble gjort på 1970-tallet. De tre siste år synes vannkvaliteten mer stabil, men en viss økning i metall- og sulfatkonsentrasjoner kan påvises. Variasjonene i løpet av året er imidlertid mye mindre enn i de to første undersøkellesperiodene. En mulig forklaring på dette kan ha sammenheng med at det har etablert seg en del vegetasjon på berghalden, noe som kan ha en dempende effekt på utvaskingen i perioder med mye nedbør.



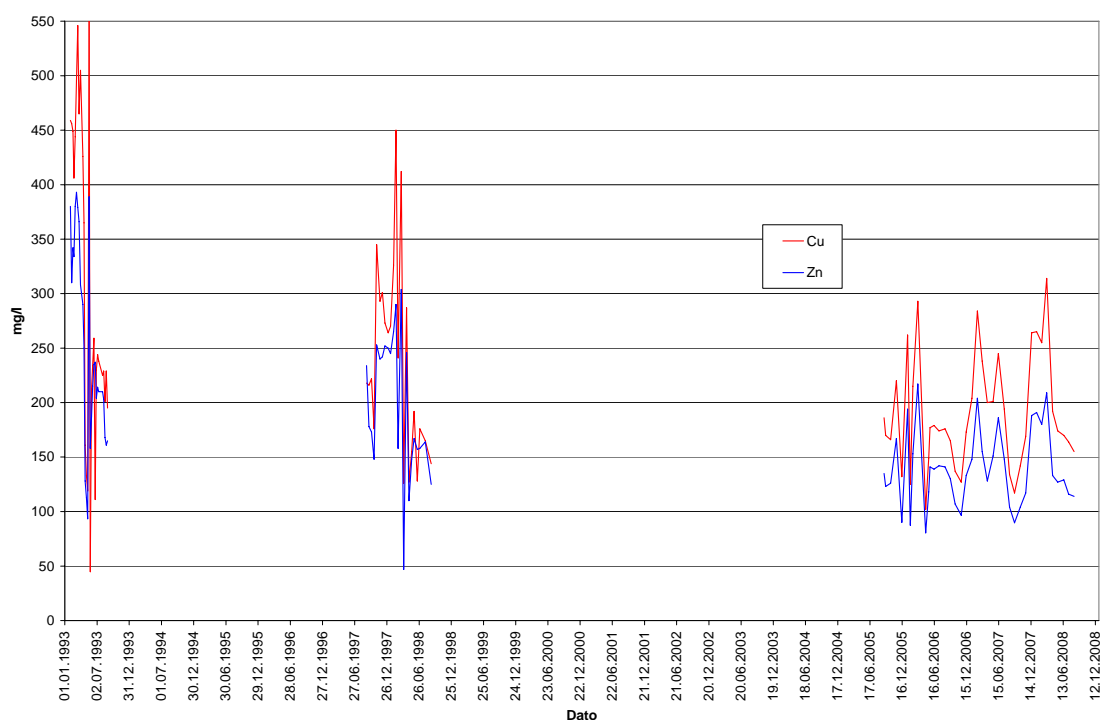
Figur 6. Kobber- og sinkobservasjoner i drensvann fra Nordre berghald i perioden 1992-2008.

3.2.3 Stasjon C. Grøft i Gammelgruva

Resultatene for 2007-2008 er samlet i tabell 21 og tabell 22 i vedlegg A bak i rapporten. Tabell 5 gir en oversikt over beregnede årsmiddelverdier for de fem undersøkelsesperiodene som er gjennomført. Resultatene for de tre siste periodene viser samme trend som for de to andre stasjonene, men i litt mindre grad. Konsentrasjonsvariasjonene i løpet av året (Cu og Zn, figur 7) er noe større enn for to andre stasjonene. Metallkonsentrasjonene er klart lavere de tre siste år enn i de to første periodene, men situasjonen synes å ha stabilisert seg som for stasjon B.

Tabell 5. Årlige middelverdier for hydrologiske år for prøver fra grøft i Gammelgruva.

| Hyd. år | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Al mg/l | Si mg/l |
|-----------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1992-1993 | 2,45 | 915,5 | 17108 | 348 | 706 | 4119 | 309 | 252 | 0,880 | 20,1 | 1,19 | 9,79 | 807 | 38,6 |
| 1997-1998 | 2,47 | 928,4 | 14964 | 311 | 668 | 3068 | 239 | 198 | 0,766 | 18,0 | 1,17 | 9,26 | 753 | 37,2 |
| 2005-2006 | 2,51 | 839,5 | 12169 | 299 | 558 | 2390 | 182 | 137 | 0,529 | 17,9 | 1,13 | 8,15 | 572 | 37,4 |
| 2006-2007 | 2,53 | 892,4 | 13703 | 295 | 607 | 2597 | 192 | 141 | 0,541 | 19,0 | 1,20 | 8,56 | 624 | 37,4 |
| 2007-2008 | 2,46 | 930,6 | 14384 | 280 | 652 | 2880 | 198 | 141 | 0,542 | 19,6 | 1,22 | 9,26 | 659 | 36,2 |



Figur 7. Kobber- og sinkobservasjoner i drengrøft i Gammelgruva i perioden 1992-2008.

3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatsiden

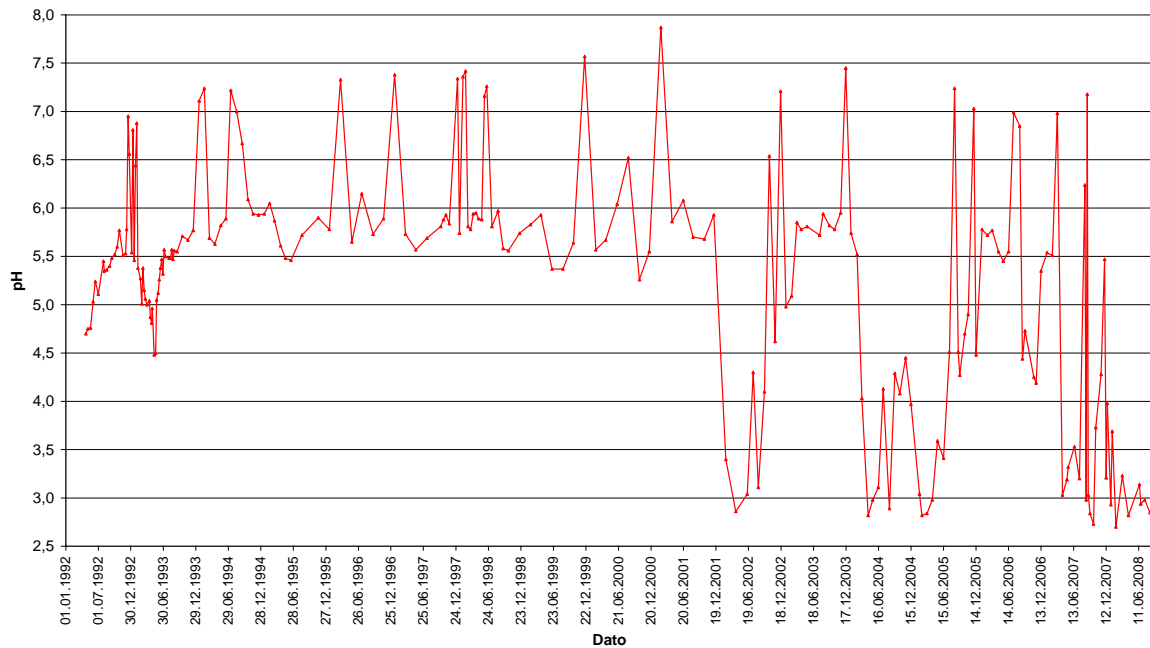
3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt

I 1984 startet tiltaket med å fylle Wallenberg gruve med vann vha naturlig tilsig. Oppfyllingen ble fulgt opp med peiling av vannstand og prøvetaking i sjakten i 1986. Den 9.april 1992 var nivået kommet så høyt at en kunne starte pumpestasjonen i Wallenberg sjakt. Vannkvaliteten til utgående vann har vært fulgt regelmessig i alle år etterpå. Til å begynne med ble det tatt hyppige prøver. Da en etter en tid vurderte vannkvaliteten som stabil, fortsatte med en prøve hver 2. måned. I 2002 endret vannkvaliteten seg brått med et betydelig fall i pH-verdiene. Fra våren 2002 ble prøvetakingsfrekvensen igjen økt til månedlig, et opplegg som fortsatt gjennomføres. Resultatene fra siste års prøvetaking er samlet i tabell 23 i vedlegg A bak i rapporten. Tabell 6 gir en oversikt over beregnede tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år.

Tabell 6. Wallenberg pumpestasjon. Tidsveiede årsmiddelverdier hydrologiske år.

| År | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Si mg/l | Pb mg/l | Volum m ³ |
|-----------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------------|
| 1992-1993 | 5,47 | 304,5 | 2210 | 436,7 | 258,6 | 3,73 | 101,4 | 3,78 | 24,3 | 0,049 | 7,71 | 0,18 | 0,78 | 14,3 | | 582048 |
| 1993-1994 | 6,18 | 253,2 | 1664 | 402,0 | 188,3 | 3,72 | 68,3 | 1,92 | 14,4 | 0,023 | 7,76 | 0,09 | 0,51 | 12,7 | | 458600 |
| 1994-1995 | 5,85 | 289,8 | 1859 | 454,3 | 186,6 | 3,50 | 79,8 | 2,79 | 17,8 | 0,070 | 8,90 | 0,12 | 0,68 | 13,8 | | 631492 |
| 1995-1996 | 6,14 | 231,5 | 1313 | 367,3 | 141,9 | 2,97 | 63,2 | 1,52 | 12,4 | 0,017 | 6,06 | 0,12 | 0,30 | 11,5 | | 513821 |
| 1996-1997 | 5,98 | 248,5 | 1628 | 397,2 | 162,4 | 4,90 | 85,9 | 1,83 | 14,1 | 0,015 | 6,38 | 0,14 | 0,55 | 13,4 | | 550965 |
| 1997-1998 | 6,56 | 232,2 | 1507 | 362,4 | 155,7 | 4,16 | 90,7 | 1,62 | 14,3 | 0,026 | 5,84 | 0,12 | 0,58 | 12,4 | | 681638 |
| 1998-1999 | 5,63 | 298,3 | 2055 | 458,8 | 195,8 | 5,07 | 149,5 | 1,59 | 19,8 | 0,032 | 6,55 | 1,23 | 0,74 | 12,7 | | 481092 |
| 1999-2000 | 6,15 | 232,0 | 1561 | 355,4 | 147,6 | 3,40 | 97,6 | 1,08 | 12,2 | 0,022 | 4,58 | 0,11 | 0,53 | 12,3 | | 676796 |
| 2000-2001 | 6,04 | 272,7 | 1903 | 402,6 | 187,0 | 1,91 | 109,3 | 0,86 | 12,4 | 0,016 | 4,78 | 0,11 | 0,54 | 12,7 | | 363598 |
| 2001-2002 | 4,16 | 332,6 | 2408 | 426,2 | 196,3 | 33,3 | 197,9 | 7,71 | 27,8 | 0,053 | 6,57 | 0,20 | 0,92 | 20,2 | 0,042 | 685408 |
| 2002-2003 | 5,60 | 280,3 | 1798 | 400,2 | 174,9 | 10,4 | 126,1 | 1,36 | 14,8 | 0,024 | 4,92 | 0,14 | 0,61 | 15,3 | 0,011 | 381328 |
| 2003-2004 | 4,79 | 283,0 | 1928 | 368,9 | 156,3 | 23,2 | 148,3 | 4,86 | 19,4 | 0,046 | 4,75 | 0,16 | 0,72 | 17,4 | 0,020 | 623033 |
| 2004-2005 | 3,73 | 325,2 | 2420 | 373,5 | 162,3 | 45,6 | 226,4 | 9,54 | 31,2 | 0,084 | 5,40 | 0,21 | 1,01 | 23,1 | 0,041 | 618505 |
| 2005-2006 | 5,50 | 239,9 | 1546 | 345,4 | 133,2 | 10,9 | 115,8 | 1,63 | 12,9 | 0,026 | 3,59 | 0,17 | 0,55 | 14,1 | 0,011 | 599112 |
| 2006-2007 | 4,47 | 278,0 | 2020 | 357,0 | 133,2 | 34,8 | 179,0 | 7,99 | 23,1 | 0,070 | 4,05 | 0,17 | 0,77 | 21,4 | 0,039 | 631096 |
| 2007-2008 | 3,25 | 351,1 | 2595,2 | 399,8 | 152,0 | 58,5 | 242,5 | 12,01 | 33,57 | 0,114 | 5,07 | 0,22 | 1,05 | 29,3 | 0,060 | 699820 |

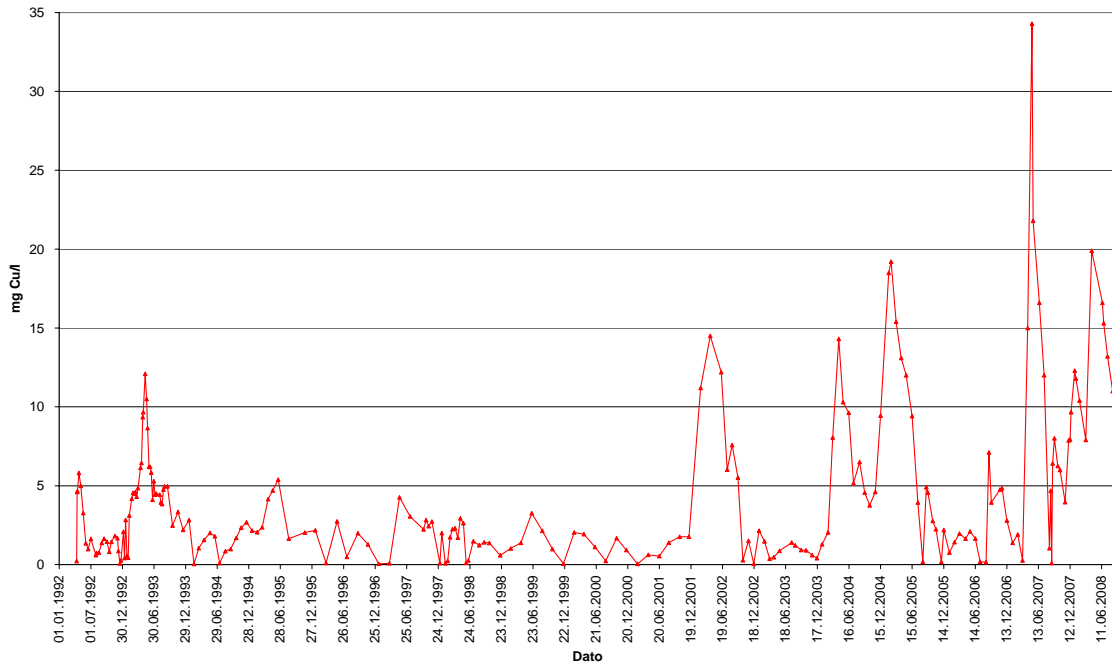
Figur 8 viser resultater for alle pH-målinger av utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon siden starten i 1992. Som kommentert i foregående rapporter har pH-verdier over 6 sammenheng med at pumpestasjonen hovedsakelig pumper overflatevann som har trengt ned i gruva gjennom rasområdet i Fagerliåsen. I 2002 fikk en de første problemer med surt vann. I 2003 var situasjonen normal igjen.



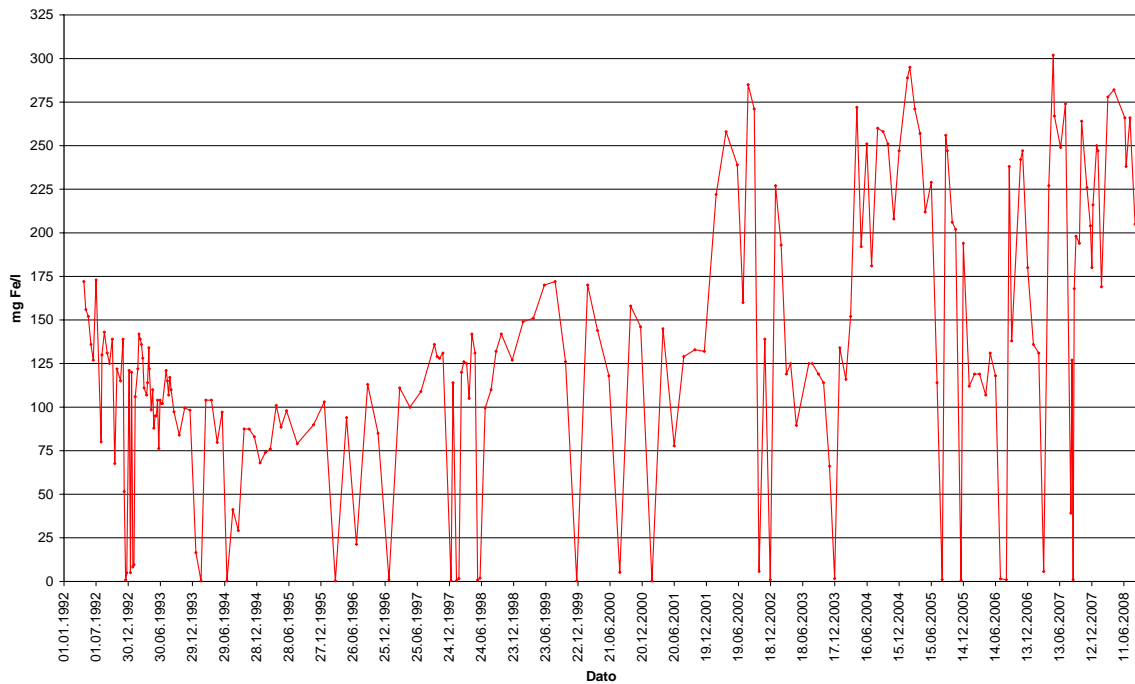
Figur 8. pH-observasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2008.

Våren 2004 fikk en et nytt pH-fall som varte fram til flyttingen av inngående vann til Gammelsjakta høsten 2005. Ut over høsten 2005 og vinteren 2006 steg pH igjen. Våren 2006 ble det et betydelig pH-fall igjen. Bortsett fra episoder med pumping av mer ionefattig overflatevann har pH vært vedvarende lav omkring 3 siden våren 2006. pH måles av prøvemottaket ved NIVAs laboratorium. Verdiene er noen tiendedeler lavere enn på prøvetakingstidspunktet pga oksidasjon og hydrolyse av toverdug jern i prøveflasken, dvs den samme prosess som pågår ute i Fagerlivatn og Bjørnlivatn.

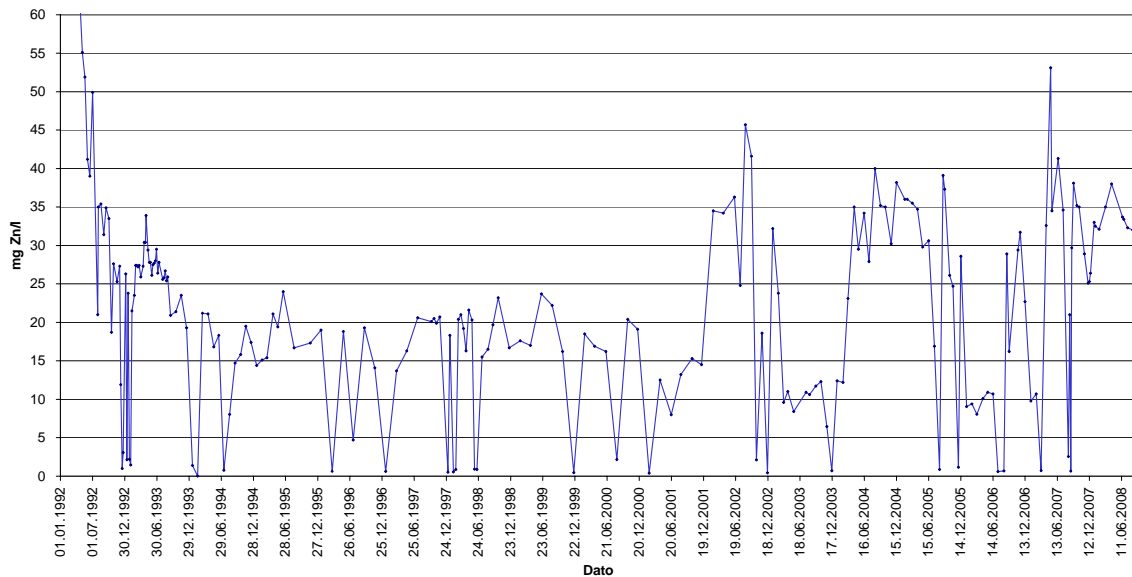
Når pH faller ned mot 3, ser en at dette medfører betydelig økning i metallkonsentrasjonene. Figur 9 figur 10 og figur 11 viser hvordan konsentrasjonene av kobber, jern og sink har utviklet seg siden 1992.



Figur 9. Kobberkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2008.



Figur 10. Jernkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2008.



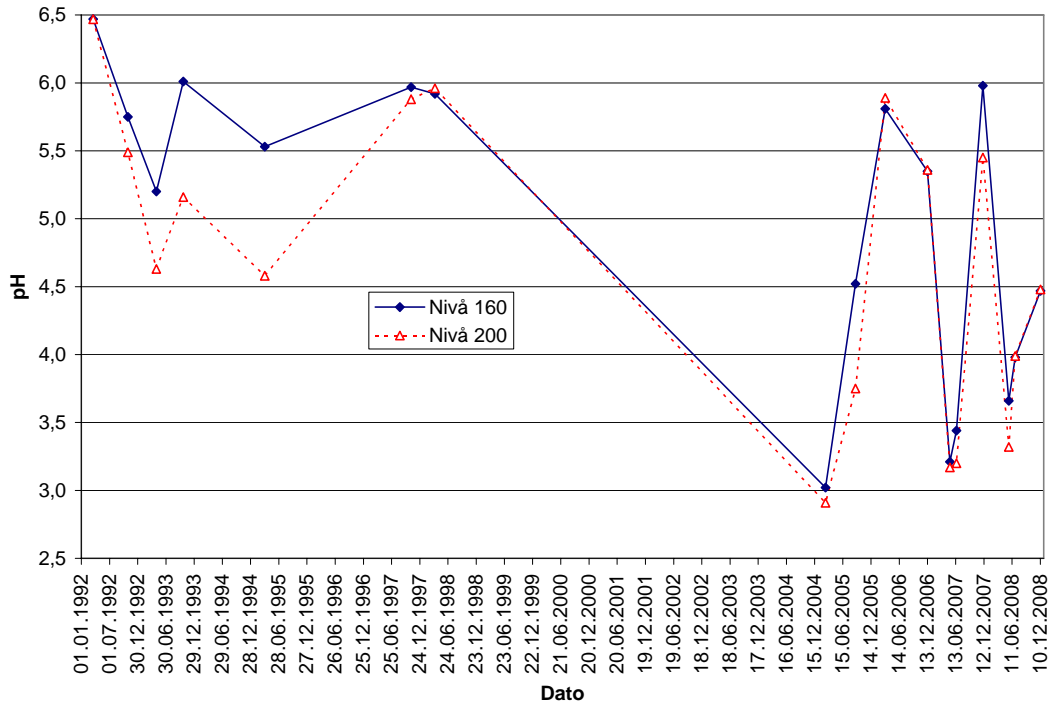
Figur 11. Sinkkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2008.

Som nevnt i fjorårets rapport ble det dosert 15 kg litiumklorid løst i vann til Gammelsjakta den 7/5-2007. Fram til den 15/7-2008 ble det analysert på Li på ukesprøver tatt i pumpestasjonen i Wallenberg sjakt. Hensikten med forsøket var å se om det var mulig på en enkel måte å se hvilken praktisk oppholdstid inngående vann har i gruvesystemet. Teoretisk er den 8 år. Når en ser på analysemateriale for prøvetakingene i Wallenberg sjakt, tyder resultatene på at inngående vann til Gammelsjakta fordeler seg på de to øverste nivåene i gruva. Ut fra volumdata for gruva over nivå 200 kan det beregnes at oppholdstiden er ca ett år for inngående vann. Forsøket med litiumklorid ga ingen informasjon, mest sannsynlig fordi litiumdosen var for liten. Litiumdosen ble trolig så vidt mye fortynnet at det naturlige bakgrunnsnivået til litium maskerte observasjonene. Analyseresultatene er tatt med i tabell 23 i vedlegg A bak i rapporten.

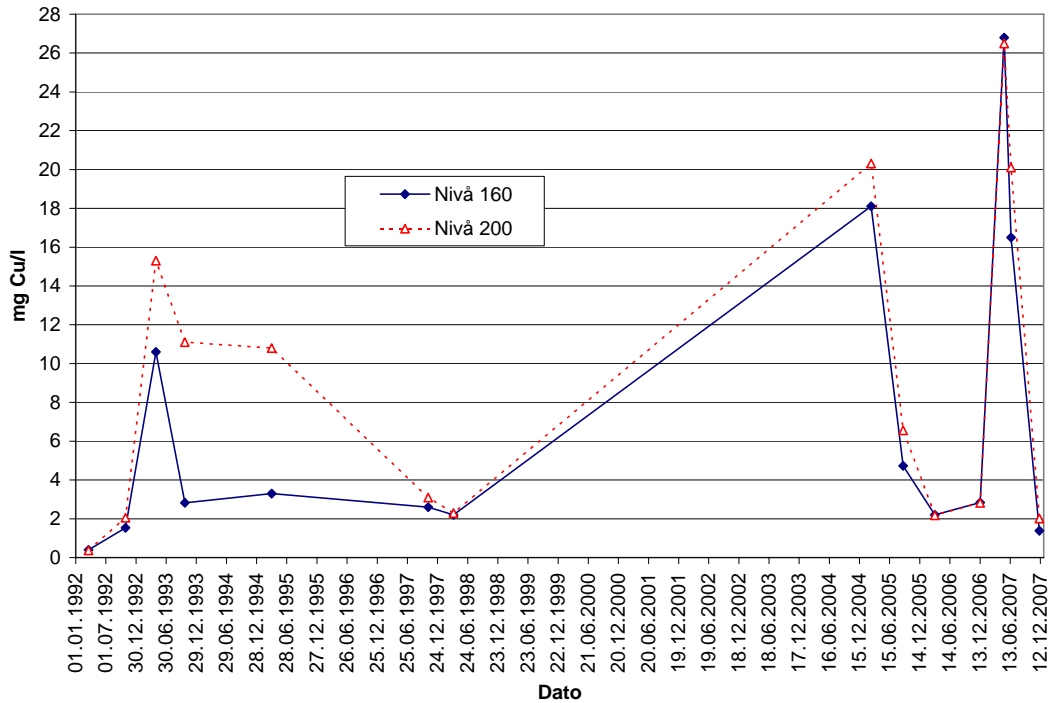
I undersøkelsesperioden 2007-2008 ble det tatt tre prøvesnitt i Wallenberg sjakt, i desember 2007, mai 2008 og i juli 2008. I desember 2007 og i juli 2008 ble det tatt prøver ved alle hovednivåene i gruva, mens i mai 2008 ble det bare tatt prøve fra de to øverste nivåene. Analyseresultatene er samlet i tabell 24 i vedlegget bak.

Figur 12, figur 13 og figur 14 viser observasjonsmateriale for pH, kobber og jern for de to øverste hovednivåene i gruva (160 og 200) i tiden etter at pumpestasjonen ble satt i drift (1992-2008). I figuren er også tatt med resultatene for prøvesnitt tatt i desember 2008. Resultatene er i samsvar med pumpestasjonen og bekrefter at det sure vannet beveger seg mot Wallenberg sjakt i de to øverste nivåene i gruva. Som for pumpestasjonen er det perioder med høyere pH-verdier og relativt lave metallkonsentrasjoner når det trenger inn mye rent overflatevann gjennom rasområdet i Fagerliåsen.

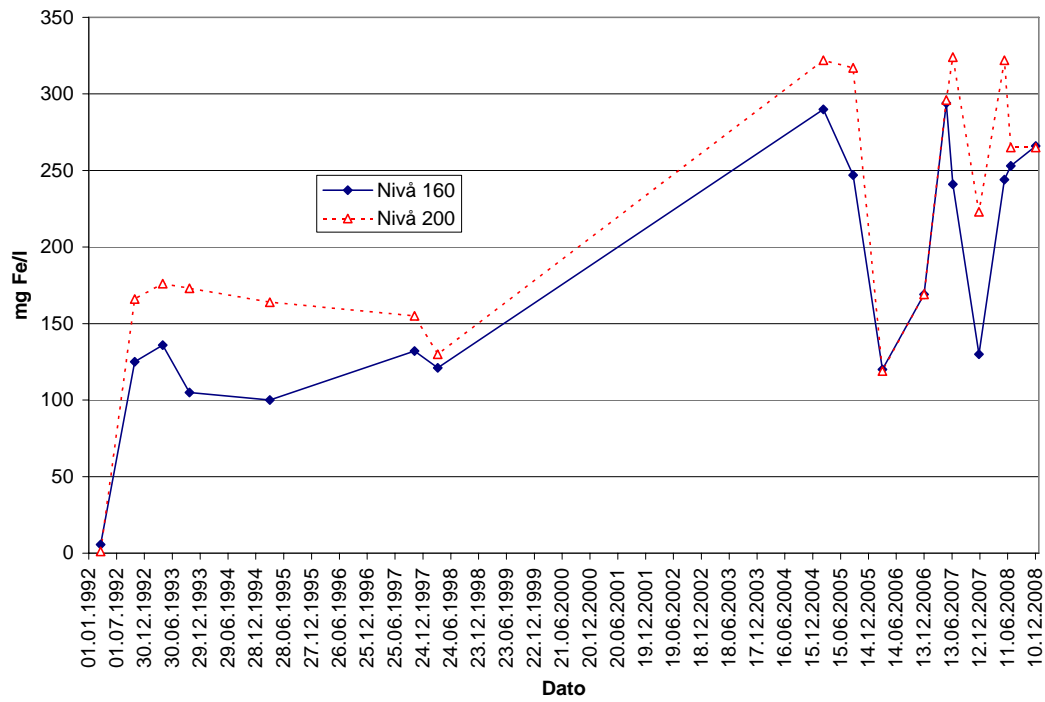
Figur 15 og figur 16 viser hvordan utviklingen har vært mht pH, sulfat, kobber og jern ved et dypere nivå i gruva, nivå 380 siden prøvetakingene startet i 1986. Ved dette nivået kommer også vannet fra Astrup inn. Resultatene viser at situasjonen ser tilnærmet stabil ut. pH-verdiene øker langsomt mens metall- og sulfatkonsentrasjoner viser en svakt synkende tendens. En kan ikke observere noen effekter av tilførselene fra Astrup gruve.



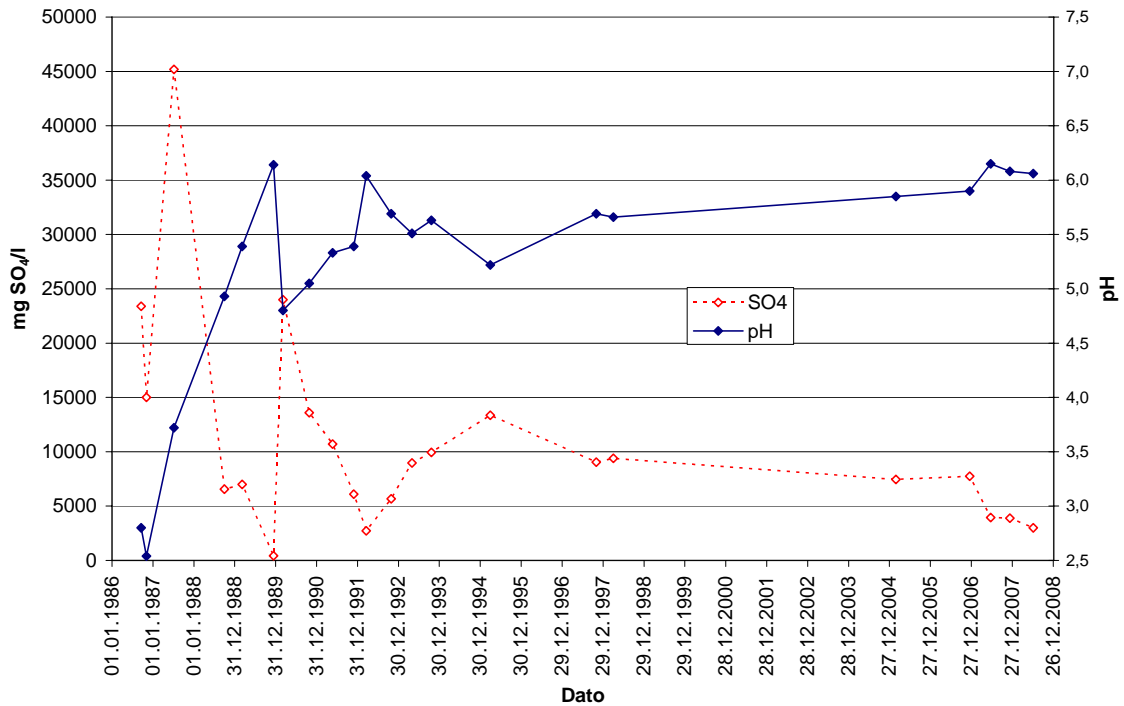
Figur 12. pH-observasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2008.



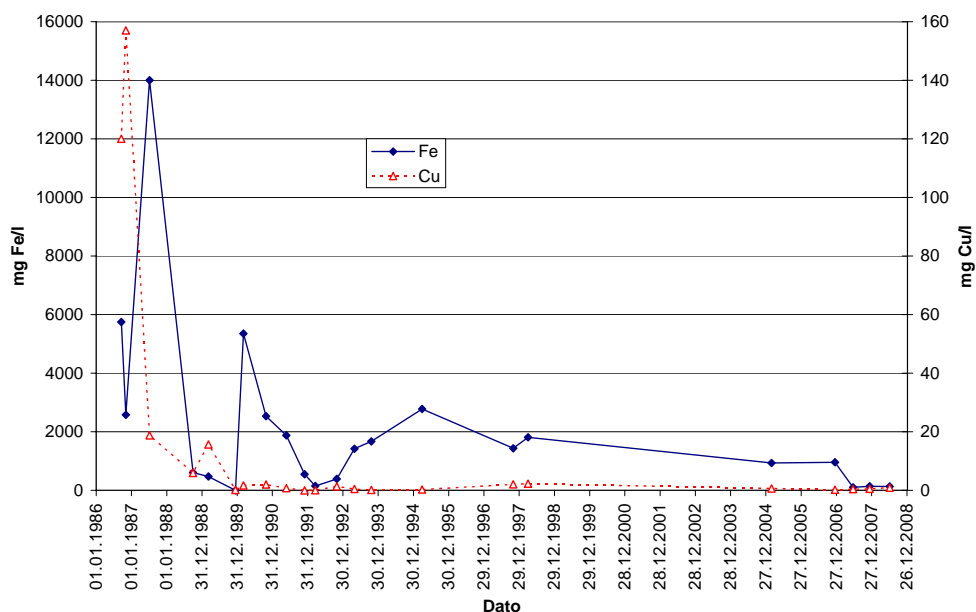
Figur 13. Kobberkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2008.



Figur 14. Jernkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2008.



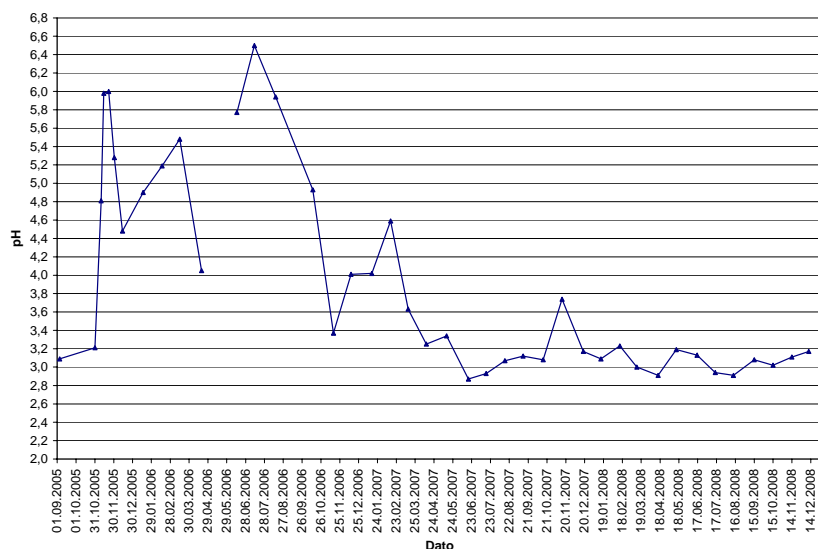
Figur 15. pH- og sulfatobservasjoner ved nivå 380 i perioden 1986-2008.



Figur 16. Kobber- og jernkonsentrasjoner ved nivå 380 i perioden 1986-2008.

3.3.2 Utløp Fagerlivatn

Gruvevannet fra Wallenberg pumpestasjon føres til Fagerlivatn. Mesteparten av jernet i gruvevannet har hittil foreligget som toverdige. Ute i vannmassene i Fagerlivatnet oksiderer det toverdige jernet til treverdige. Treverdige jern felles ut som hydroksid (hydrolyse) i vannmassene. Denne reaksjonen medfører et pH-fall. I november 2005 ble Fagerlivatn overflatekalket for å teste denne metoden som tiltak mot akutt forurensning. I denne forbindelse har en fulgt opp vannkvaliteten i Fagerlivatn jevnlig og spesielt utviklingen i pH-verdiene. I tabell 25 i vedlegget bak er samlet analyseresultatene for de prøvetakinger som er gjort ved utløpet av Fagerlivatn siden 2005. Figur 17 viser observasjonsmaterialet for pH.



Figur 17. pH-observasjoner ved utløpet av Fagerlivatn i 2005-2008.

Resultatene viser at kalkingen medførte en pH-heving til litt over 6. Det er vanskelig å vurdere hvor lenge en hadde nytteeffekt av kalkdosen da en samtidig foretok en omlegging av innløpet i gruva til

Gammelsjakta. Omleggingen medførte at utslippet av jern avtok for en tid, noe som igjen medførte at omfanget av forsureningsreaksjonene i Fagerlivatn avtok. Utover i 2007 sank pH-verdiene igjen til ca 3. En viste med kalkingen i 2005 at det var mulig å felle ut spesielt kobber effektivt for en periode i vannmassene dersom det skulle oppstå en situasjon med akutt forurensningsfare for Orkla. Fra våren 2007 har pH-verdiene holdt seg stort sett i området 3-3,2.

3.3.3 Utløp Bjørnlivatn

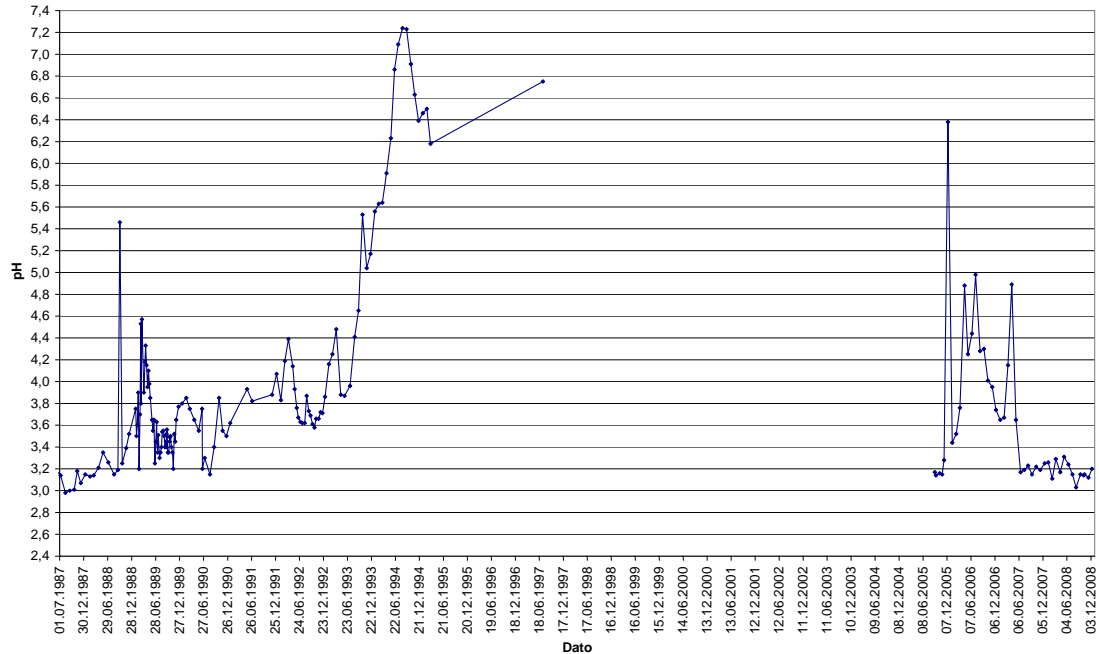
Stasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn er benyttet i en lang rekke år. Den ble opprettet av gruveselskapet i sin tid. Etter at oppryddingstiltakene etter gruvedriften ble avsluttet i begynnelsen av 1990-årene, bedret vannkvaliteten seg betydelig. pH-verdiene steg og metallkonsentrasjonene avtok. Jernkonsentrasjonene avtok betydelig, noe som førte til at Bjørnlivatn så "rent" ut for publikum.

I tabell 7 har en samlet beregnede årsmiddelverdier for hydrologiske år for de årene som NIVA har datamateriale for. Resultatene viser at spesielt jernkonsentrasjonene avtok etter at driften opphørte i 1987. Da Wallenberg pumpestasjon kom i drift i april 1992, medførte dette økte utslipp av sink. pH-verdiene økte fram til programmet ble avsluttet våren 1995. Sommeren 1997 ble det i en stikkprøve målt pH 6,75. I de tre siste år med fallende pH-verdier har dette ført til økte jernkonsentrasjoner i Bjørnlivatn igjen.

Tabell 7. Utløp Bjørnlivatn. Tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år 1972-2008.

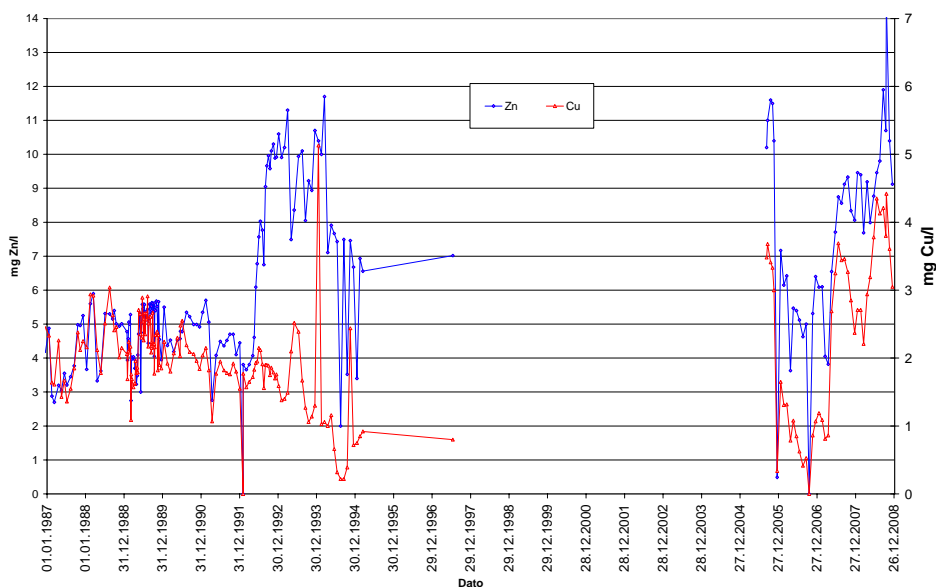
| År | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Si mg/l | Vannf l/s |
|-----------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 1972-1973 | 5,35 | | | | | | | 1,62 | 9,54 | | | | | | |
| 1973-1974 | 4,83 | | | | | | | 1,45 | 9,42 | | | | | | |
| 1974-1975 | 5,27 | 112,1 | 500,5 | 64,4 | 11,8 | | 1,52 | 1,03 | 6,59 | | | | | | |
| 1975-1976 | 3,94 | 163,5 | 706,9 | 88,4 | 9,31 | | 11,03 | 2,09 | 7,38 | | | | | | |
| 1976-1977 | 3,62 | 164,8 | 823,2 | 204,3 | 11,8 | | 17,68 | 2,21 | 8,54 | | | | | | |
| 1977-1978 | 4,26 | 151,7 | 717,7 | 204,1 | 10,5 | | 16,24 | 1,99 | 6,42 | | | | | | |
| 1978-1979 | 4,33 | 137,5 | 649,6 | 262,9 | 9,22 | | 11,72 | 2,51 | 8,19 | 0,029 | | | | | |
| 1979-1980 | 4,14 | 151,7 | 856,0 | 246,6 | 9,95 | | 12,97 | 1,83 | 7,86 | 0,033 | | | | | |
| 1980-1981 | 3,81 | 133,4 | 749,6 | 265,6 | 9,99 | | 16,09 | 2,69 | 7,38 | 0,027 | | | | | |
| 1981-1982 | 4,13 | 171,6 | 837,4 | 329,3 | 8,85 | | 14,95 | 1,82 | 5,64 | 0,017 | | | | | |
| 1982-1983 | 3,53 | 179,4 | 965,8 | | | | 20,29 | 2,44 | 6,09 | 0,020 | | | | | |
| 1983-1984 | 3,13 | 174,8 | 832,7 | 218,2 | 13,3 | | 21,00 | 3,04 | 7,69 | | | | | | |
| 1984-1985 | 3,56 | 176,2 | 945,7 | 280,6 | 11,2 | | 17,16 | 2,12 | 5,84 | | | | | | |
| 1985-1986 | 3,45 | 158,7 | 861,8 | 292,1 | 11,0 | | 13,52 | 2,36 | 5,69 | | | | | | |
| 1986-1987 | 3,69 | 164,7 | 854,1 | 297,9 | 8,97 | | 18,26 | 1,91 | 3,79 | | | | | | |
| 1987-1988 | 3,16 | 153,2 | 750,4 | 227,0 | 11,4 | | 22,56 | 2,37 | 4,68 | | | | | | |
| 1988-1989 | 3,79 | 99,0 | 514,7 | 142,6 | 10,2 | 4,02 | 4,48 | 2,27 | 4,88 | 0,017 | | | | | 74,7 |
| 1989-1990 | 3,53 | 93,9 | 473,2 | 119,2 | 10,4 | 4,46 | 3,44 | 2,15 | 4,83 | 0,014 | | | | | 51,6 |
| 1990-1991 | 3,71 | | | | | | 1,69 | 1,85 | 4,65 | | | | | | |
| 1991-1992 | 3,93 | 77,3 | 365,6 | 117,2 | 13,6 | 2,95 | 1,43 | 1,72 | 4,75 | 0,025 | 0,86 | 0,040 | 0,106 | | 73,5 |
| 1992-1993 | 3,96 | 128,7 | 755,6 | 189,6 | 56,2 | 2,15 | 2,11 | 1,84 | 9,72 | | 2,68 | 0,038 | 0,244 | | 99,1 |
| 1993-1994 | 5,87 | 145,7 | 840,4 | 209,7 | 70,4 | | 1,25 | 1,28 | 8,36 | | 3,10 | 0,054 | 0,253 | 5,21 | 38,7 |
| 2005-2006 | 4,12 | 121,2 | 667,3 | 152,5 | 42,6 | 5,45 | 4,72 | 1,51 | 6,40 | 0,016 | 1,43 | 0,054 | 0,220 | 5,38 | 69,9 |
| 2006-2007 | 3,78 | 122,3 | 690,4 | 152,8 | 41,9 | 4,63 | 3,92 | 1,69 | 6,13 | 0,017 | 1,35 | 0,053 | 0,215 | 5,69 | 83,4 |
| 2007-2008 | 3,20 | 139,5 | 755,6 | 150,0 | 40,5 | 12,58 | 11,05 | 3,16 | 8,88 | 0,028 | 1,43 | 0,065 | 0,266 | 8,11 | 74,6 |

Figur 18 viser forløpet av pH-observasjonene ved utløpet av Bjørnlivatn etter at driften opphørt den 1.7.1987. pH-verdiene er for tiden betydelig lavere enn de var ved avslutningen av Løkken Grubers kontrollprogram i 1995 og har variert i området 3,0-3,2 det siste året.

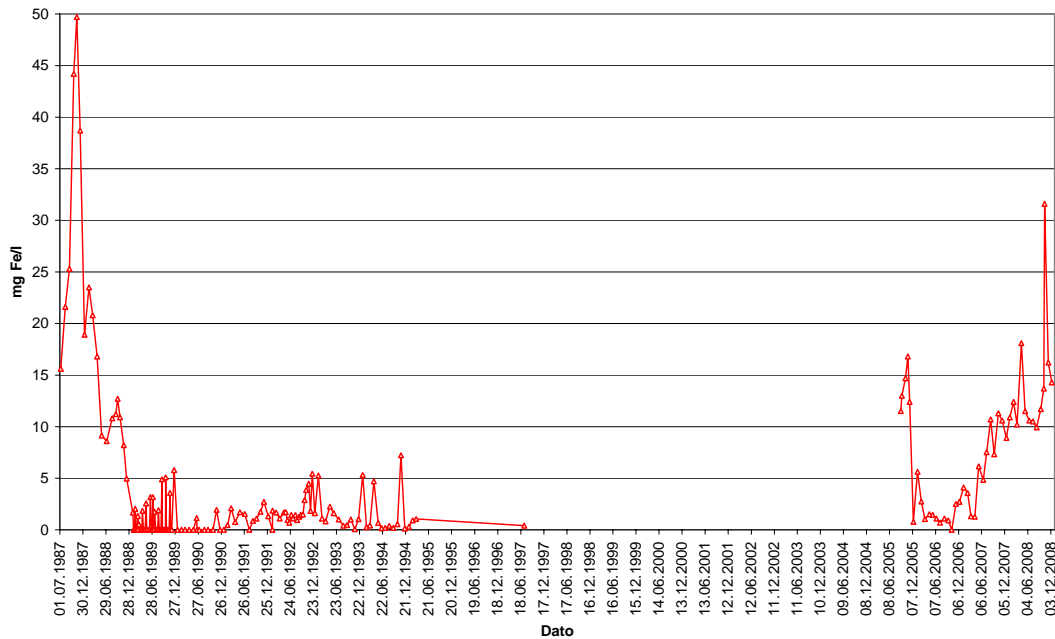


Figur 18. pH-observasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2008.

Figur 19 og figur 20 viser det tilsvarende observasjonsmaterialet for kobber, sink og jern. Figurene viser at sinkkonsentrasjonene økte betydelig da Wallenberg pumpestasjon ble satt i drift og har siden ligget en del høyere enn før utslippet fra gruva kom.



Figur 19. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn i perioden 1987-2008.



Figur 20. Jernkonsentrasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2008.

Kobber- og jernkonsentrasjonene viste stort sett en avtakende tendens fram til 1995. Ved oppstart av pågående undersøkelsesprogram i 2005 var kobber- og jernkonsentrasjonene relativt høye. De falt en del etter kalkingen i november 2005 og etter at inngående drensvann til gruva ble ledet til Gammelsjaktka. Etter sommeren 2006 har kobber- sink- og jernkonsentrasjonene vært økende.

pH-verdiene vil trolig ikke falle vesentlig i forhold til dagens nivå fordi det er mye utfelt jernhydroksid i Fagerlivatn/Bjørnlivatn som vil buffre kraftig. Tungmetallkonsentrasjonene vil imidlertid øke så lenge utslippene fra gruva øker. I løpet av 2009 vil det bli en økt overvåking av området ved at en vil registrere pH og konduktivitet i utgående vann fra gruva kontinuerlig i tillegg til kontinuerlig måling av pH ved utløpet av Bjørnlivatn. Disse registreringene vil avgjøre behovet for å dosere kalk til utgående vann fra gruva. I tillegg vil metallkonsentrasjonene ved utløpet av Bjørnlivatn også være bestemmende for et slikt tiltak.

3.4 Vassdragsstasjoner

3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk

Analyseresultatene for året 2006-2007 er samlet i tabell 26 i vedlegget bak. I tabell 8 er gjort en beregning av tidsveiede årlige middelverdier for hydrologiske år fra 1989/1990. I de tre siste år har det vært kontinuerlige vannføringsmålinger i Raubekken. Årsmiddelvannføringen er beregnet vha døgnmiddelvannføringene.

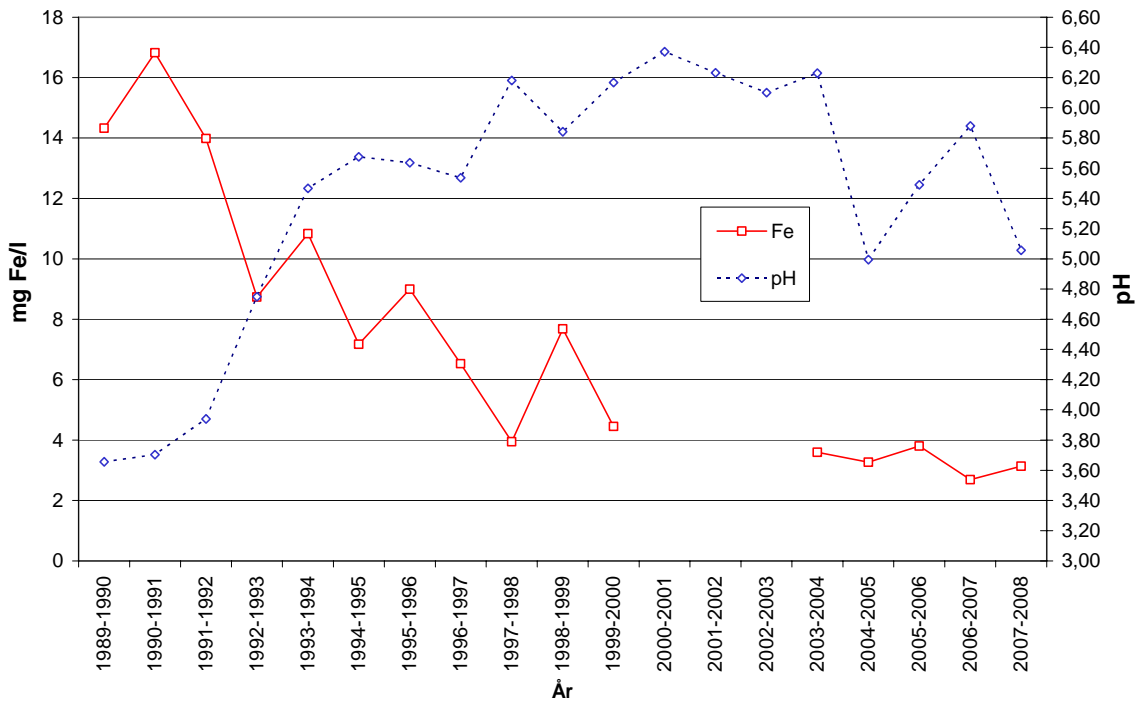
Etter at tiltaksplanen ble satt i kraft i 1992, bedret vannkvaliteten seg. pH-verdiene økte gradvis fram til 2003/2004. Det har vært noen episoder med økte tilførsler fra Løkkensiden som følge av brudd på drensledninger eller styrte utslipp av overskuddsvann pga problemer med innløpet i gruva. Disse har vært relativt kortvarige og har stort sett skjedd mens fortynningssituasjonen i bekken også var god. Disse episodene har kun gitt seg ubetydelige utslag i årsmiddelverdiene mht konsentrasjoner. De mest langvarige utslippene var i året 2004-2005. En ser da også at dette ga seg utslag i en lavere middelverdi for pH. Etter 2005 har det også vært kortvarige utslipp som er ledet til Raubekken. Det er

særlig avrenningen fra Nordre berghald som delvis går utenom drenssystemet når det er store nedbørmengder eller mye snøsmelting.

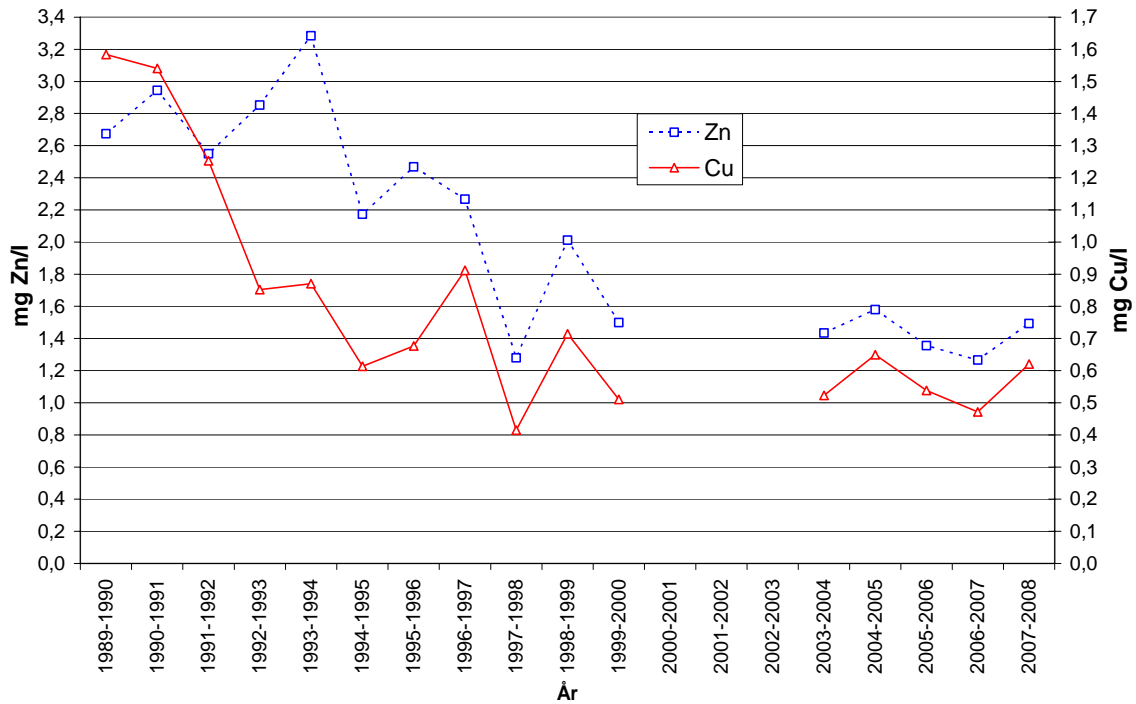
Figur 21 og figur 22 viser en grafisk fremstilling av årsmiddelverdiene for pH, jern, kobber og sink i Raubekken. Metallkonsentrasjonene økte noe i forhold til foregående år, var fortsatt innenfor det konsentrasjonsområde en har hatt de 10 siste år. En legger også merke til at middelverdien for pH falt en del siste år.

Tabell 8. Årlige middelverdier for Raubekken ved inntak kraftverk. Hydrologiske år 1989-2008.

| Hyd.år | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd µg/l | Vannf l/s |
|-----------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 1989-1990 | 3,66 | 35,2 | 126,5 | 25,19 | 5,39 | | 14,33 | 1,58 | 2,67 | 5,1 | 878 |
| 1990-1991 | 3,70 | 37,2 | 147,6 | 28,84 | 5,10 | | 16,82 | 1,54 | 2,94 | 6,7 | 974 |
| 1991-1992 | 3,94 | 38,8 | 138,1 | 28,01 | 5,63 | | 13,98 | 1,25 | 2,55 | 4,9 | 1069 |
| 1992-1993 | 4,75 | 37,0 | 162,1 | 39,52 | 11,79 | 2,63 | 8,74 | 0,85 | 2,85 | 5,9 | 929 |
| 1993-1994 | 5,47 | 45,3 | 201,0 | 47,49 | 15,10 | 2,37 | 10,84 | 0,87 | 3,28 | 6,1 | 555 |
| 1994-1995 | 5,68 | 34,8 | 151,5 | 40,64 | 10,66 | 1,70 | 7,17 | 0,61 | 2,17 | 4,6 | 896 |
| 1995-1996 | 5,64 | 40,4 | 173,0 | 42,73 | 11,29 | 2,28 | 8,99 | 0,68 | 2,47 | 5,4 | 607 |
| 1996-1997 | 5,54 | 37,3 | 155,4 | 38,09 | 10,08 | 2,60 | 6,53 | 0,91 | 2,27 | 5,8 | 1402 |
| 1997-1998 | 6,18 | 26,3 | 102,3 | 29,36 | 7,17 | 1,20 | 3,94 | 0,41 | 1,28 | 3,1 | 1137 |
| 1998-1999 | 5,84 | 36,4 | 162,6 | 41,04 | 10,70 | 2,38 | 7,68 | 0,71 | 2,01 | 4,4 | 808 |
| 1999-2000 | 6,17 | 30,3 | 124,5 | 34,65 | 8,57 | 1,45 | 4,45 | 0,51 | 1,50 | 3,2 | 1215 |
| 2000-2001 | 6,37 | 39,9 | 171,0 | | | | | | | | 576 |
| 2001-2002 | 6,23 | 31,4 | 110,8 | | | | | | | | 1139 |
| 2002-2003 | 6,10 | 33,2 | 140,8 | | | | | | | | 855 |
| 2003-2004 | 6,23 | 31,1 | 127,1 | 34,81 | 8,85 | 1,69 | 3,60 | 0,52 | 1,43 | 3,3 | 1107 |
| 2004-2005 | 4,99 | 28,4 | 124,5 | 29,09 | 7,24 | 2,24 | 3,26 | 0,65 | 1,58 | 1,6 | 1990 |
| 2005-2006 | 5,49 | 32,2 | 119,6 | 31,64 | 7,41 | 2,02 | 3,80 | 0,54 | 1,36 | 3,5 | 1084 |
| 2006-2007 | 5,88 | 29,5 | 123,2 | 32,89 | 7,63 | 1,51 | 2,69 | 0,47 | 1,27 | 3,0 | 1472 |
| 2007-2008 | 5,06 | 28,3 | 118,9 | 29,55 | 6,65 | 2,45 | 3,14 | 0,62 | 1,49 | 4,5 | 1817 |



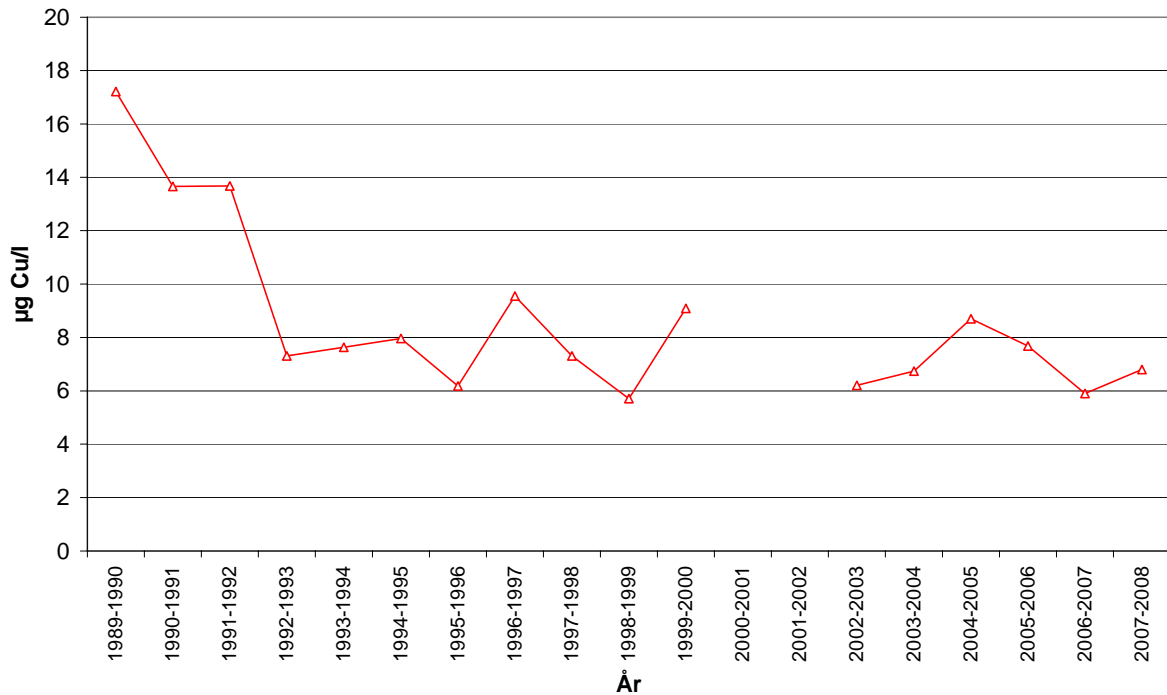
Figur 21. Årlige middelværdier for pH og jern i Raubekken. Hydrologiske år.



Figur 22. Årlige middelværdier for kobber og sink i Raubekken. Hydrologiske år.

3.4.2 Orkla ved Vormstad

Prøvene av Orkla ved Vormstad tas under Øyum bru. Her er tilførselene fra Raubekken godt innblandet i Orkla. Stasjonen ble opprettet av gruveselskapet i sin tid og en har analysemateriale fra en lang rekke år tilbake. I denne rapporten tar vi med analysemateriale tilbake til 1989. Tiltaksplanen til Løkken Gruber fikk sin fulle virkning i april 1992 da utslippene fra Wallenberg pumpestasjon startet. I tabell 28 i vedlegget bak er samlet resultatene for prøvetakingene i 2007-2008. I tabell 9 er beregnet tidsveiede årsmiddelverdier for noen viktige metaller for hydrologiske år fra 1989. I figur 23 er årsmiddelverdien for kobber fremstilt grafisk.



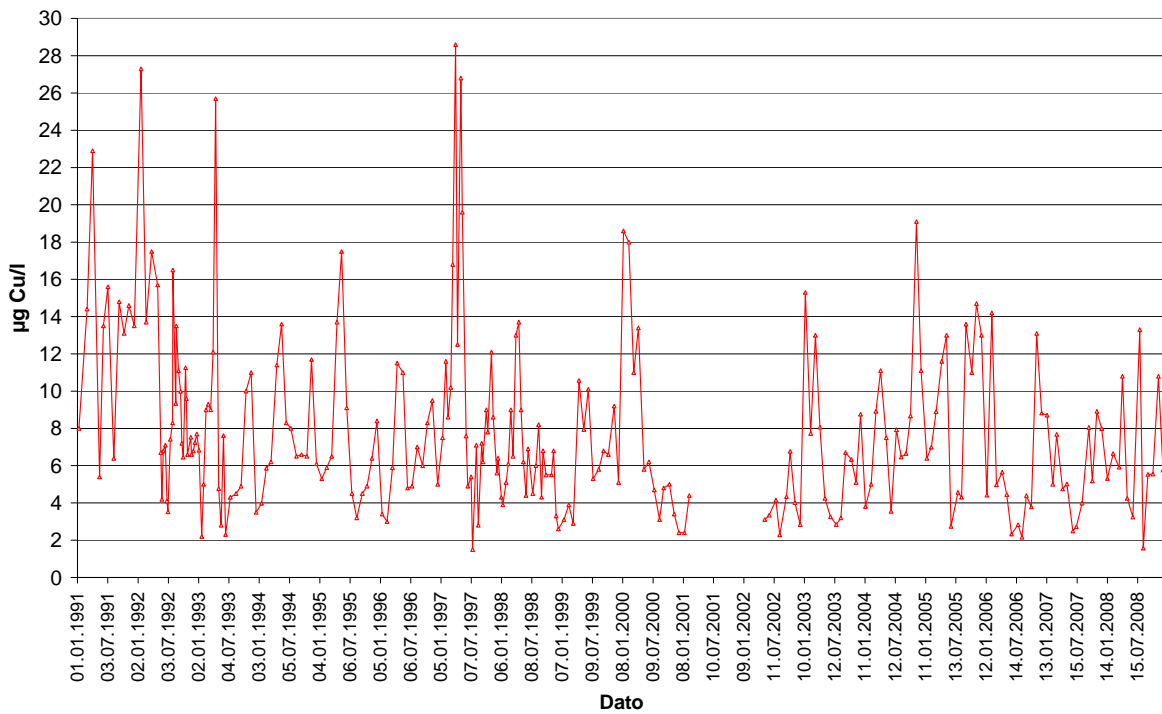
Figur 23. Tidsveiede årsmiddelverdier for kobber i Orkla ved Vormstad 1989-2008.

En ser at middelverdien for kobber har ligget under målet på 10 µg/l i alle år etter at tiltaksplanene ble satt i drift.

Når det gjelder å vurdere faren for eventuelle uønskede biologiske effekter er det også viktig å ha tilsyn med øyeblikksverdiene. Figur 24 viser observasjonsmaterialet for kobber i årene 1991-2008. Figuren viser at en har hatt flere episoder med verdier over 10 µg/l kobber. I de senere år ser en at nødutslipp av drens vann fra Løkken-siden fra 2002 som følge av gjentettingsproblemer og omlegging av innløp i Gammelgruva førte til kobberverdier over 10 µg/l i perioder. I siste periode hadde en kobberverdi over 10 µg/l i april måned 2008 (10,8 µg/l) og i september måned (13,3 µg/l).

Tabell 9. Tidsveiede årsmiddelverdier, hydrologiske år. Orkla ved Vormstad.

| Hyd.år | Fe µg/l | Cu µg/l | Zn µg/l | Al µg/l |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 1989-1990 | 386 | 17,2 | 31,2 | |
| 1990-1991 | 222 | 13,7 | 30,6 | |
| 1991-1992 | 263 | 13,7 | 28,4 | |
| 1992-1993 | 211 | 7,3 | 32,4 | |
| 1993-1994 | 151 | 7,6 | 26,2 | |
| 1994-1995 | 146 | 8,0 | 24,1 | |
| 1995-1996 | 113 | 6,2 | 18,5 | |
| 1996-1997 | 166 | 9,6 | 29,1 | |
| 1997-1998 | 140 | 7,3 | 17,8 | |
| 1998-1999 | 118 | 5,7 | 15,5 | |
| 1999-2000 | 144 | 9,1 | 27,4 | |
| 2000-2001 | 108 | | | |
| 2001-2002 | 143 | | | |
| 2002-2003 | 125 | 6,2 | 16,8 | |
| 2003-2004 | 124 | 6,7 | 18,0 | |
| 2004-2005 | | 8,7 | 22,1 | |
| 2005-2006 | 112 | 7,7 | 19,4 | 54,0 |
| 2006-2007 | 129 | 5,9 | 15,0 | 67,3 |
| 2007-2008 | 139 | 6,8 | 14,6 | 71,5 |



Figur 24. Kobberobservasjoner i Orkla ved Vormstad 1991-2008.

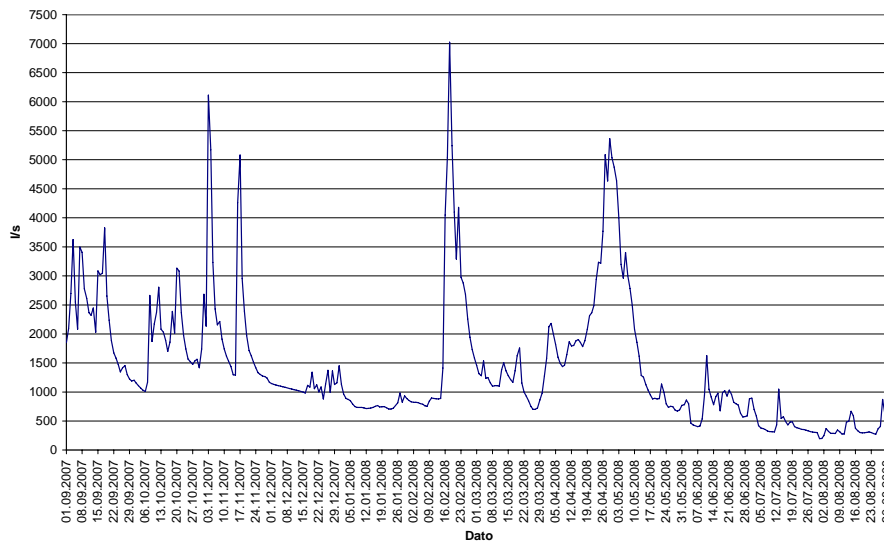
4. Massebalanse

4.1 Vannbalanser

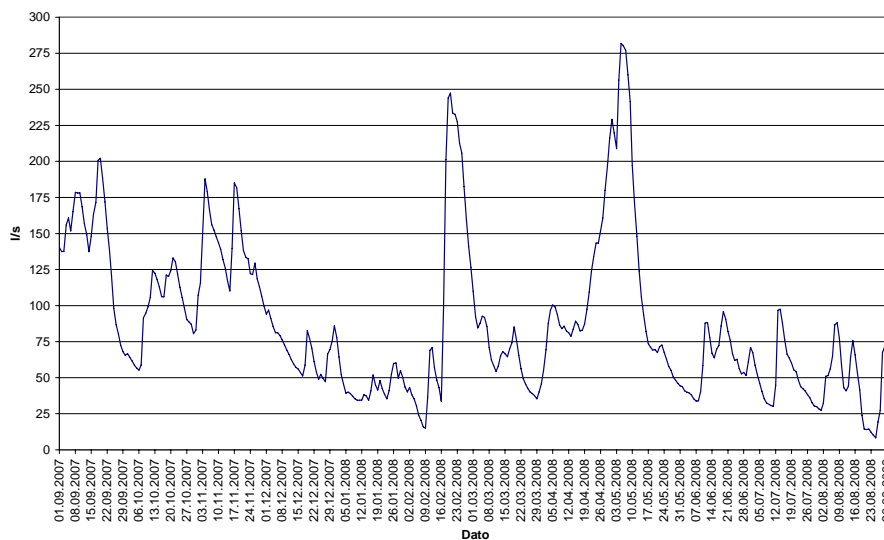
4.1.1 Bjørnlivatn-Raubekken

Vannføringene i Raubekken måles ved en profil i bekken like før inntaket i kraftverket. Kraftverkene i Orkla (KVO) har tidligere (1989) kalibrert en vannføringskurve for profilen som er lagt til grunn for angivelse av vannføring i alle år. Sommeren 2005 ble det montert en vannstandslogger ved vannmerket slik at en kan benytte eksisterende vannføringskurve for beregning av vannføring. Loggeren registrerer vannstanden hver time.

Ved utløpet av Bjørnlivatn ble den gamle 120 graders trekantprofilen i stål satt på plass igjen før programmets start i juli 2005. Overløpshøyden registreres hver time vha en vannstandslogger og vannføringen beregnes vha formel for 120 graders trekantoverløp. Figur 25 og figur 26 viser hvordan døgnmiddelvannføringene varierte i året 2007-2008.



Figur 25. Døgnmiddelvannføringer i Raubekken i 2007-2008.



Figur 26. Døgnmiddelvannføringer ved utløpet av Bjørnlivatn i 2007-2008.

Begge bekker er typiske flombekker der vannføringen kan variere mye i løpet av korte tidsrom. Vannføringen ved utløpet av Bjørnlivatn er noe påvirket av tilførslene fra Wallenberg pumpe-stasjon som ble satt i drift i april 1992. Det var flere flomtopper i løpet av den siste året. Den høyeste vannføringen ble målt den 18/2-08. Vårflommen inntraff i månedsskiftet april-mai 2008 med høyeste vannføring den 29/4-08. Det var også høye vannføringer sent på høsten den 3/11-07 og 17/11-07. De høyeste vannføringene inntreffer i perioder med mildvær med regn og snøsmelting. Ved hjelp av døgnmiddelvannføringene har en i tabell 10 beregnet årsavrenningen og gitt en oversikt over middelvannføring, samt høyeste og laveste døgnmiddelvannføring.

Avrenningen fra Bjørnlivatn utgjør vel 6 % av samlet avrenning i Raubekken i følge målingene de tre siste år.

Tabell 10. Avrenning fra Bjørnlivatn og i Raubekken i perioden 2005-2008.

| | | Raubekken | | | Bjørnlivatn | | |
|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | | 2005-2006 | 2006-2007 | 2007-2008 | 2005-2006 | 2006-2007 | 2007-2008 |
| Avrenning | m ³ | 34186727 | 46423605 | 45596457 | 2184444 | 2891154 | 2795943 |
| Gj.snitt | l/s | 1084 | 1472 | 1442 | 66,1 | 91,7 | 102,1 |
| Max | l/s | 7700 | 7855 | 7027 | 296 | 291 | 281 |
| Min | l/s | 55 | 75 | 198 | 2,48 | 12,8 | 8,3 |
| Median | l/s | 684 | 1139 | 1109 | 50,4 | 80,9 | 71,6 |

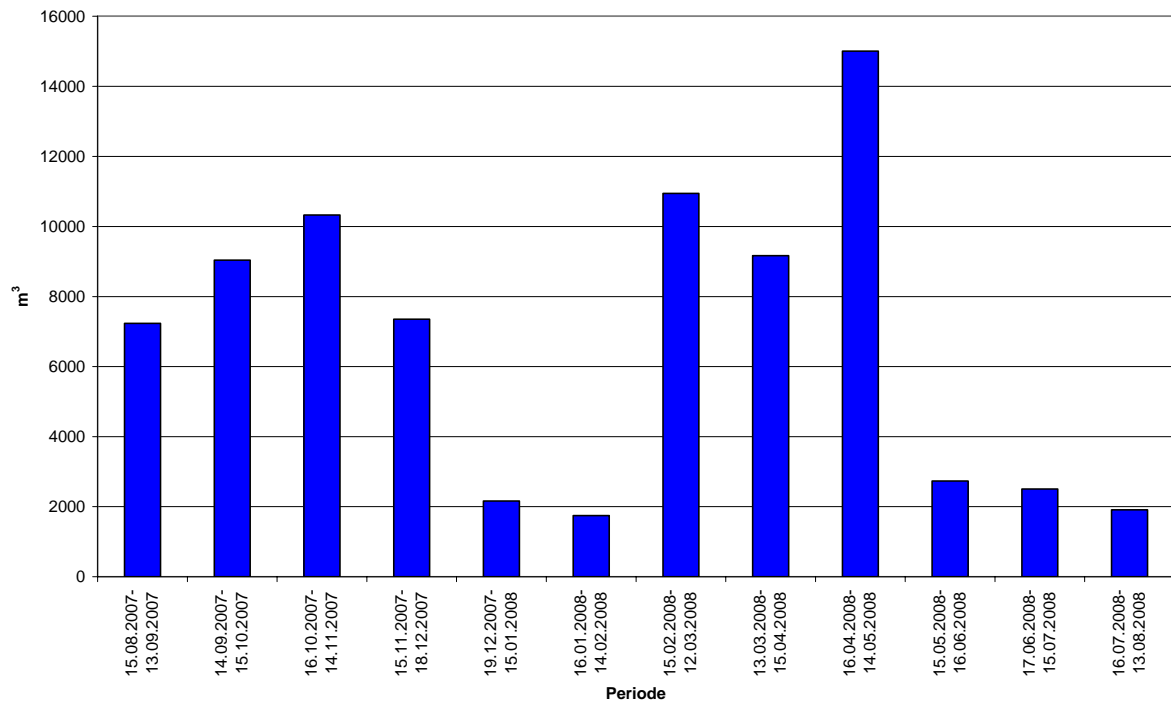
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve

Wallenberg gruve får tilførsler fra følgende kilder:

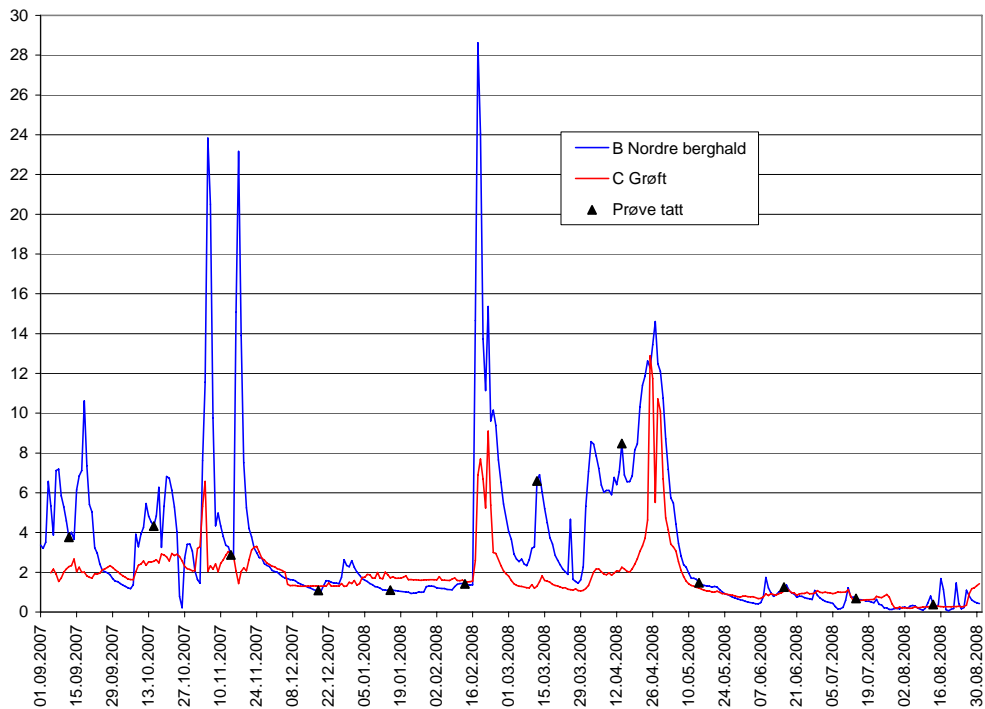
- Fra Stallgata pumpe-stasjon (stasjon A)
- Drensrør fra Nordre berghald (stasjon B)
- Drensrør i Gammelgruva (stasjon C)
- Tilførsler fra Astrup gruveområde (måles av NAD)
- Tilførsler av vann til Gammelsjakta fra overflaten (ikke målt)
- Tilførsler til Fearnley sjakt (ikke målt)
- Naturlig tilsig gjennom berggrunnen
- Tilsig gjennom grunnen fra innsjøene over gruva
- Tilførsler gjennom rasområdet i Fagerliåsen

Vannstanden i gruva holdes ved utpumping fra Wallenberg sjakt. Pumpe-stasjonen er styrt av vannstands-nivået i gruva. Når gruva er nedpumpet til laveste nivå og hvis det er lite tilsig, kan det ta noen tid inntil vannstanden blir høy nok slik at pumpa kommer i drift igjen.

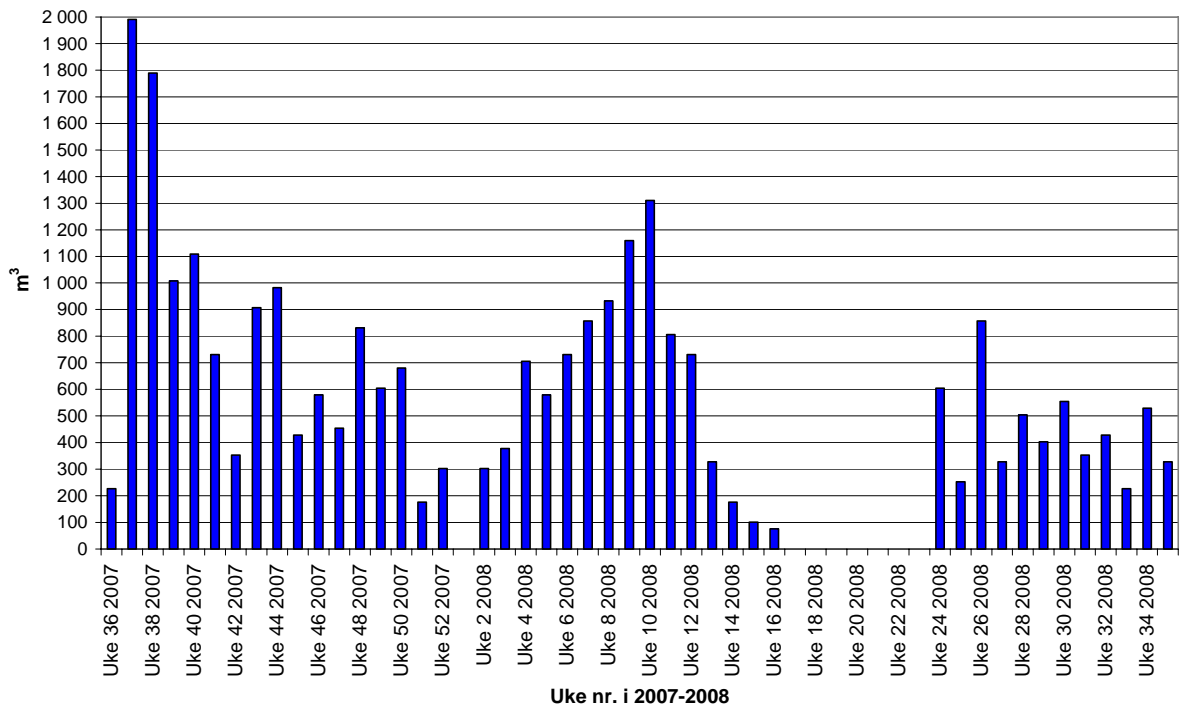
Ved stasjon A - Stallgata pumpe-stasjon leses pumpe-standen av ved hver prøvetaking. Figur 27 viser grafisk utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking i perioden 2007-2008. Det ble pumpet mest vann under vårflommen 2008. I tabell 11 er beregnet årsvolumer for de periodene en har data for.



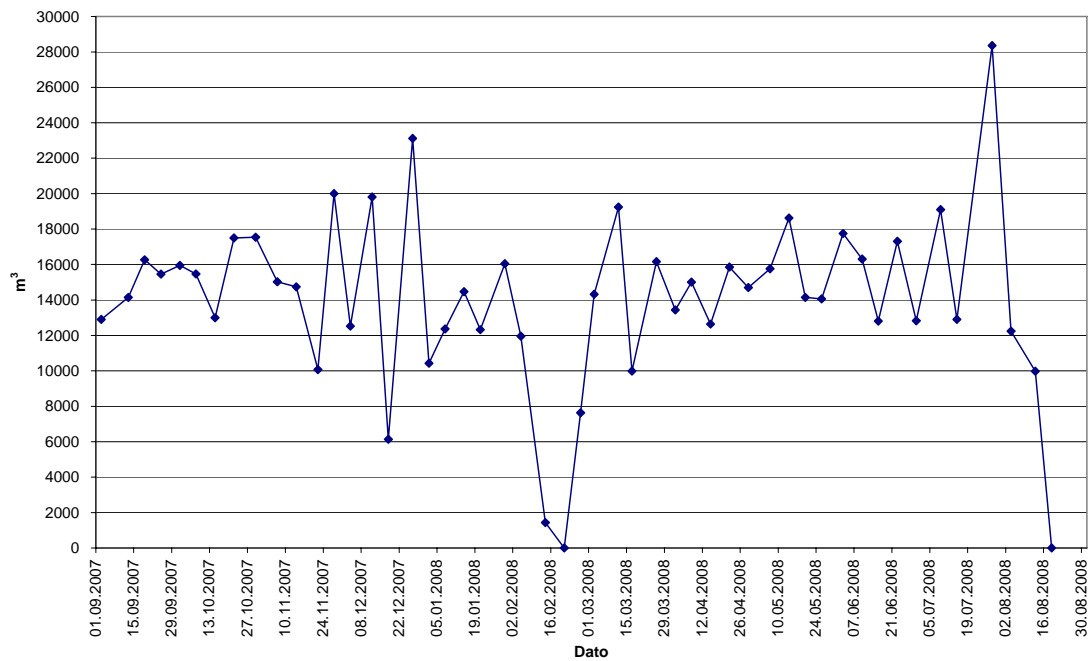
Figur 27. Stasjon A. Stallgata pumpestasjon. Utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking.



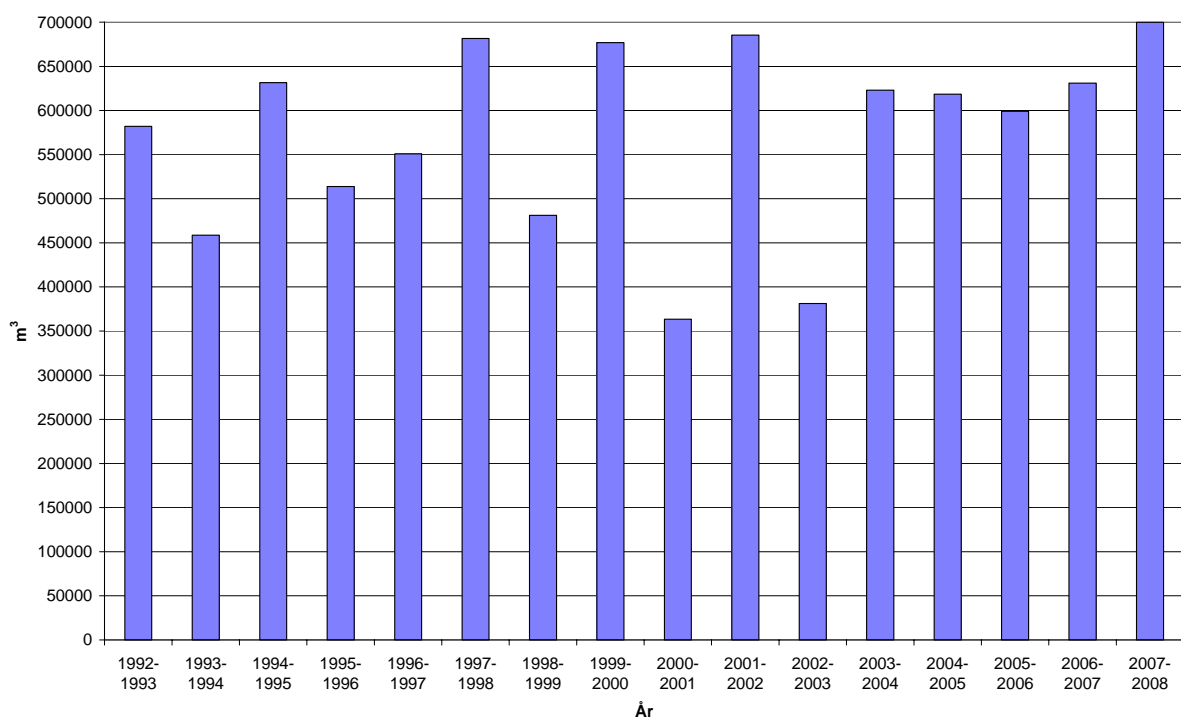
Figur 28. Døgnmiddelvannføringer ved stasjon B, Drensrør fra Nordre berghald og stasjon C, Grøft i Gammelgruva i 2007-2008 med markering av prøvetakingstidspunkter.



Figur 29. Pumping av vann fra Astrup gruve til Wallenberg gruve i 2007-2008.



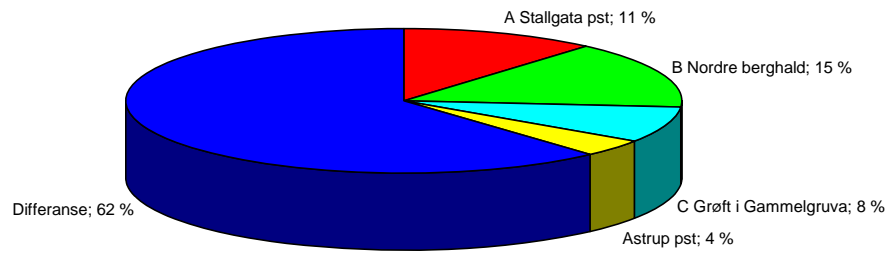
Figur 30. Pumping av gruvevann fra Wallenberg pst i 2007-2008. Y-akse: Utpumpet volum siden foregående observasjon. X-akse: Dato for avlesning på telleverk.



Figur 31. Årlig utpumpet vannmengde fra Wallenberg gruve for alle hydrologiske år.

Tabell 11. Samlet vannbalanse for målestasjonene i Wallenberg gruve.

| Periode | Stasjon A Stallgata pst m ³ | Stasjon B. Nordre berghald m ³ | Stasjon C. Grøft i Gammelgruva m ³ | Astrup pst. nivå 311 m ³ | Sum innløp m ³ | Wallenberg pst. m ³ | Diffe- ranse m ³ |
|-----------|--|---|---|--|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1992-1993 | 48900 | 52600 | 18200 | | 911743 | 925500 | 13757 |
| 1997-1998 | 72497 | 93131 | 32354 | 30000 | 466400 | 635734 | 169334 |
| 2005-2006 | 73000 | 105821 | 70981 | 46000 | 295803 | 600000 | 304197 |
| 2006-2007 | 83663 | 142366 | 107898 | 37145 | 371072 | 631096 | 260024 |
| 2007-2008 | 80109 | 103711 | 56882 | 27695 | 268397 | 699820 | 431423 |



Figur 32. Vannbalanse på Løkkengruva i 2007-2008. Fordeling på kilder i %.

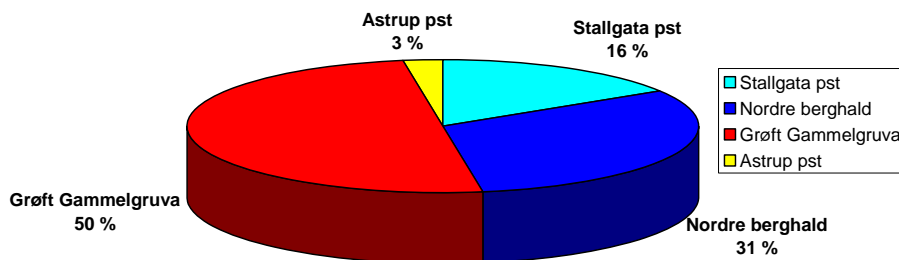
4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve

Det kreves svært omfattende feltundersøkelser for å beregne stofftransporten i et slikt område med stor presisjon. I denne undersøkelsen har vi som i de foregående gjort den forenkling ved å beregne årstransporten for pumpestasjonen i Stallgata ved hjelp av årsmiddelverdi for konsentrasjon og multiplisere denne med samlet pumpevolum for perioden. For de to stasjonene i Gammelgruva, stasjon B og Stasjon C, har vi benyttet analyseresultatet for proporsjonalblandprøven og multiplisert disse med volumet mellom hver prøvetaking. Årstransporten er beregnet ved å summere resultatene for hver periode. Når det gjelder beregningen for Wallenberg pumpestasjon har vi beregnet en transportverdi for hver observasjon ved å multiplisere analyseverdi med utpumpet vannmengde siden foregående observasjon. Årstransporten er beregnet ved å summere alle enkeltverdier. Beregningen for Astrup pst er usikker. Her har vi multiplisert aritmetisk middelvei for alle observasjoner siden 1995 for pumpeumpen på nivå 311 (tabell 27 i vedlegget, 24 observasjoner) med utpumpet vannmengde i 2007-2008. Tabell 12 viser beregnet materialbalanse for Wallenberg gruve i perioden 2007-2008.

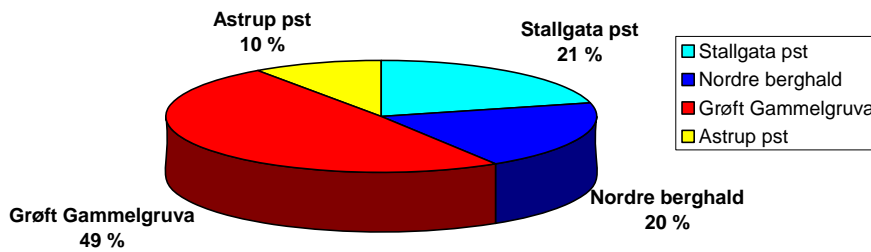
Tabell 12. Materialbalanse på Wallenberg gruve i 2007-2008.

| Stasjon | SO ₄ tonn | Fe tonn | Cu tonn | Zn tonn | Cd kg | Al tonn | Ca tonn |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Stallgata pst | 350 | 47,0 | 4,4 | 3,8 | 15,9 | 11,7 | 29,1 |
| Nordre berghald | 414 | 91,4 | 4,1 | 2,0 | 7,7 | 11,5 | 14,9 |
| Grøft Gammelgruva | 735 | 145,8 | 10,1 | 7,2 | 27,1 | 33,2 | 15,3 |
| Astrup pst | 68 | 7,3 | 2,0 | 4,6 | 16,1 | 1,5 | 8,9 |
| Sum tilførsler 2007-2008 | 1567 | 291,5 | 20,6 | 17,5 | 66,7 | 57,9 | 68,2 |
| Avløp Wallenberg pst 2007-2008 | 1820 | 170,7 | 8,6 | 23,4 | 80,3 | 40,7 | 279,0 |

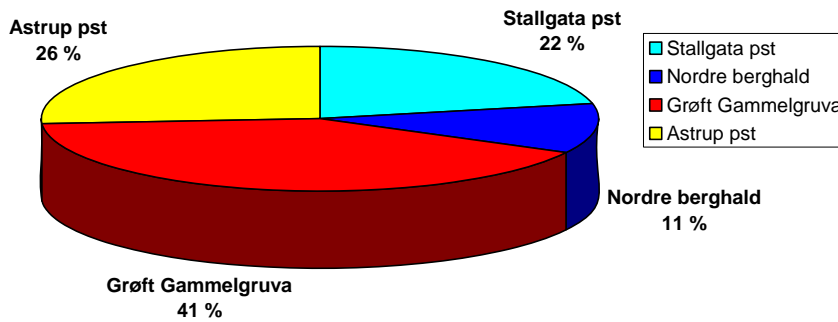
Figur 33, figur 34, figur 35, figur 36 og figur 37 gir en grafisk fremstilling av hvordan årstransporten fordeler seg på kildene mht for noen viktige komponenter.



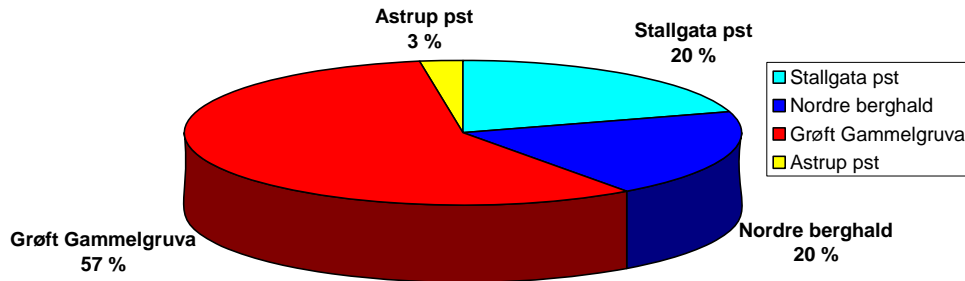
Figur 33. Jernbalanse for Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2007-2008.



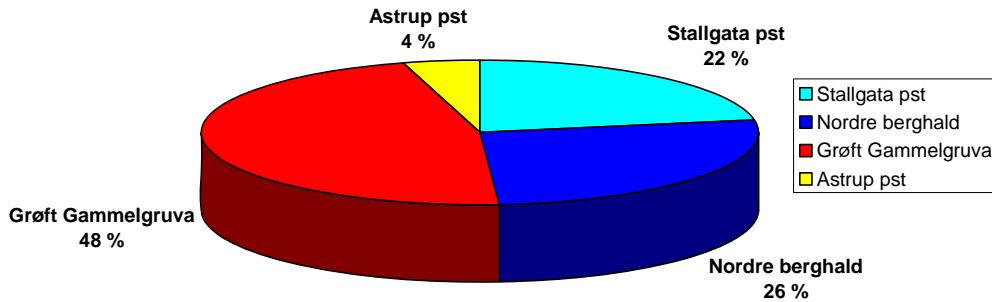
Figur 34. Kobberbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2007-2008.



Figur 35. Sinkbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2007-2008.



Figur 36. Aluminiumbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2007-2008.



Figur 37. Sulfatbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2007-2008.

Tabell 13 gir en oversikt over beregnede transportverdier for alle de fire undersøkelsesperiodene som er gjennomført. I tabell 14 er samlet årlig materialtransport for alle år etter at Wallenberg pst kom i drift.

Tabell 13. Materialbalanse for Wallenberg gruve for samtlige undersøkelsesperioder.

| Stasjon | SO₄ tonn | Fe tonn | Cu tonn | Zn tonn | Cd kg | Al tonn |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| A. Stallgata 1992-1993 | 290 | 52 | 5,9 | 5,9 | | |
| A. Stallgata 1997-1998 | 354 | 58 | 6,2 | 6,3 | 26 | |
| A. Stallgata 2005-2006 | 308 | 46 | 4,3 | 3,7 | 15 | 11 |
| A. Stallgata 2006-2007 | 372 | 52 | 5,0 | 4,2 | 17 | 13 |
| A. Stallgata 2007-2008 | 350 | 47 | 4,4 | 3,8 | 16 | 12 |
| B. Nordre 1992-1993 | 319 | 83 | 3,9 | 2,0 | | |
| B. Nordre 1997-1998 | 580 | 151 | 7,3 | 3,7 | 19 | |
| B. Nordre 2005-2006 | 414 | 95 | 4,3 | 2,0 | 8 | 12 |
| B. Nordre 2006-2007 | 650 | 148 | 6,5 | 3,0 | 11 | 19 |
| B. Nordre 2007-2008 | 414 | 91 | 4,1 | 2,0 | 8 | 12 |
| C. Grøft 1992-1993 | 887 | 65 | 5,0 | 4,0 | | |
| C. Grøft 1997-1998 | 423 | 89 | 6,7 | 5,3 | 20 | |
| C. Grøft 2005-2006 | 864 | 153 | 12,5 | 10,0 | 40 | 42 |
| C. Grøft 2006-2007 | 1313 | 280 | 20,7 | 15,2 | 58 | 67 |
| C. Grøft 2007-2008 | 735 | 146 | 10,1 | 7,2 | 27 | 33 |
| Astrup pst 2005-2006 | 116 | 13 | 3,5 | 7,9 | 28 | 2,6 |
| Astrup pst 2006-2007 | 92 | 10 | 2,7 | 6,1 | 22 | 2,0 |
| Astrup pst 2007-2008 | 68 | 7,3 | 2,0 | 4,6 | 16 | 1,5 |
| Wallenberg pst. 1992-1993 | 939 | 42 | 2,1 | 10,2 | 28 | 2,2 |
| Wallenberg pst. 1997-1998 | 976 | 61 | 1,1 | 9,5 | 16 | 2,8 |
| Wallenberg pst. 2005-2006 | 926 | 69 | 1,0 | 7,7 | 16 | 6,5 |
| Wallenberg pst. 2006-2007 | 1127 | 98 | 5,1 | 13,0 | 39 | 19 |
| Wallenberg pst. 2007-2008 | 1820 | 171 | 8,6 | 23,4 | 80 | 41 |

Tabell 14. Materialtransport ved Wallenberg pst 1992-2008.

| År | SO ₄ tonn | Fe tonn | Cu tonn | Zn tonn | Cd kg | Mn tonn | Ni tonn | Co tonn | Pb kg | Al tonn | Vannmengde m ³ |
|-----------|-------------------------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|----------|------------|------------------------------|
| 1992-1993 | 1286 | 59,0 | 2,20 | 14,2 | 28,4 | 4,49 | 0,10 | 0,45 | | 2,2 | 582048 |
| 1993-1994 | 763 | 31,3 | 0,88 | 6,58 | 10,5 | 3,56 | 0,04 | 0,23 | | 1,7 | 458600 |
| 1994-1995 | 1174 | 50,4 | 1,76 | 11,2 | 44,3 | 5,62 | 0,08 | 0,43 | | 2,2 | 631492 |
| 1995-1996 | 675 | 32,5 | 0,78 | 6,36 | 9,0 | 3,11 | 0,06 | 0,15 | | 1,5 | 513821 |
| 1996-1997 | 897 | 47,3 | 1,01 | 7,77 | 8,1 | 3,51 | 0,08 | 0,30 | | 2,7 | 550965 |
| 1997-1998 | 1027 | 61,8 | 1,11 | 9,73 | 17,9 | 3,98 | 0,08 | 0,40 | | 2,8 | 681638 |
| 1998-1999 | 989 | 71,9 | 0,77 | 9,52 | 15,3 | 3,15 | 0,59 | 0,36 | | 2,4 | 481092 |
| 1999-2000 | 1056 | 66,1 | 0,73 | 8,25 | 14,6 | 3,10 | 0,07 | 0,36 | | 2,3 | 676796 |
| 2000-2001 | 692 | 39,7 | 0,31 | 4,51 | 5,6 | 1,74 | 0,04 | 0,20 | | 0,7 | 363598 |
| 2001-2002 | 1650 | 135,7 | 5,28 | 19,0 | 36,3 | 4,50 | 0,14 | 0,63 | 28,8 | 22,8 | 685408 |
| 2002-2003 | 686 | 48,1 | 0,52 | 5,63 | 9,3 | 1,87 | 0,05 | 0,23 | 4,3 | 3,9 | 381328 |
| 2003-2004 | 1201 | 92,4 | 3,03 | 12,1 | 28,7 | 2,96 | 0,10 | 0,45 | 12,3 | 14,5 | 623033 |
| 2004-2005 | 1496 | 140,0 | 5,90 | 19,3 | 52,2 | 3,34 | 0,13 | 0,62 | 25,1 | 28,2 | 618505 |
| 2005-2006 | 926 | 69,4 | 0,98 | 7,73 | 15,8 | 2,15 | 0,10 | 0,33 | 6,6 | 6,5 | 599112 |
| 2006-2007 | 1127 | 98,0 | 5,10 | 13,0 | 38,8 | 2,34 | 0,097 | 0,43 | 21,4 | 19,2 | 631096 |
| 2007-2008 | 1820 | 170,7 | 8,60 | 23,4 | 80,3 | 3,55 | 0,154 | 0,73 | 43,0 | 40,7 | 699820 |

4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene

Avløpet fra Wallenberg pumpestasjon går til Fagerlivatn som har avløp til Bjørnlivatn.

Som i foregående rapport vil vi beregne forurensningstransporten ved utløpet av Bjørnlivatn og sammenligne denne med samlet transport i Raubekken. Derved kan en få et anslag over hvor effektivt dreneringstiltaket på Løkkensiden er.

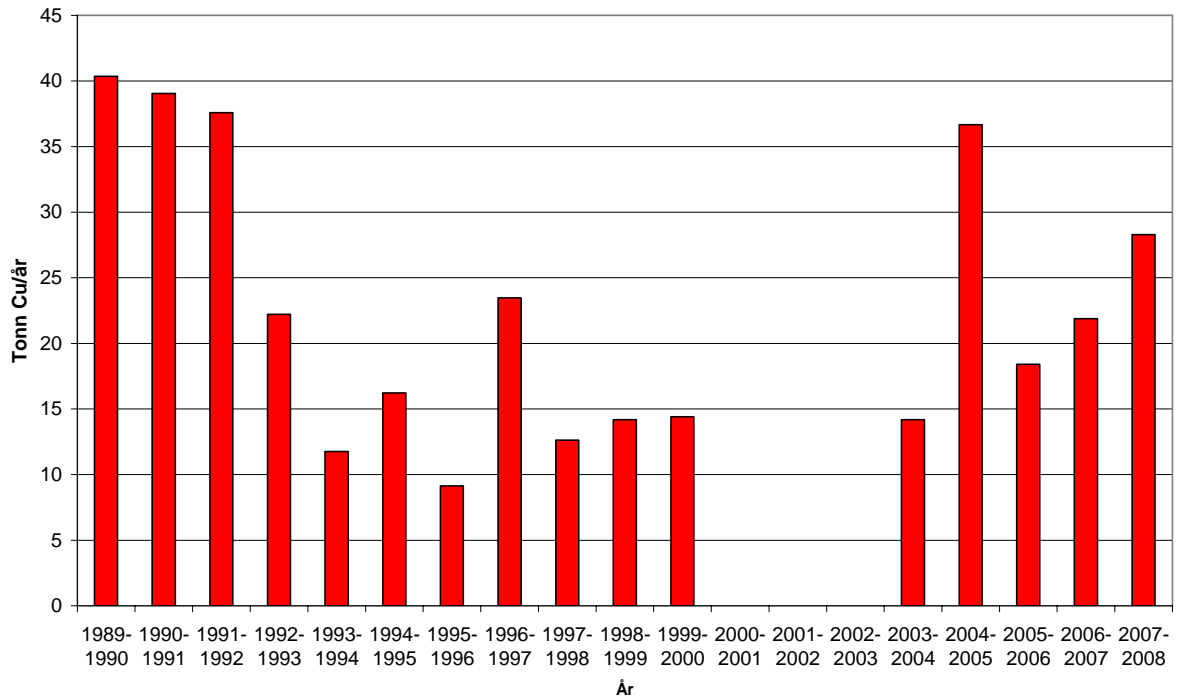
I tabell 15 har en samlet årstransporten for Raubekken for alle år etter 1989. En ser at årstransporten avtok merkbart etter at tiltaksplanen ble satt i verk i 1992. Problemene med gjentetting av tilløpet gjennom synken i Gammelgruva og nødoverløp til Raubekken (2004-2005) førte til at transporten igjen ble omtrent den samme som i de siste årene før tiltaksplanen pga nødoverløp til Raubekken. I tillegg fikk en også økte tilførsler fra Wallenberg pumpestasjon. Etter at inngående dreinsvann ble overført til Gammelsjakta, førte dette til redusert transport i Raubekken igjen. En vesentlig effekt i 2005-2006 var at det ikke lenger var noe nødoverløp fra Løkkensiden til Raubekken. Utslippene fra Wallenberg pumpestasjon var også mindre i denne perioden. I figur 38 er årstransporten for kobber fremstilt grafisk. I tabell 16 har en sammenlignet årstransporten i Raubekken med tilførselen fra Bjørnlivatn i undersøkelsesperioden. Resultatene fram til 1.9.2008 viser at Løkkensiden fortsatt er den dominerende forurensningskilde i området, men at tilførslene fra gruva via Bjørnlivatn bidrar med en del sulfat og økende mengder aluminium, kadmium, kobber og sink.

Tabell 15. Materialtransport i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2008.

| Hyd.år | SO ₄ Tonn | Al Tonn | Fe Tonn | Cu Tonn | Zn Tonn | Cd Kg |
|-----------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 1989-1990 | 3040 | | 383 | 40,4 | 65,8 | 130 |
| 1990-1991 | 4480 | | 478 | 39,1 | 72,7 | 199 |
| 1991-1992 | 4195 | | 434 | 37,6 | 72,3 | 190 |
| 1992-1993 | 4490 | 65,6 | 229 | 22,2 | 76,7 | 173 |
| 1993-1994 | 2761 | 29,4 | 133 | 11,8 | 43,8 | 82,3 |
| 1994-1995 | 3764 | 39,4 | 166 | 16,2 | 54,0 | 116 |
| 1995-1996 | 2431 | 29,1 | 112 | 9,1 | 33,2 | 73,3 |
| 1996-1997 | 4517 | 54,6 | 180 | 23,5 | 63,9 | 156 |
| 1997-1998 | 3484 | 36,7 | 117 | 12,6 | 42,7 | 101 |
| 1998-1999 | 3554 | 46,5 | 158 | 14,2 | 43,1 | 93,7 |
| 1999-2000 | 3707 | 40,2 | 126 | 14,4 | 44,7 | 95,6 |
| 2000-2001 | 2020 | | | | | |
| 2001-2002 | 3398 | | | | | |
| 2002-2003 | 3516 | | | | | |
| 2003-2004 | 3520 | 48,2 | 101 | 14,2 | 39,4 | 87,1 |
| 2004-2005 | 7156 | 126,5 | 192 | 36,7 | 90,7 | 273 |
| 2005-2006 | 4088 | 69,0 | 130 | 18,4 | 46,3 | 119 |
| 2006-2007 | 5717 | 70,2 | 125 | 21,9 | 58,8 | 138 |
| 2007-2008 | 5424 | 111,5 | 143 | 28,3 | 68,1 | 207 |

Tabell 16. Transport i Raubekken og ved utløp av Bjørnlivatn i 2007-2008

| Stasjon | SO ₄ | Al | Fe | Cu | Zn | Cd |
|----------------------------|-----------------|-------|------|------|------|------|
| | Tonn | Tonn | Tonn | Tonn | Tonn | Kg |
| Raubekken | 5424 | 111,5 | 143 | 28,3 | 68,1 | 207 |
| Utløp Bjørnlivatn | 2113 | 35,2 | 30,9 | 8,8 | 24,8 | 79,4 |
| Differanse (= Løkkensiden) | 3311 | 76,3 | 112 | 19,5 | 43,3 | 128 |



Figur 38. Årlig transport av kobber i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2008.

Ved hjelp av materialet i tabell 16 og tilsvarende beregninger for foregående perioder kan en anslå effektiviteten til dreneringstiltaket i %. I tabell 17 under er gjort et slikt anslag.

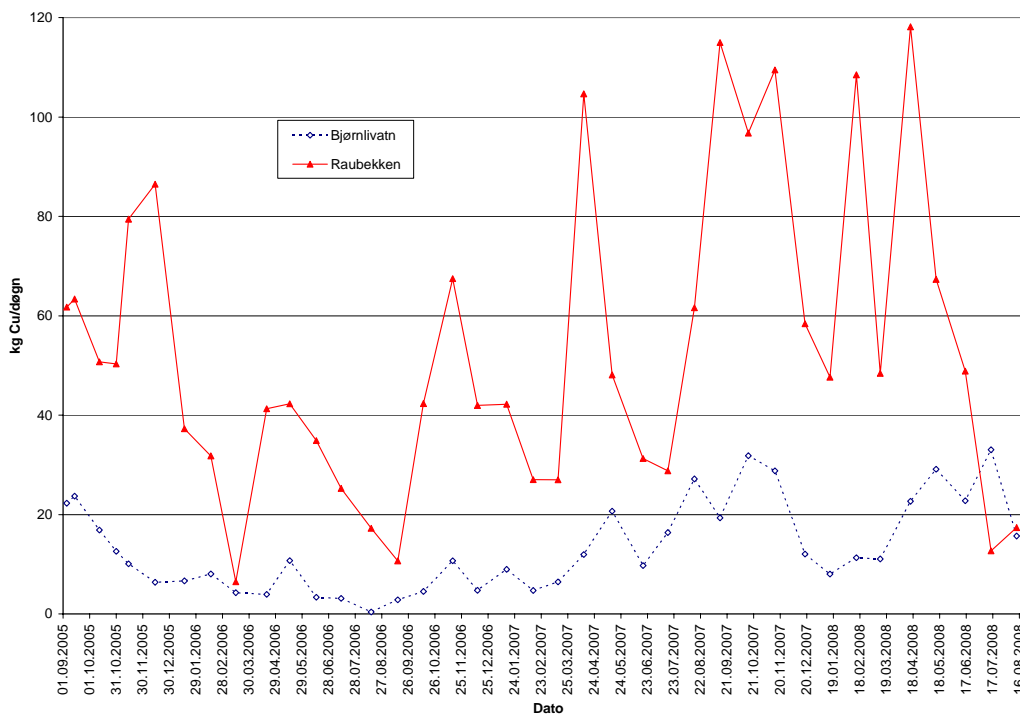
Tabell 17. Virkningsgrad til dreneringstiltak på Løkkensiden.

| | SO ₄ | Al | Fe | Cu | Zn | Cd |
|---------------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|
| Oppsamlingsgrad i % i 2005-2006 | 21,5 | 29,3 | 53,9 | 36,1 | 15,1 | 21,5 |
| Oppsamlingsgrad i % i 2006-2007 | 21,6 | 35,8 | 63,8 | 40,3 | 15,0 | 24,1 |
| Oppsamlingsgrad i % i 2007-2008 | 18,7 | 23,3 | 55,2 | 30,4 | 11,7 | 15,6 |

En ser at tiltaket greier å samle opp ca 30-40 % av avrenningen av kobber til Raubekken på Løkkensiden. Tilførselene fra Bjørnlivatnsiden bidrar med mye sulfat og en del aluminium. Den dårlige virkningsgraden for sink og kadmium skyldes tilførselene fra slamdammen på Løkken som ikke omfattes av tiltaksplanen fra 1991. Dette er også i samsvar med erfaringene fra undersøkelsene i 1989-1990 (Øren et al, 1990).

I figur 39 har en vist hvordan transporten av kobber var ved hver prøvetaking i tidsrommet 1.9.2005-1.9.2008 ved utløpet Bjørnlivatn og i Raubekken. En ser at det var en økende tendens ved begge stasjoner. Figuren viser at bidraget fra Løkken-siden betyr mest, men det er også tydelig at tilførselene fra Bjørnlivatn-siden etter hvert får en økende betydning. Av og stil er det vanskelig å sammenligne fordi prøvetakingsstidspunktene ikke er sammenfallende. De høyeste transportverdiene ble påvist i nedbørrike perioder som f.eks i september-november 2007, februar 2008 (mildvær med regn) og våren 2008.

I de tre årene som de utvidede undersøkelsene har pågått har bidraget fra Bjørnlivatn økt fra 18 % til 31 % av årstransporten av kobber i Raubekken.



Figur 39. Momentane transportverdier for kobber i Raubekken og ved utløpet av Bjørnlivatn 2005-2008.

5. Samlet vurdering

Forurensningssituasjonen i Løkken gruveområdet har vært fulgt opp med et løpende program i alle år etter at tiltaksplanen til Løkken Gruber fikk sin fulle virkning i april 1992. Programmet har vært konsentrert om å føre tilsyn med vannkvaliteten til utgående vann fra gruva gjennom pumpestasjonen i Wallenberg sjakt. Etter at vannkvaliteten viste tydelige tegn på en betydelig forverring i 2002, ble programmet forsterket med supplerende prøvetaking. Fra 2004 har situasjonen forverret seg ytterligere ved at innløpet til gruva gikk tett og at pH-verdien i utgående vann sank til omkring pH 3 i store deler av året. Innløpet ble flyttet til Gammelsjakta i november 2005. Dette førte til en kortvarig forbedring i situasjonen.

I siste måleperiode i 2007-2008 er forurensningssituasjonen blitt ytterligere forverret ved at pH-verdien i utgående vann forblir vedvarende lav, bortsett fra i de periodene pumpestasjonen hovedsakelig pumper ut rent overflatevann som trenger inn i gruva i Fagerliåsen når det er mye nedbør eller snøsmelting. Maksimumskonsentrasjonene for kobber ser ut til å øke for hvert år.

Et annet forhold er at jerninnholdet i utgående vann øker. Det begynte å øke gradvis allerede omkring 1995, men økningen skjøt fart omkring år 2000. Jernet foreligger stort sett som toverdig når vannet forlater pumpestasjonen. Ute i Fagerlivatn og i Bjørnlivatn oksiderer det til treverdig og hydrolyserer. Når dette skjer, utvikles syre og pH-verdien i disse innsjøene faller, foreløpig ned til området omkring pH 3,1. Dette sterkt sure vannet gir en sekundær effekt ved at det fører til en utløsning av metaller fra sedimenter og gruveavfall i og rundt bredden av de to innsjøene. Metalltilførslene til Raubekken fra Bjørnlivatn-siden er derfor samlet sett økende. For publikum er forverringen synlig ved at Fagerlivatn ser brunt ut, mens Bjørnlivatn er grønnfarget. Grønnfargen skyldes en optisk effekt ved at de små jernhydroksid-/oksidpartiklene bryter lyset på en spesiell måte.

Økte tilførsler fra Bjørnlivatn fører også til økt forurensningstransport i Raubekken. Forurensningstransporten økte fortsatt i 2007-2008 i forhold til tidligere år, men er likevel fortsatt lavere enn i tiden før 1992 da dagens tiltak ble satt i drift. Orkla har imidlertid fått en økt metallbelastning ved at tilførslene fra Bjørnlivatn er høyere enn den har vært på lenge. Dette har imidlertid så langt ikke ført til påviselige høyere metallkonsentrasjoner i Orkla. Vannkvaliteten i Orkla var fortsatt tilfredsstillende fram til høsten 2008 dersom kravet fra 1992 om å opprettholde en årsmiddelverdi lavere enn 10 µg Cu/l legges til grunn. Dette skyldes gode fortynningsforhold i Orkla. Året 2007-2008 var i likhet med det foregående et nedbørrikt år, noe som trolig også førte til relativt høye vannføringer i Orkla. Det falt spesielt mye snø i høyfjellet vinteren 2007-2008. De største utslippsmengdene fra Løkken skjedde i perioder med mye nedbør og snøsmelting, dvs mens fortykningssituasjonen i vassdraget også var gunstig. Ut fra hensynet til mulige biologiske effekter er det imidlertid betenkelig at øyeblikksverdier over 10 µg/l registreres. Slike høye enkeltverdier er også blitt registrert tidligere år.

Selv om utslippene fra Wallenberg pumpestasjon økte siste år som følge av at renseeffekten i gruva er avtakende, har likevel den viktigste årsaken til økt metalltransport i Raubekken siste år sammenheng med naturlige forhold ved at økt nedbør forårsaket økt utvasking av forvitningsprodukter fra gruveavfallet på Løkkensiden. Under slike episoder avtar virkningsgraden til oppsamlingstiltaket sterkt.

Det må bemerkes at virkningsgraden til tiltaket fra 1991 avtok betydelig siste år. En bør derfor ha økt fokus på forurensningstransporten ut av Wallenberg pumpestasjon framover. Ved permanente pH-verdier i utgående vann omkring 3 eller under vil en sannsynligvis til slutt kunne påvise at tiltaket ikke lenger har noen effekt. Det er vanskelig å vurdere om dette vil bli endepunktet. Bli pH-verdien tilstrekkelig lav over lengre tid er det fare for at det vil gå mer metaller ut av gruva enn inn. Dette skyldes at treverdig jern i inngående vann er et kraftig oksidasjonsmiddel på sulfidmineraler. Nye

tiltak bør derfor også ta sikte på å avslutte pumping av surt drensvann gjennom gruva. Gruva synes å ha mistet sin kapasitet til å heve pH i inngående vann tilstrekkelig.

Ved å sammenligne materialtransporten ut av Bjørnlivatn med samlet transport i Raubekken og i inngående vann i gruva på Løkkensiden ser en at tiltaksplanen fra 1991 kun greier å samle opp omkring 40 % av avrenningen av kobber fra Løkkensiden uavhengig av årsnedbøren. Når bare ca 15 % av den tilsvarende avrenning av sink samles opp, skyldes dette at tiltaksplanen ikke omfatter en betydelig sinkkilde som slamdammen nede på Løkken. Dette ble også kommentert i tiltaksutredningen til NIVA fra 1990.

Av de enkelte forurensningskildene som føres inn i Gammelgruva, er det drensvann som går internt i gruva i grøfta i Gammelgruva som er største kilde. Det knytter seg fortsatt litt usikkerhet til hvor stor den er. Vi håper å oppnå bedre data etter hvert da en startet vannmengdeproporsjonal blandprøvetaking ved to av kildene i Gammelgruva. Sommeren 2008 ble det også tatt i bruk bedre vannmengdemålere i Gammelgruva.

Det er vanskelig å avgjøre hvilken forurensningskilde som for tiden er størst på Løkkensiden. Dette skyldes at store deler av avrenningen fra Nordre berghald går utenom drenssystemet som fører til gruva. Tilførslene fra Nordre berghald er trolig største enkeltkilde til Raubekken for tiden. Det er derfor mulig at avrenningen av forvitningsprodukter er omtrent av samme størrelsesorden fra Nordre berghald som fra magnetittmalmtippen som ligger over Gammelgruva og drenerer til Gammelgruva. Dette innebærer at dersom en velger en renseteknisk løsning som forurensningsbegrensende tiltak på Løkken, er det nødvendig å forbedre oppsamlingen av sigevann for å kunne nå de målene som Staten forurensningstilsyn har bestemt mht vannkvalitet i Raubekken (0,175 mg Cu/l). Dersom en velger overdekking som tiltak på Løkken, må en sette høye krav til virkningsgrad også her. Kanskje bør de være enda høyere enn for et rens tiltak fordi et overdekkingstiltak ikke omfatter tilførslene fra gruva som vil bli tatt med i et renseanlegg.

6. Referanser

Bergvesenet, 2007. Konsekvensutredning. Forurensningsproblematikk Løkken Verk i Meldal kommune, 56 s.

Iversen, E.R., 2006. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune. Undersøkelser i 2005-2006. NIVA-rapport, O-25176, L.nr. 5306-2006, 66 s.

Iversen, E.R., 2008. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune. Undersøkelser i 2006-2007. NIVA-rapport, O-26310, L.nr. 5547-2008, 54 s.

NVE (1987). Avrenningskart over Norge. Norges vassdrags- og energiverk. Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling. 1987.

Øren, K., Arnesen, R.T., Iversen, E.R., Knudsen, C-H., Lundgren, T. og Skjelkvåle, B.L., 1990. Løkken Gruber A/S & Co. Vurdering av forurensningsstatus og alternative tiltak for å redusere forurensningstilførslene fra gruveområdet. NIVA-rapport. L.nr. 2400, O-88226, 163 s.

Vedlegg A. Analyseresultater

Tabell 18. Analyseresultater for stasjon A Stallgata pumpestasjon 2007-2008.

| Dato | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Pb mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Al mg/l | Si mg/l | Telleverk m ³ | m ³ pumpet fra forrige avlesn. |
|--------------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------|--|
| 13.09.2007 | 2,43 | 477 | 4162 | 347 | 121 | 566 | 46,1 | 36,4 | 0,162 | 0,030 | 6,25 | 0,427 | 1,53 | 133 | 60,0 | 533236 | 7231 |
| 15.10.2007 | 2,49 | 465 | 4281 | 367 | 135 | 622 | 59,6 | 49,5 | 0,190 | 0,030 | 7,15 | 0,520 | 2,01 | 152 | 63,7 | 542276 | 9040 |
| 14.11.2007 | 2,51 | 452 | 4042 | 351 | 119 | 552 | 54,5 | 46,8 | 0,193 | 0,030 | 6,34 | 0,434 | 1,76 | 135 | 58,7 | 552600 | 10324 |
| 18.12.2007 | 2,48 | 504 | 4731 | 381 | 142 | 739 | 63,2 | 56,2 | 0,220 | 0,048 | 7,96 | 0,550 | 2,26 | 174 | 62,5 | 559949 | 7349 |
| 15.01.2008 | 2,54 | 485 | 4551 | 369 | 145 | 634 | 61,0 | 63,2 | 0,266 | 0,020 | 7,98 | 0,525 | 2,11 | 157 | 56,8 | 562112 | 2163 |
| 14.02.2008 | 2,44 | 507 | 4790 | 406 | 156 | 594 | 55,1 | 48,8 | 0,209 | 0,030 | 8,59 | 0,551 | 2,05 | 168 | 58,5 | 563856 | 1744 |
| 12.03.2008 | 2,43 | 512 | 4880 | 354 | 151 | 692 | 56,6 | 46,7 | 0,198 | 0,038 | 7,48 | 0,506 | 1,96 | 169 | 58,5 | 574798 | 10942 |
| 15.04.2008 | 2,37 | 503 | 4790 | 338 | 129 | 642 | 53,0 | 43,1 | 0,184 | 0,030 | 6,86 | 0,489 | 1,84 | 144 | 60,6 | 583960 | 9162 |
| 14.05.2008 | 2,55 | 408 | 3353 | 330 | 92,8 | 440 | 48,6 | 36,8 | 0,157 | 0,020 | 5,33 | 0,370 | 1,57 | 109 | 52,6 | 598965 | 15005 |
| 16.06.2008 | 2,56 | 437 | 3683 | 353 | 115 | 462 | 51,1 | 51,7 | 0,216 | 0,045 | 6,79 | 0,410 | 1,67 | 122 | 53,9 | 601698 | 2733 |
| 15.07.2008 | 2,54 | 477 | 4192 | 386 | 137 | 568 | 52,5 | 39,5 | 0,182 | 0,049 | 7,63 | 0,480 | 1,86 | 148 | 61,0 | 604205 | 2507 |
| 13.08.2008 | 2,42 | 483 | 4910 | 373 | 133 | 531 | 51,9 | 47,0 | 0,201 | 0,081 | 7,70 | 0,463 | 1,76 | 144 | 61,8 | 606114 | 1909 |
| Aritm.middel | 2,48 | 476 | 4364 | 363 | 131 | 587 | 54,4 | 47,1 | 0,198 | 0,038 | 7,17 | 0,477 | 1,87 | 146 | 59,1 | Sum: | 80109 |
| Maks.verdi | 2,56 | 512 | 4910 | 406 | 156 | 739 | 63,2 | 63,2 | 0,266 | 0,081 | 8,59 | 0,551 | 2,26 | 174 | 63,7 | | |
| Min.verdi | 2,37 | 408 | 3353 | 330 | 93 | 440 | 46,1 | 36,4 | 0,157 | 0,020 | 5,33 | 0,370 | 1,53 | 109 | 52,6 | | |

Tabell 19. Analyseresultater for stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald 2007-2008.

| Dato | pH | Kond | SO ₄ | Ca | Mg | Fe | Cu | Zn | Cd | Pb | Mn | Ni | Co | Al | Si | Vannf |
|--------------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-------|
| | | mS/m | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | l/s |
| 12.09.2007 | 2,32 | 426 | 3892 | 161 | 97,1 | 797 | 38,6 | 19,1 | 0,081 | 0,020 | 3,72 | 0,210 | 1,53 | 111 | 32,8 | 3,76 |
| 15.10.2007 | 2,43 | 394 | 3623 | 164 | 91,3 | 768 | 37,0 | 19,9 | 0,076 | 0,020 | 3,69 | 0,230 | 1,54 | 103 | 31,6 | 4,32 |
| 14.11.2007 | 2,35 | 488 | 4790 | 164 | 115 | 1130 | 48,5 | 23,1 | 0,082 | 0,030 | 4,24 | 0,260 | 2,04 | 137 | 31,3 | 2,88 |
| 18.12.2007 | 2,29 | 584 | 6467 | 186 | 161 | 1680 | 65,3 | 27,0 | 0,100 | 0,086 | 5,26 | 0,330 | 2,95 | 193 | 34,3 | 1,09 |
| 15.01.2008 | 2,30 | 585 | 6557 | 181 | 162 | 1660 | 63,8 | 26,9 | 0,110 | 0,041 | 5,28 | 0,330 | 2,88 | 193 | 32,9 | 1,11 |
| 13.02.2008 | 2,27 | 488 | 5030 | 145 | 115 | 1140 | 43,7 | 17,7 | 0,072 | 0,034 | 3,78 | 0,217 | 1,92 | 134 | 26,6 | 1,42 |
| 12.03.2008 | 2,43 | 390 | 3713 | 114 | 87,9 | 893 | 35,0 | 14,6 | 0,059 | 0,030 | 2,87 | 0,161 | 1,51 | 102 | 21,0 | 6,59 |
| 14.04.2008 | 2,29 | 444 | 4671 | 140 | 99,3 | 958 | 45,4 | 21,8 | 0,089 | 0,040 | 3,71 | 0,210 | 1,86 | 115 | 26,8 | 8,48 |
| 14.05.2008 | 2,34 | 484 | 4701 | 166 | 108 | 1070 | 45,9 | 19,9 | 0,081 | 0,037 | 3,77 | 0,222 | 1,91 | 127 | 30,0 | 1,48 |
| 16.06.2008 | 2,39 | 479 | 4731 | 172 | 113 | 1030 | 45,0 | 19,8 | 0,084 | 0,054 | 4,09 | 0,238 | 1,88 | 132 | 34,0 | 1,26 |
| 14.07.2008 | 2,42 | 461 | 4371 | 173 | 107 | 964 | 41,3 | 17,5 | 0,076 | 0,046 | 3,79 | 0,224 | 1,71 | 121 | 37,1 | 0,69 |
| 13.08.2008 | 2,17 | 639 | 7246 | 221 | 161 | 1610 | 62,7 | 27,6 | 0,100 | 0,130 | 5,64 | 0,340 | 2,79 | 188 | 46,6 | 0,38 |
| Aritm.middel | 2,33 | 489 | 4983 | 166 | 118 | 1142 | 47,7 | 21,2 | 0,084 | 0,047 | 4,15 | 0,248 | 2,04 | 138 | 32,1 | 2,79 |
| Maks.verdi | 2,43 | 639 | 7246 | 221 | 162 | 1680 | 65,3 | 27,6 | 0,110 | 0,130 | 5,64 | 0,340 | 2,95 | 193 | 46,6 | 8,48 |
| Min.verdi | 2,17 | 390 | 3623 | 114 | 88 | 768 | 35,0 | 14,6 | 0,059 | 0,020 | 2,87 | 0,161 | 1,51 | 102 | 21,0 | 0,38 |

Tabell 20. Analyseresultater. Drensrør fra Nordre berghald. Proporsjonalblandprøver.

| Uttatt | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Pb mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Al mg/l | Si mg/l | Vannmengde m ³ |
|------------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------------|
| 15.10.2007 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.11.2007 | 2,39 | 333 | 4042 | 155 | 98,6 | 915 | 41,3 | 19,8 | 0,077 | 0,030 | 3,74 | 0,220 | 1,71 | 115 | 29,5 | 14858 |
| 18.12.2007 | 2,41 | 444 | 4242 | 149 | 104 | 1030 | 44,7 | 20,5 | 0,077 | 0,061 | 3,83 | 0,240 | 1,91 | 128 | 28,2 | 10687 |
| 15.01.2008 | 2,37 | 489 | 4970 | 156 | 119 | 1230 | 48,9 | 27,9 | 0,080 | 0,030 | 4,12 | 0,250 | 2,22 | 146 | 21,2 | 3880 |
| 13.02.2008 | 2,28 | 564 | 6347 | 166 | 142 | 1430 | 52,8 | 31,1 | 0,089 | 0,045 | 4,53 | 0,264 | 2,35 | 165 | 31,8 | 2894 |
| 12.03.2008 | 2,42 | 377 | 3353 | 115 | 84,2 | 774 | 32,5 | 15,3 | 0,063 | 0,030 | 2,86 | 0,159 | 1,34 | 96,4 | 20,8 | 17638 |
| 14.04.2008 | 2,26 | 462 | 5060 | 134 | 105 | 1040 | 47,1 | 20,5 | 0,083 | 0,041 | 3,76 | 0,217 | 1,97 | 122 | 26,0 | 13880 |
| 14.05.2008 | 2,47 | 350 | 2868 | 141 | 69,3 | 585 | 31,4 | 15,5 | 0,064 | 0,03 | 2,69 | 0,158 | 1,22 | 79,1 | 23,6 | 18681 |
| 16.06.2008 | 2,36 | 499 | 5000 | 173 | 112 | 1160 | 49,1 | 23,0 | 0,086 | 0,062 | 4,25 | 0,270 | 2,15 | 141 | 32,4 | 2600 |
| 14.07.2008 | | | 5629 | 190 | 135 | 1340 | 55,3 | 24,2 | 0,090 | 0,069 | 4,64 | 0,300 | 2,36 | 160 | 39,7 | 1677 |
| 13.08.2008 | 2,17 | 607 | 6257 | 200 | 140 | 1410 | 56,8 | 24,3 | 0,098 | 0,100 | 5,04 | 0,31 | 2,47 | 167 | 42,2 | 899 |

Tabell 21. Analyseresultater for stasjon C. Grøft i Gammelgruva 2007-2009.

| Dato | pH | Kond | SO₄ | Ca | Mg | Fe | Cu | Zn | Cd | Pb | Mn | Ni | Co | Al | Si | Vannf |
|--------------|-----------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | mS/m | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | l/s |
| 12.09.2007 | 2,48 | 674 | 8293 | 270 | 365 | 1480 | 117 | 89,7 | 0,338 | 0,052 | 12,6 | 0,86 | 5,34 | 358 | 36,2 | 2,29 |
| 15.10.2007 | 2,52 | 705 | 9790 | 297 | 439 | 1840 | 142 | 104 | 0,390 | 0,056 | 14,6 | 1,00 | 6,28 | 435 | 39,2 | 2,55 |
| 14.11.2007 | 2,47 | 828 | 11826 | 279 | 527 | 2350 | 169 | 117 | 0,461 | 0,078 | 17,0 | 1,20 | 7,64 | 519 | 37,3 | 2,94 |
| 18.12.2007 | 2,48 | 1137 | 18563 | 280 | 907 | 3850 | 264 | 188 | 0,735 | 0,250 | 25,9 | 1,56 | 12,5 | 935 | 37,9 | 1,30 |
| 15.01.2008 | 2,49 | 1145 | 18892 | 291 | 896 | 3820 | 265 | 191 | 0,739 | 0,096 | 25,7 | 1,54 | 12,5 | 913 | 37,1 | 1,71 |
| 13.02.2008 | 2,40 | 1115 | 19192 | 289 | 888 | 3770 | 255 | 180 | 0,695 | 0,120 | 24,8 | 1,48 | 11,8 | 899 | 37,4 | 1,54 |
| 12.03.2008 | 2,38 | 1333 | 24820 | 297 | 1090 | 5660 | 314 | 209 | 0,800 | 0,170 | 30,1 | 1,83 | 15,9 | 1110 | 39,0 | 1,30 |
| 14.04.2008 | 2,35 | 871 | 15180 | 274 | 575 | 2960 | 192 | 133 | 0,493 | 0,092 | 18,6 | 1,20 | 9,26 | 581 | 36,7 | 2,26 |
| 14.05.2008 | 2,52 | 862 | 12126 | 263 | 565 | 2420 | 174 | 127 | 0,475 | 0,092 | 17,2 | 1,00 | 8,20 | 566 | 32,5 | 1,21 |
| 16.06.2008 | 2,56 | 862 | 11976 | 280 | 565 | 2350 | 170 | 129 | 0,497 | 0,170 | 17,4 | 1,00 | 7,92 | 574 | 34,2 | 1,05 |
| 14.07.2008 | 2,51 | 818 | 11138 | 273 | 511 | 2150 | 164 | 116 | 0,446 | 0,100 | 15,6 | 0,98 | 7,02 | 526 | 35,5 | 0,57 |
| 13.08.2008 | 2,38 | 817 | 10808 | 264 | 492 | 1910 | 155 | 114 | 0,439 | 0,190 | 15,4 | 0,94 | 6,80 | 494 | 31,9 | 0,28 |
| Aritm.middel | 2,46 | 931 | 14384 | 280 | 652 | 2880 | 198 | 141 | 0,542 | 0,122 | 19,6 | 1,22 | 9,26 | 659 | 36,2 | 1,58 |
| Maks.verdi | 2,56 | 1333 | 24820 | 297 | 1090 | 5660 | 314 | 209 | 0,800 | 0,250 | 30,1 | 1,83 | 15,9 | 1110 | 39,2 | 2,94 |
| Min.verdi | 2,35 | 674 | 8293 | 263 | 365 | 1480 | 117 | 90 | 0,338 | 0,052 | 12,6 | 0,86 | 5,34 | 358 | 31,9 | 0,28 |

Tabell 22. Analyseresultater. Grøft i Gammelgruva. Proporsjonalblandprøver.

| Dato uttatt | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Pb mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Al mg/l | Si mg/l | Vannmengde m ³ |
|-------------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------------|
| 15.10.2007 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.11.2007 | 2,49 | 746 | 10569 | 278 | 466 | 2080 | 151 | 106 | 0,407 | 0,085 | 15,3 | 1,00 | 6,75 | 461 | 37,5 | 7289 |
| 18.12.2007 | 2,46 | 964 | 15659 | 284 | 743 | 3240 | 226 | 157 | 0,604 | 0,200 | 22,5 | 1,42 | 10,6 | 764 | 39,6 | 5904 |
| 15.01.2008 | 2,49 | 1026 | 17814 | 291 | 854 | 3620 | 251 | 182 | 0,692 | 0,096 | 24,6 | 1,49 | 11,9 | 858 | 37,5 | 3770 |
| 13.02.2008 | 2,39 | 1064 | 18204 | 289 | 844 | 3420 | 246 | 175 | 0,674 | 0,140 | 23,9 | 1,42 | 11,2 | 856 | 36,9 | 4124 |
| 12.03.2008 | 2,43 | 1080 | 18503 | 278 | 833 | 4090 | 241 | 164 | 0,614 | 0,140 | 23,8 | 1,48 | 12,0 | 839 | 36,8 | 6861 |
| 14.04.2008 | 2,31 | 1046 | 19970 | 284 | 765 | 4040 | 251 | 167 | 0,619 | 0,120 | 23,5 | 1,47 | 12,0 | 782 | 39,2 | 4495 |
| 14.05.2008 | 2,58 | 550 | 6617 | 225 | 296 | 1210 | 94,7 | 70 | 0,250 | 0,045 | 9,67 | 0,63 | 4,3 | 292 | 28 | 10279 |
| 16.06.2008 | 2,49 | 867 | 12874 | 267 | 613 | 2400 | 184 | 135 | 0,527 | 0,180 | 18,5 | 1,10 | 8,5 | 624 | 33,8 | 2536 |
| 14.07.2008 | | | 11497 | 273 | 538 | 2120 | 169 | 122 | 0,456 | 0,15 | 16,3 | 1,00 | 7,49 | 545 | 34,6 | 2294 |
| 13.08.2008 | 2,39 | 828 | 10838 | 263 | 492 | 1930 | 157 | 113 | 0,446 | 0,23 | 15,5 | 0,93 | 6,84 | 500 | 31,7 | 1154 |

Tabell 23. Analyseresultater. Avløp fra Wallenberg pumpestasjon 2007-2008.

| Dato | Telleverk m ³ | Utpumpet fra forrige avlesn. | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Si mg/l | Pb mg/l | Li mg/l |
|------------|-----------------------------|---------------------------------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 03.09.2007 | 748542 | 12905 | 3,03 | 307 | 2159 | 345 | 126 | 46,9 | 168 | 6,41 | 30 | 0,094 | 4,27 | 0,186 | 0,86 | 25,5 | 0,052 | 0,040 |
| 13.09.2007 | 762685 | 14143 | 2,84 | 365 | 2608 | 406 | 157 | 59,5 | 198 | 8,01 | 38,1 | 0,119 | 5,51 | 0,232 | 1,11 | 30,0 | 0,042 | 0,052 |
| 19.09.2007 | 778949 | 16264 | 2,64 | 393 | | | | | | | | | | | | | | 0,050 |
| 25.09.2007 | 794411 | 15462 | 2,69 | 374 | | | | | | | | | | | | | | 0,050 |
| 02.10.2007 | 810365 | 15954 | 2,73 | 366 | 2593 | 392 | 149 | 54,8 | 194 | 6,25 | 35,2 | 0,104 | 5,08 | 0,226 | 1,04 | 28,7 | 0,053 | 0,048 |
| 08.10.2007 | 825838 | 15473 | 3,06 | 344 | | | | | | | | | | | | | | 0,047 |
| 15.10.2007 | 838836 | 12998 | 3,73 | 328 | 2566 | 394 | 149 | 55,1 | 264 | 6,00 | 35,0 | 0,101 | 5,07 | 0,222 | 1,02 | 28,9 | 0,049 | 0,047 |
| 22.10.2007 | 856334 | 17498 | 2,68 | 425 | | | | | | | | | | | | | | 0,046 |
| 30.10.2007 | 873872 | 17538 | 2,83 | 360 | | | | | | | | | | | | | | 0,043 |
| 07.11.2007 | 888899 | 15027 | 4,25 | 333 | | | | | | | | | | | | | | 0,044 |
| 14.11.2007 | 903642 | 14743 | 4,28 | 316 | 2362 | 376 | 163 | 37,8 | 226 | 3,96 | 28,9 | 0,078 | 4,67 | 0,189 | 0,86 | 24,2 | 0,036 | 0,041 |
| 22.11.2007 | 913708 | 10066 | 5,06 | 310 | | | | | | | | | | | | | | 0,033 |
| 28.11.2007 | 933708 | 20000 | 4,91 | 303 | | | | | | | | | | | | | | 0,031 |
| 04.12.2007 | 946234 | 12526 | 5,47 | 327 | 2386 | 393 | 173 | 33,5 | 204 | 7,87 | 25,1 | 0,082 | 4,48 | 0,177 | 0,82 | 22,4 | 0,034 | 0,030 |
| 12.12.2007 | 966051 | 19817 | 3,21 | 324 | 2407 | 398 | 175 | 34,6 | 180 | 7,93 | 25,3 | 0,083 | 4,51 | 0,179 | 0,82 | 22,7 | 0,030 | 0,039 |
| 18.12.2007 | 972190 | 6139 | 3,98 | 308 | 2389 | 390 | 160 | 45,5 | 216 | 9,66 | 26,4 | 0,088 | 4,48 | 0,183 | 0,86 | 25,0 | 0,041 | 0,040 |
| 27.12.2007 | 995312 | 23122 | 2,77 | 356 | | | | | | | | | | | | | | 0,046 |
| 02.01.2008 | 5740 | 10428 | 2,82 | 348 | | | | | | | | | | | | | | 0,047 |
| 08.01.2008 | 18107 | 12367 | 2,93 | 342 | 2503 | 384 | 141 | 56,6 | 250 | 12,3 | 33,0 | 0,110 | 4,92 | 0,216 | 1,03 | 29,1 | 0,052 | 0,047 |
| 15.01.2008 | 32575 | 14468 | 3,69 | 315 | 2470 | 383 | 140 | 56,2 | 247 | 11,8 | 32,5 | 0,109 | 4,85 | 0,219 | 1,02 | 29,3 | 0,050 | 0,047 |
| 21.01.2008 | 44900 | 12325 | 2,63 | 373 | | | | | | | | | | | | | | 0,048 |
| 30.01.2008 | 60945 | 16045 | 2,75 | 367 | | | | | | | | | | | | | | 0,046 |
| 05.02.2008 | 72897 | 11952 | 2,70 | 359 | 2473 | 406 | 147 | 57,0 | 169 | 10,4 | 32,1 | 0,105 | 4,86 | 0,216 | 1,01 | 29,0 | 0,046 | 0,048 |
| 14.02.2008 | 74327 | 1430 | 6,64 | 95,8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.02.2008 | 74329 | 2 | 4,86 | 106 | | | | | | | | | | | | | | <0,004 |

Tabell 12 forts.

| Dato | Telleverk m ³ | Utpumpet fra forrige avlesn. | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Si mg/l | Pb mg/l | Li mg/l |
|------------|-----------------------------|---------------------------------|------|--------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 27.02.2008 | 81959 | 7630 | 2,72 | 370 | | | | | | | | | | | | | | 0,049 |
| 03.03.2008 | 96280 | 14321 | 2,79 | 363 | | | | | | | | | | | | | | 0,047 |
| 12.03.2008 | 115523 | 19243 | 3,23 | 344 | 2554 | 394 | 147 | 62,9 | 278 | 7,91 | 35,0 | 0,105 | 5,08 | 0,221 | 1,04 | 30,4 | 0,052 | 0,047 |
| 17.03.2008 | 125512 | 9989 | 2,57 | 397 | | | | | | | | | | | | | | 0,050 |
| 26.03.2008 | 141674 | 16162 | 2,59 | 390 | | | | | | | | | | | | | | 0,051 |
| 02.04.2008 | 155110 | 13436 | 2,59 | 382 | | | | | | | | | | | | | | 0,052 |
| 08.04.2008 | 170116 | 15006 | 2,68 | 368 | | | | | | | | | | | | | | 0,049 |
| 15.04.2008 | 182750 | 12634 | 2,82 | 411 | 2916 | 421 | 153 | 71,7 | 282 | 19,9 | 38,0 | 0,142 | 5,61 | 0,251 | 1,23 | 32,7 | 0,072 | 0,051 |
| 22.04.2008 | 198606 | 15856 | 2,75 | 372 | 2728 | 392 | 140 | 67,5 | 277 | 20,2 | 33,7 | 0,132 | 5,13 | 0,228 | 1,13 | 30,2 | 0,066 | 0,049 |
| 29.04.2008 | 213305 | 14699 | 2,77 | 373 | 2680 | 392 | 142 | 67,1 | 275 | 22,5 | 33,8 | 0,134 | 5,19 | 0,230 | 1,14 | 29,7 | 0,068 | 0,051 |
| 07.05.2008 | 229070 | 15765 | 2,77 | 356 | 2593 | 384 | 144 | 63,1 | 261 | 22,8 | 32,4 | 0,134 | 5,02 | 0,221 | 1,09 | 28,6 | 0,078 | 0,047 |
| 14.05.2008 | 247690 | 18620 | 3,12 | 345 | 2530 | 375 | 147 | 59,6 | 244 | 21,6 | 31,7 | 0,130 | 4,86 | 0,212 | 1,07 | 27,4 | 0,065 | 0,046 |
| 20.05.2008 | 261835 | 14145 | 3,31 | 344 | | | | | | | | | | | | | | |
| 26.05.2008 | 275888 | 14053 | 3,20 | 344 | | | | | | | | | | | | | | |
| 03.06.2008 | 293635 | 17747 | 2,70 | 371 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10.06.2008 | 309950 | 16315 | 2,83 | 356 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.06.2008 | 322751 | 12801 | 3,14 | 345 | 2542 | 371 | 135 | 64,1 | 266 | 16,6 | 33,7 | 0,131 | 4,90 | 0,218 | 1,08 | 28,9 | 0,076 | 0,044 |
| 23.06.2008 | 340062 | 17311 | 2,94 | 382 | 2440 | 370 | 135 | 62,4 | 238 | 15,3 | 33,4 | 0,129 | 4,91 | 0,223 | 1,06 | 29,1 | 0,073 | |
| 30.06.2008 | 352884 | 12822 | 3,28 | 348 | | | | | | | | | | | | | | |
| 09.07.2008 | 371978 | 19094 | 2,82 | 359 | | | | | | | | | | | | | | 0,047 |
| 15.07.2008 | 384881 | 12903 | 2,98 | 352 | 2524 | 386 | 140 | 62,8 | 266 | 13,2 | 32,3 | 0,123 | 4,96 | 0,220 | 1,04 | 30,1 | 0,080 | 0,050 |
| 28.07.2008 | 413242 | 28361 | 2,63 | 352 | | | | | | | | | | | | | | |
| 04.08.2008 | 425475 | 12233 | 2,69 | 360 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.08.2008 | 435452 | 9977 | 2,85 | 350 | 2491 | 387 | 144 | 59,8 | 205 | 11,0 | 32,0 | 0,111 | 4,78 | 0,213 | 1,00 | 29,4 | 0,084 | |
| 19.08.2008 | 435457 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabell 24. Analyseresultater. Prøver tatt i Wallenberg sjakt i undersøkelsesperioden 2007-2008.

| Dato | Nivå | pH | Kond mS/m | SO₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Si mg/l | Pb mg/l | Temp gr.C |
|-------------|-------------|-----------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 06.12.2007 | 160 | 5,98 | 299 | 1952 | 421 | 170 | 14,4 | 130 | 1,38 | 11,3 | 0,028 | 3,41 | 0,130 | 0,548 | 17,2 | 0,01 | 11,6 |
| | 200 | 5,45 | 475 | 3383 | 496 | 363 | 7,66 | 223 | 2,02 | 25,5 | 0,066 | 5,89 | 0,175 | 0,808 | 19,6 | 0,02 | 12,4 |
| | 300 | 6,06 | 594 | 3473 | 539 | 597 | 8,62 | 85,7 | 0,64 | 7,23 | 0,018 | 5,37 | 0,069 | 0,308 | 16,9 | 0,01 | 12,9 |
| | 340 | 6,11 | 619 | 3503 | 549 | 625 | 30,1 | 73,6 | 0,812 | 5,59 | 0,012 | 5,32 | 0,061 | 0,261 | 20,6 | 0,02 | 12,5 |
| | 380 | 6,08 | 732 | 3892 | 540 | 724 | 24,6 | 140 | 0,54 | 2,34 | 0,006 | 5,98 | 0,027 | 0,123 | 17,4 | 0,02 | 13,6 |
| | 430 | 5,35 | 2660 | 35329 | 454 | 2630 | 47,8 | 12200 | 0,26 | 1060 | 0,03 | 95,2 | 1,50 | 19,7 | 13,5 | 0,30 | 14,2 |
| 21.05.2008 | 160 | 3,66 | 340 | 2545 | 369 | 145 | 59,8 | 244 | 20,9 | 30,8 | 0,129 | 4,69 | 0,210 | 1,03 | 27,8 | 0,068 | 10,5 |
| | 200 | 3,32 | 413 | 3204 | 446 | 179 | 77,0 | 322 | 26,6 | 39,2 | 0,168 | 6,00 | 0,263 | 1,31 | 32,5 | 0,092 | 10,8 |
| 01.07.2008 | 160 | 3,98 | 331 | 2647 | 359 | 133 | 62,3 | 253 | 14,0 | 32,2 | 0,120 | 4,73 | 0,211 | 1,02 | 29,4 | 0,071 | 10,5 |
| | 200 | 3,99 | 331 | 2545 | 375 | 139 | 63,6 | 265 | 14,3 | 34,1 | 0,126 | 4,96 | 0,222 | 1,07 | 29,4 | 0,077 | 10,5 |
| | 300 | 3,38 | 399 | 3084 | 439 | 169 | 80,4 | 337 | 17,8 | 44,5 | 0,155 | 6,02 | 0,265 | 1,30 | 34,8 | 0,091 | 11,2 |
| | 340 | 6,06 | 537 | 2581 | 483 | 565 | 4,85 | 51,5 | 1,11 | 4,86 | 0,013 | 5,19 | 0,053 | 0,235 | 15,9 | 0,020 | 12,6 |
| | 380 | 6,06 | 599 | 2994 | 476 | 668 | 4,27 | 133 | 0,934 | 2,60 | 0,0092 | 6,05 | 0,022 | 0,12 | 13,5 | 0,020 | 13,4 |
| | 430 | 5,56 | 1562 | 25719 | 463 | 2270 | 1,98 | 8870 | 0,544 | 349 | 0,0030 | 85,1 | 1,48 | 19,7 | 5,25 | 0,190 | 14,0 |

Tabell 25. Analyseresultater. Utløp Fagerlivatn 2005-2008.

| Prøve tatt | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Pb mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Si mg/l |
|------------|------|-----------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 05.09.2005 | 3,09 | 216 | 1332 | 226 | 73,1 | 21,1 | 36,6 | 4,79 | 17,5 | 0,02 | 0,047 | 2,83 | 0,120 | 0,520 | 12,6 |
| 31.10.2005 | 3,21 | 216 | 1350 | 252 | 91,8 | 19,6 | 43,5 | 3,18 | 16,7 | 0,02 | 0,041 | 3,09 | 0,120 | 0,528 | 12,9 |
| 10.11.2005 | 4,81 | 209 | | | | | | | | | | | | | |
| 14.11.2005 | 5,98 | 202 | 1377 | 390 | 78,1 | 0,201 | 2,98 | 0,467 | 7,26 | <0,01 | <0,01 | 2,05 | 0,063 | 0,273 | 6,17 |
| 22.11.2005 | 6,00 | 103 | | | | | | | | | | | | | |
| 01.12.2005 | 5,28 | 80,6 | | | | | | | | | | | | | |
| 14.12.2005 | 4,48 | 62,7 | | | | | | | | | | | | | |
| 16.01.2006 | 4,90 | 183 | 1117 | 289 | 70,1 | 1,59 | 18,9 | 0,906 | 8,23 | <0,01 | 0,019 | 2,01 | 0,071 | 0,284 | 6,84 |
| 15.02.2006 | 5,19 | 155,9 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.03.2006 | 5,48 | 184,5 | 1159 | 303 | 90,9 | 0,42 | 20,1 | 0,789 | 7,22 | <0,01 | 0,016 | 2,45 | 0,083 | 0,342 | 7,77 |
| 19.04.2006 | 4,05 | 65,5 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.05.2006 | | | 877 | 206 | 64 | 0,289 | 12,6 | 1,09 | 6,98 | <0,01 | 0,016 | 1,82 | 0,07 | 0,274 | 6,20 |
| 14.06.2006 | 5,77 | 163,1 | | | | | | | | | | | | | |
| 12.07.2006 | 6,50 | 176,8 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.08.2006 | 5,94 | 168,9 | | | | | | | | | | | | | |
| 13.10.2006 | 4,93 | 141,1 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.11.2006 | 3,37 | 107,4 | 476 | 107 | 25,4 | 4,95 | 16,3 | 2,35 | 5,53 | <0,1 | <0,01 | 0,017 | 0,90 | 0,044 | 5,34 |
| 13.12.2006 | 4,01 | 134,5 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.01.2007 | 4,02 | 160,9 | | | | | | | | | | | | | |
| 14.02.2007 | 4,59 | 137,5 | 817 | 200 | 58,1 | 1,28 | 21,8 | 1,33 | 6,97 | <0,01 | 0,017 | 1,71 | 0,07 | 0,272 | 7,03 |
| 14.03.2007 | 3,63 | 78,4 | | | | | | | | | | | | | |
| 12.04.2007 | 3,25 | 135,8 | | | | | | | | | | | | | |
| 14.05.2007 | 3,34 | 183,0 | | | | | | | | | | | | | |
| 18.06.2007 | 2,87 | 273 | 1560 | 224 | 72,7 | 25,3 | 30 | 8,26 | 16,5 | 0,03 | 0,059 | 2,52 | 0,12 | 0,510 | 14,3 |
| 16.07.2007 | 2,93 | 247 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.08.2007 | 3,07 | 192,2 | | | | | | | | | | | | | |

Tabell forts.

| Prøve tatt | pH | Kond mS/m | SO₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Pb mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Si mg/l |
|-----------------------|-----------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 13.09.2007 | 3,12 | 142,6 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.10.2007 | 3,08 | 173,2 | | | | | | | | | | | | | |
| 14.11.2007 | 3,74 | 43,3 | | | | | | | | | | | | | |
| 18.12.2007 | 3,17 | 178,9 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.01.2008 | 3,09 | 201 | | | | | | | | | | | | | |
| 14.02.2008 | 3,23 | 104 | | | | | | | | | | | | | |
| 12.03.2008 | 3,00 | 193,6 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.04.2008 | 2,91 | 203 | 1135 | 205 | 47,1 | 22,9 | 55,1 | 6,40 | 15,1 | 0,02 | 0,0505 | 2,17 | 0,10 | 0,437 | 12,7 |
| 14.05.2008 | 3,19 | 149 | | | | | | | | | | | | | |
| 16.06.2008 | 3,13 | 200 | | | | | | | | | | | | | |
| 15.07.2008 | 2,94 | 216 | | | | | | | | | | | | | |
| 13.08.2008 | 2,91 | 228 | | | | | | | | | | | | | |

Tabell 26. Analyseresultater. Raubekken ved inntak kraftverk 2007-2008.

| Dato | pH | Kond mS/m | SO₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd µg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Al mg/l | Si mg/l | Vannf l/s |
|-------------|-----------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 17.09.2007 | 5,07 | 23,8 | 100,6 | 25,7 | 5,87 | 2,54 | 0,528 | 1,28 | 3,9 | 0,218 | 0,010 | 0,037 | 1,98 | 2,64 | 2520 |
| 15.10.2007 | 4,82 | 26,1 | 109,6 | 27,9 | 6,27 | 2,72 | 0,560 | 1,38 | 4,0 | 0,235 | 0,010 | 0,040 | 1,96 | 2,81 | 2000 |
| 12.11.2007 | 4,56 | 33,6 | 146,7 | 35,9 | 7,99 | 3,90 | 0,700 | 1,84 | 5,5 | 0,306 | 0,014 | 0,051 | 2,67 | 3,42 | 1810 |
| 11.12.2007 | 4,48 | 32,5 | 146,1 | 34,3 | 7,94 | 4,09 | 0,704 | 1,81 | 5,7 | 0,301 | 0,014 | 0,051 | 3,08 | 3,40 | 960 |
| 14.01.2008 | 5,61 | 36,4 | 150,3 | 38,0 | 8,51 | 4,98 | 0,735 | 1,90 | 5,7 | 0,321 | 0,016 | 0,054 | 3,38 | 4,11 | 750 |
| 18.02.2008 | 6,19 | 13,3 | 37,7 | 13,7 | 2,36 | 1,42 | 0,192 | 0,44 | 1,0 | 0,105 | 0,005 | 0,012 | 0,86 | 2,08 | 6540 |
| 25.03.2008 | 4,73 | 34,9 | 153,6 | 38,4 | 8,55 | 4,53 | 0,747 | 1,98 | 5,8 | 0,326 | 0,016 | 0,056 | 3,06 | 4,00 | 750 |
| 14.04.2008 | 6,48 | 26,3 | 85,3 | 23,9 | 4,77 | 2,62 | 0,444 | 1,07 | 3,0 | 0,176 | 0,009 | 0,030 | 1,67 | 2,93 | 3080 |
| 13.05.2008 | 4,83 | 23,3 | 100,6 | 24,1 | 5,63 | 2,49 | 0,573 | 1,33 | 3,6 | 0,211 | 0,010 | 0,037 | 2,02 | 2,52 | 1360 |
| 16.06.2008 | 5,08 | 21,8 | 88,6 | 22,8 | 5,11 | 2,04 | 0,514 | 1,11 | 4,3 | 0,193 | 0,011 | 0,033 | 2,02 | 2,36 | 1100 |
| 28.07.2008 | 4,05 | 40,9 | 188 | 40,7 | 10,2 | 3,06 | 1,05 | 2,30 | 7,2 | 0,405 | 0,021 | 0,070 | 3,84 | 3,98 | 140 |
| 18.08.2008 | 4,68 | 30,2 | 135 | 32,5 | 7,29 | 3,71 | 0,774 | 1,67 | 5,1 | 0,295 | 0,014 | 0,050 | 2,99 | 3,51 | 260 |
| Gj.snitt | 5,05 | 28,59 | 120,2 | 29,8 | 6,71 | 3,18 | 0,627 | 1,51 | 4,6 | 0,258 | 0,013 | 0,043 | 2,46 | 3,15 | 1773 |
| Maks.verdi | 6,48 | 40,90 | 187,7 | 40,7 | 10,2 | 4,98 | 1,05 | 2,30 | 7,2 | 0,405 | 0,021 | 0,070 | 3,84 | 4,11 | 6540 |
| Min.verdi | 4,05 | 13,33 | 37,7 | 13,7 | 2,36 | 1,42 | 0,192 | 0,44 | 1,0 | 0,105 | 0,005 | 0,012 | 0,86 | 2,08 | 140 |

Tabell 27. Analyseresultater. Pumpesump nivå 311. Astrup gruve.

| Prøve tatt | pH | Kond mS/m | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Al mg/l | Fe mg/l | Cu mg/l | Zn mg/l | Cd mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | Co mg/l | Cr mg/l | Si mg/l | Pb mg/l |
|-----------------|-------------|--------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 03.04.1995 | 7,23 | 298 | 1796 | 540 | 81,0 | 2,00 | 15,60 | 3,00 | 75,0 | <0,04 | 7,20 | <0,04 | 0,80 | | 13,80 | <0,2 |
| 15.11.1995 | 7,36 | 283 | 1614 | 501 | 59,3 | 1,15 | 9,5 | 1,42 | 53,4 | 0,042 | 5,76 | 0,03 | 0,67 | | 6,08 | <0,05 |
| 13.02.1996 | 7,08 | 251 | 1635 | 474 | 60,0 | 2,03 | 15,8 | 1,72 | 58 | 0,041 | 5,63 | <0,01 | 0,63 | | 9,2 | <0,05 |
| 03.05.1996 | 2,79 | 323 | 1928 | 263 | 84,7 | 46,3 | 131 | 69 | 142 | 0,399 | 5,8 | <0,01 | | | 15,6 | <0,05 |
| 17.06.1996 | 2,52 | 404 | 2928 | 139 | 87,0 | 73,0 | 502 | 122 | 241 | 0,757 | 5,65 | 0,42 | | | 20,9 | <0,05 |
| 19.07.1996 | 2,44 | 407 | 3401 | 156 | 102,0 | 82,0 | 548 | 140 | 271 | 0,804 | 6,39 | 0,59 | | | 21 | <0,05 |
| 25.02.1997 | 4,09 | 84,1 | 416 | 77 | 22,6 | 3,04 | 1,7 | 3,67 | 10,1 | 0,02 | 4,16 | 0,05 | | | 9,54 | <0,05 |
| 14.05.1997 | 2,55 | 438 | 3581 | 217 | 132,0 | 107 | 497 | 151 | 307 | 0,92 | 8,32 | 0,58 | | | 30,7 | <0,05 |
| 26.09.1997 | 2,80 | 204 | 958 | 111 | 39,4 | 20,7 | 48,1 | 21,5 | 44,1 | 0,15 | 2,24 | 0,14 | | | 16,7 | <0,05 |
| 15.01.1998 | 3,71 | 178 | 979 | 241 | 33,6 | 4,02 | 20,5 | 8,15 | 35,5 | 0,09 | 2,58 | 0,07 | | 0,39 | 8,39 | <0,05 |
| 27.02.1998 | 4,56 | 252 | 1539 | 442 | 61,6 | 3,01 | 16,5 | 7,27 | 52,8 | 0,09 | 4,84 | 0,10 | | 0,63 | 7,20 | <0,05 |
| 15.09.1999 | 2,52 | 475 | | 193 | 149,0 | 118 | 721 | 156 | 382 | 1,21 | 9,74 | 0,70 | 3,1 | 1,25 | 27,5 | <0,5 |
| 07.02.2000 | 2,64 | 453 | | 207 | 133,0 | 114 | 580 | 133 | 319 | 1,02 | 8,54 | 0,59 | 2,75 | | 32,2 | <0,05 |
| 10.02.2000 | 2,54 | 461 | | 193 | 139,0 | 102 | 690 | 148 | 340 | 1,22 | 8,58 | 0,77 | 3,23 | 0,80 | 26,3 | <0,05 |
| 18.06.2002 | 2,93 | 345 | 2171 | 492 | 68,3 | 26,3 | 48,0 | 35,8 | 99,9 | 0,306 | 5,66 | 0,205 | 0,928 | 0,077 | 13,4 | 0,064 |
| 18.09.2002 | 2,78 | 499 | 1174 | 362 | 52,2 | <0,005 | 60,1 | 0,004 | 9,65 | <0,001 | 3,57 | 0,11 | 0,374 | <0,002 | 13,7 | <0,01 |
| 17.01.2003 | 2,78 | 377 | 2560 | 493 | 84,0 | 30,8 | 106 | 42,7 | 139 | 0,436 | 8,83 | 0,32 | 1,51 | 0,12 | 12,7 | 0,094 |
| 05.05.2004 | 2,58 | 466 | 3892 | 324 | 127 | 99,5 | 473 | 122 | 231 | 0,839 | 9,09 | 0,58 | 2,64 | 0,41 | 33,8 | 0,48 |
| 11.06.2004 | 2,54 | 515 | 4760 | 357 | 148 | 120 | 664 | 157 | 279 | 1,05 | 10,4 | 0,71 | 3,18 | 0,55 | 38,8 | 0,39 |
| 07.01.2005 | 2,62 | 410 | 3832 | 237 | 110 | 89,4 | 503 | 117 | 192 | 0,739 | 6,84 | 0,485 | 2,22 | 0,418 | 30,7 | 0,22 |
| 17.02.2005 | 3,03 | 313 | 2018 | 487 | 55,3 | 15,2 | 37,3 | 21,3 | 73,4 | 0,22 | 4,76 | 0,16 | 0,726 | | 9,5 | 0,18 |
| 31.01.2006 | 2,51 | 635 | 5988 | 302 | 275 | 161 | 624 | 206 | 478 | 1,85 | 24,4 | 1,57 | 4,73 | 0,581 | 40,6 | 0,32 |
| 13.03.2006 | 3,01 | 320 | 2114 | 479 | 52,7 | 17,1 | 37,6 | 25,4 | 61,8 | 0,194 | 4,24 | 0,12 | 0,671 | 0,074 | 9,98 | 0,16 |
| 15.09.2007 | 3,09 | 329 | 2515 | 471 | 65,2 | 19,7 | 18,8 | 24,7 | 70,0 | 0,355 | 5,06 | 0,161 | 0,758 | 0,062 | 11,2 | 0,056 |
| Gj.snitt | 3,45 | 363 | 2464 | 323 | 92,6 | 54,7 | 265,4 | 71,6 | 165,2 | 0,58 | 7,01 | 0,40 | 1,81 | 0,45 | 19,15 | 0,22 |

Tabell 28. Analyseresultater. Orkla ved Vormstad 2007-2008.

| Dato | Cu | Zn | Fe | Al |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| 24.09.2007 | 8,05 | 19,8 | 98 | 53,9 |
| 15.10.2007 | 5,18 | 12,2 | 100 | 52,8 |
| 12.11.2007 | 8,92 | 22,6 | 110 | 63,3 |
| 11.12.2007 | 7,99 | 24,1 | 160 | 59,7 |
| 14.01.2008 | 5,31 | 13,5 | 110 | 43,2 |
| 18.02.2008 | 6,65 | 18,2 | 402 | 249 |
| 25.03.2008 | 5,92 | 17,4 | 110 | 42,0 |
| 14.04.2008 | 10,8 | 25,8 | 170 | 76,2 |
| 13.05.2008 | 4,24 | 5,09 | 140 | 82,9 |
| 16.06.2008 | 3,24 | 5,42 | 96 | 50,2 |
| 28.07.2008 | 13,3 | 10,4 | 50 | 25,1 |
| 18.08.2008 | 1,57 | 1,80 | 74 | 26,7 |
| Gj.snitt | 6,76 | 14,7 | 135 | 68,8 |
| Maks.verdi | 13,3 | 25,8 | 402 | 249 |
| Min.verdi | 1,57 | 1,80 | 50 | 25,1 |

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