

# 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

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>8</b>
<b>2. Undersøkelsesopplegg</b>	<b>9</b>
2.1 Stasjonsvalg	9
2.2 Prøvetaking og analyse	9
<b>3. Resultater</b>	<b>11</b>
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
<b>4. Massebalanse</b>	<b>30</b>
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
<b>5. Samlet vurdering</b>	<b>44</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg A. Analyseresultater</b>	<b>47</b>

---

## 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:

<b>Kilde</b>	<b>SO<sub>4</sub> tonn/år</b>	<b>Al tonn/år</b>	<b>Fe tonn/år</b>	<b>Cu tonn/år</b>	<b>Zn tonn/år</b>	<b>Cd kg/år</b>
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:

<b>Hyd.år</b>	<b>SO<sub>4</sub> tonn/år</b>	<b>Al tonn/år</b>	<b>Fe tonn/år</b>	<b>Cu tonn/år</b>	<b>Zn tonn/år</b>	<b>Cd kg/år</b>
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

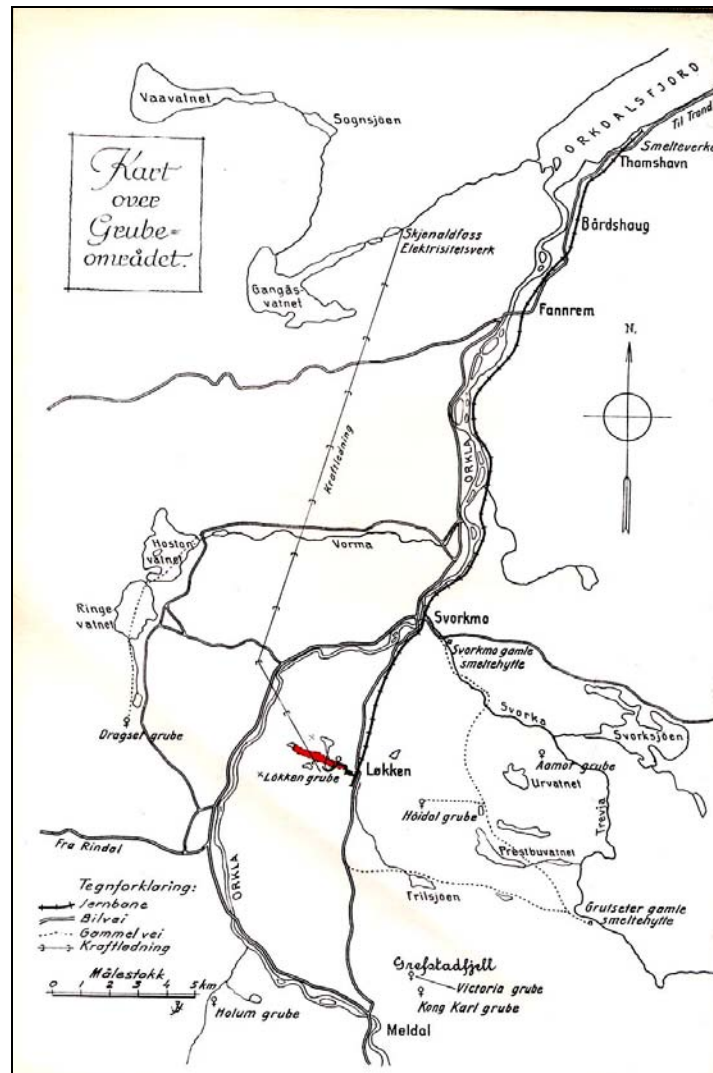
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5484-2

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

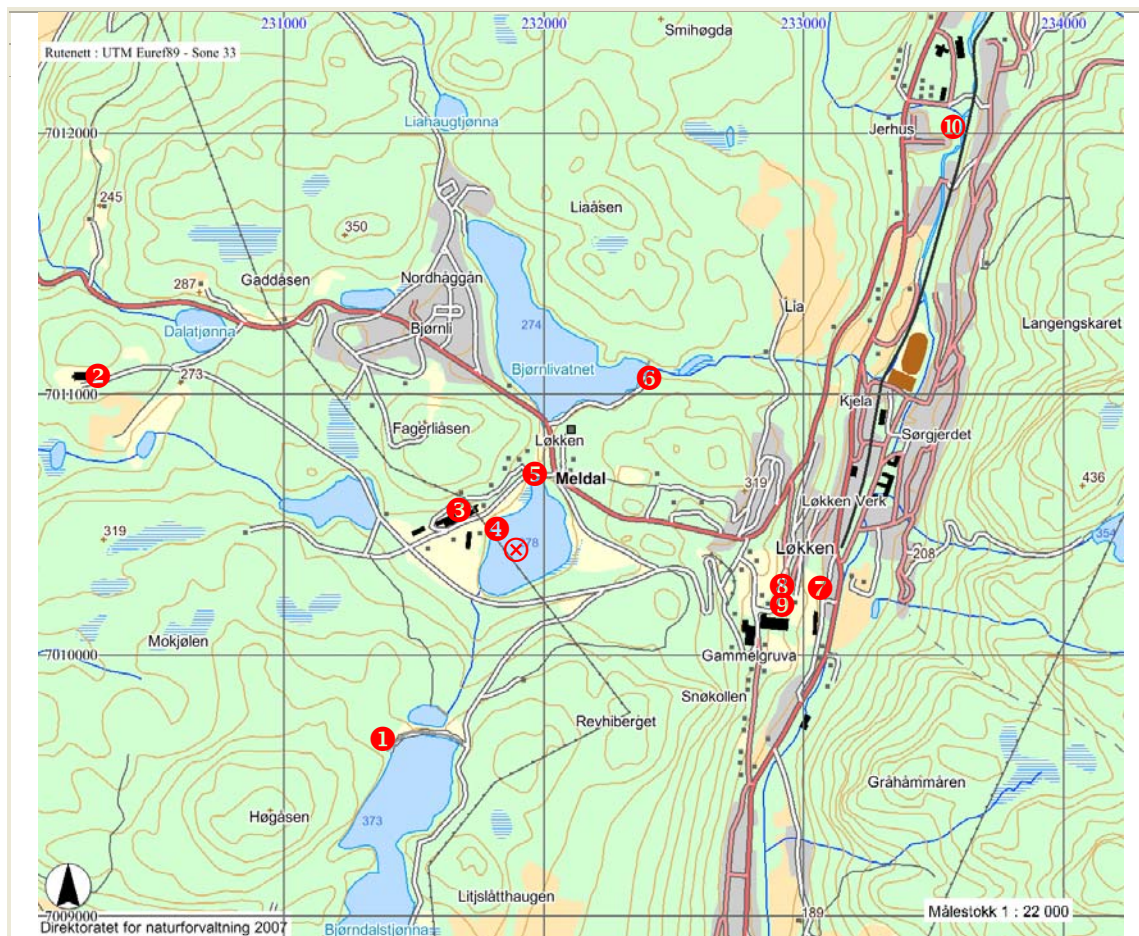
**Tabell 1.** Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2007-2008.

Stasjon	Stasjonsnr. på figur 2	Opplegg
A. Stallgata pumpe-stasjon	7	Stikkprøve i pumpe-stasjonen 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 pumpe-stasjon	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, pumpe-sump 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 pumpe-stasjon og Astrup pumpe-stasjon nivå 311 er innhentet data for utpumpet mengde som er registrert ved pumpe-stasjonene. 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 pumpe-stasjon, utløp Bjørnlivatn og ved Stallgata pumpe-stasjon. 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 pumpestasjon           | 7: A. Stallgata pumpestasjon       |
| 3: Wallenberg sjakt              | 8: B. Drensrør fra Nordre berghald |
| 4: Avløp Wallenberg pumpestasjon | 9: C. Grøft i Gammelgruva          |
| 5: Utløp Fagerlivatn             | 10: Raubekken ved inntak kraftverk |
| ⊗ Fagerlivatn ved største dyp    |                                    |

## 3. Resultater

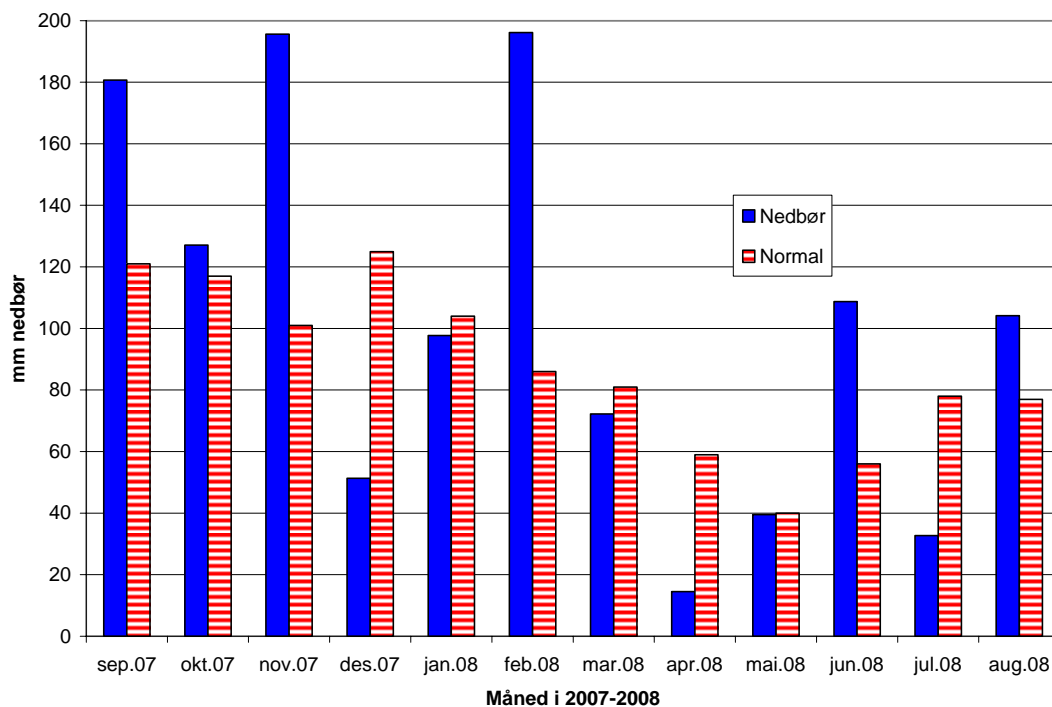
### 3.1 Hydrologi og klima

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 <sup>2</sup>	Avrennings- koeffisient l/s·km <sup>2</sup>	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

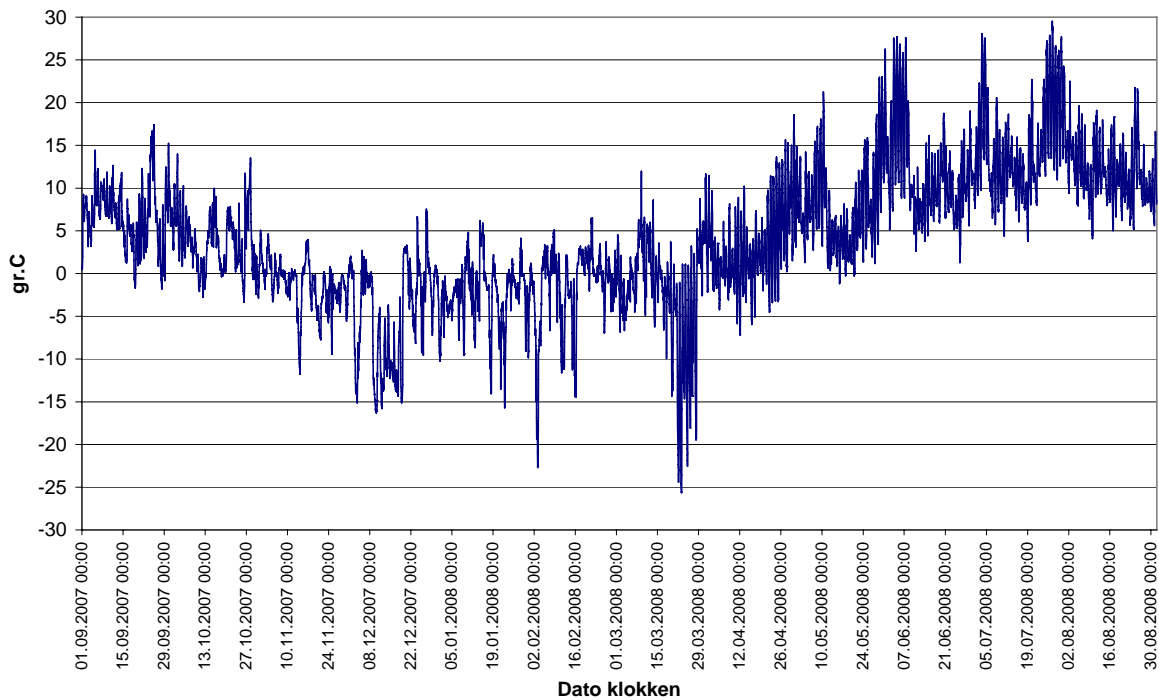
Temperatur og nedbør har stor betydning for vannbalansen på gruva. I dette området viser avrenningskoeffisientene store lokale variasjoner (NVE, 1987). I denne undersøkelsen vil ta med nedbørdata for den nærmeste meteorologiske stasjonen til Det norske meteorologiske institutt (DNMI), 66210 Hoston. Figur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

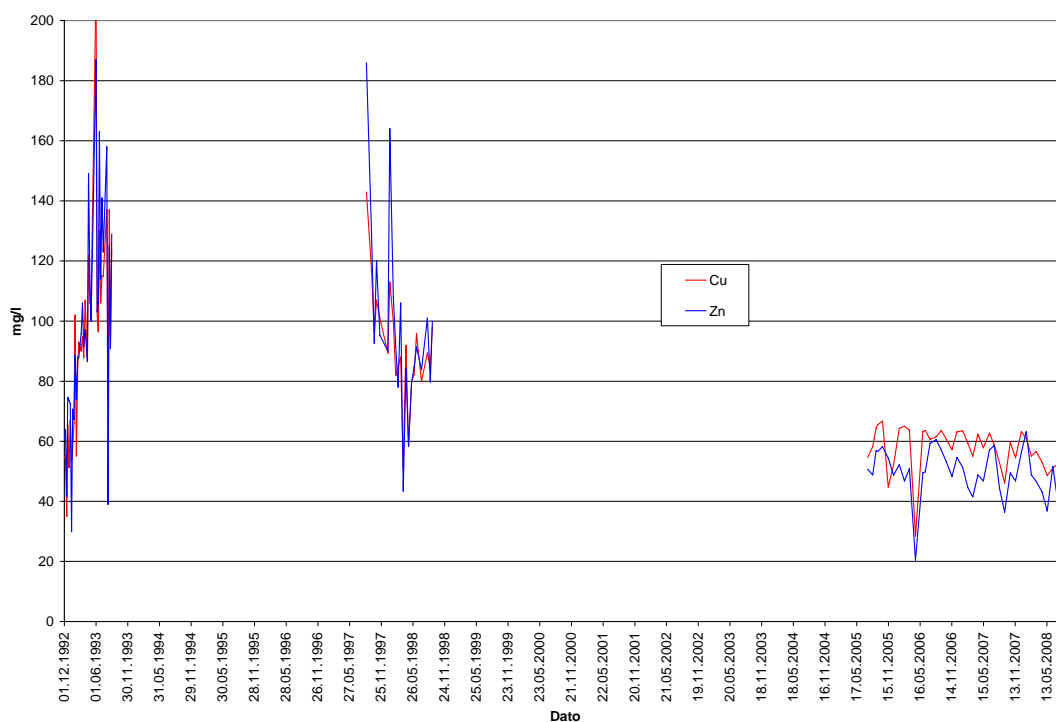
### 3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon

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 <sub>4</sub> 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.

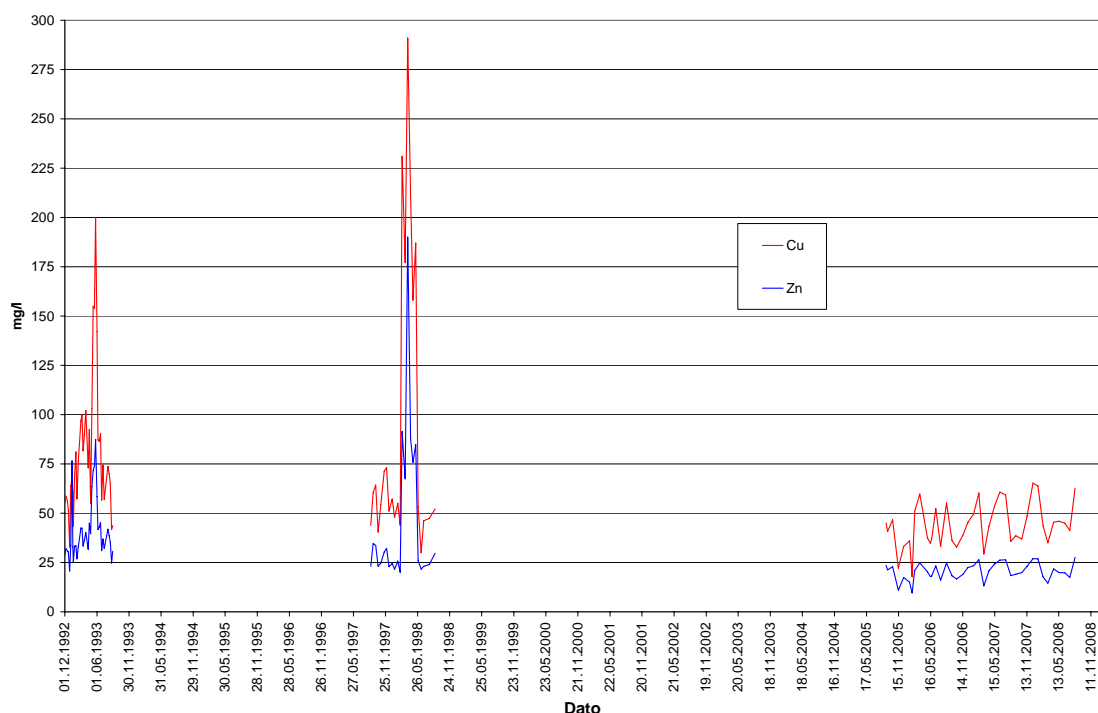
### 3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald

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 <sub>4</sub> 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.



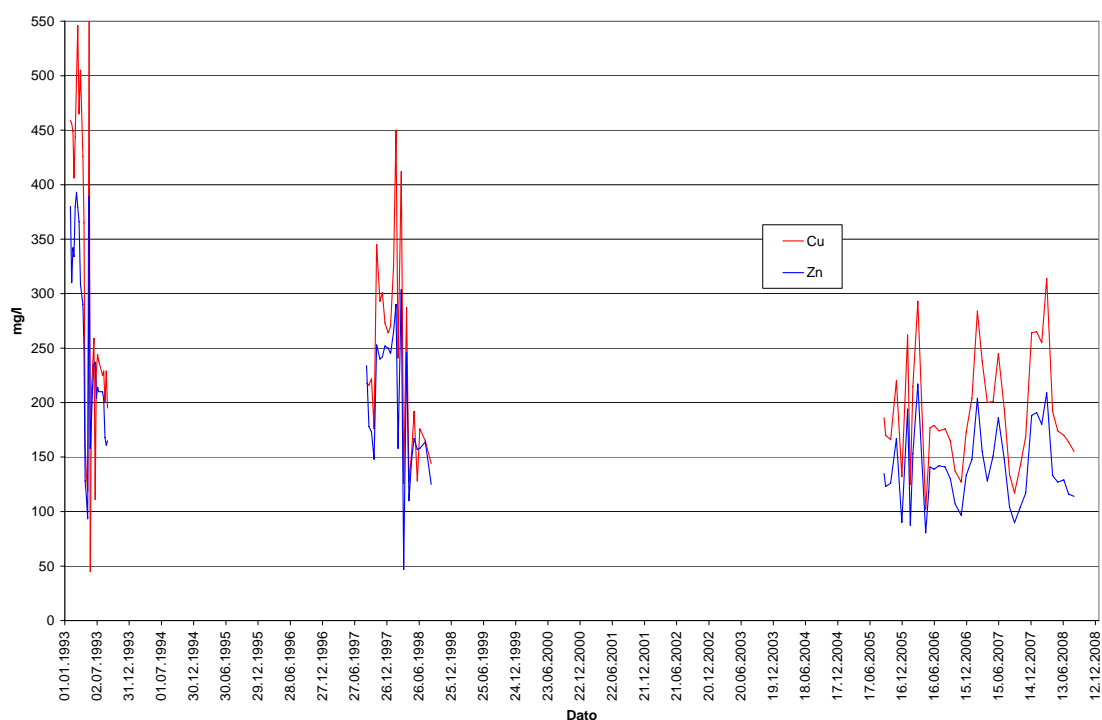
**Figur 6.** Kobber- og sinkobservasjoner i drensvann fra Nordre berghald i perioden 1992-2008.

### 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 <sub>4</sub> 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

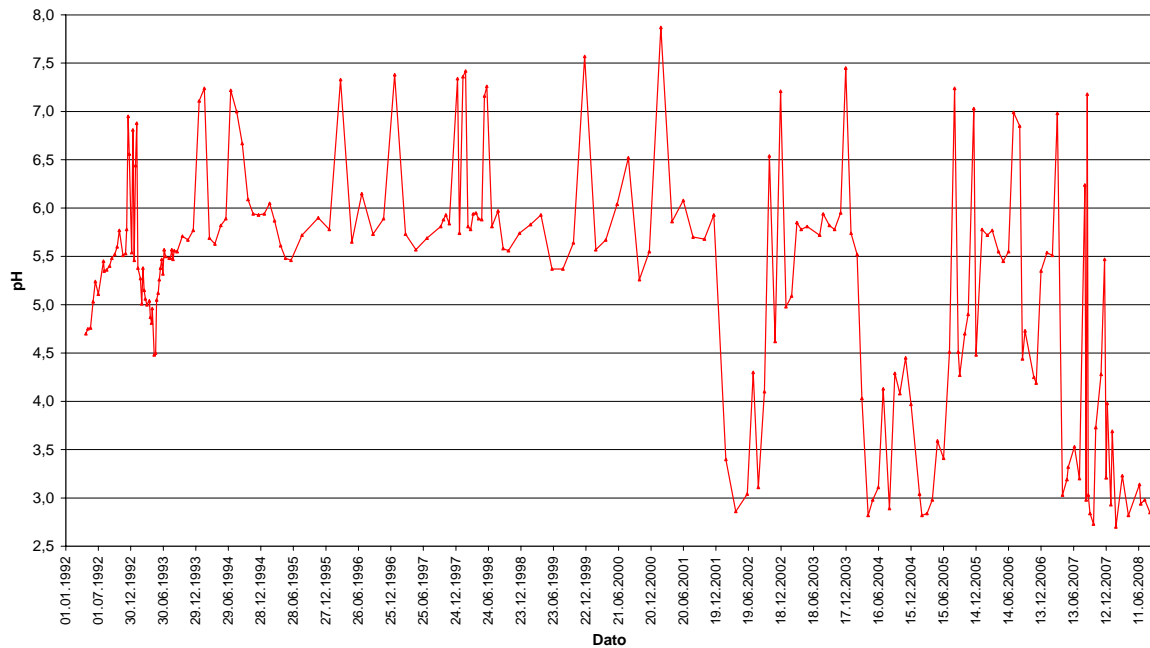
#### 3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt

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 <sub>4</sub> 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 <sup>3</sup>
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

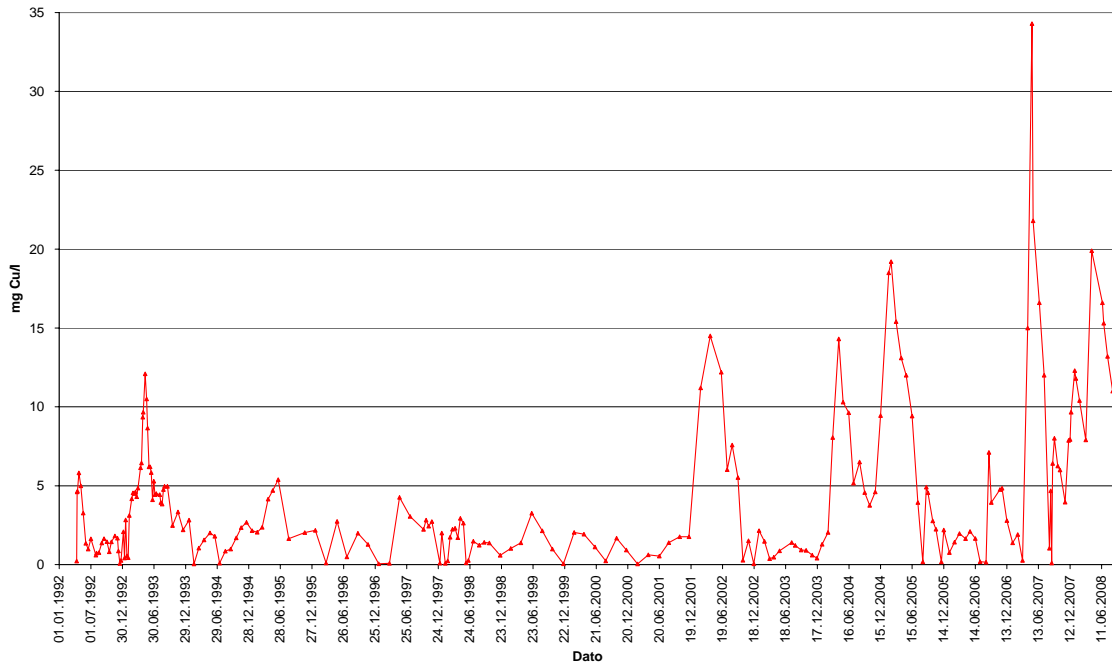
Figur 8 viser resultater for alle pH-målinger av utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon siden starten i 1992. Som kommentert i foregående rapporter har pH-verdier over 6 sammenheng med at pumpestasjonen hovedsakelig pumper overflatevann som har trengt ned i gruva gjennom rasområdet i Fagerliåsen.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



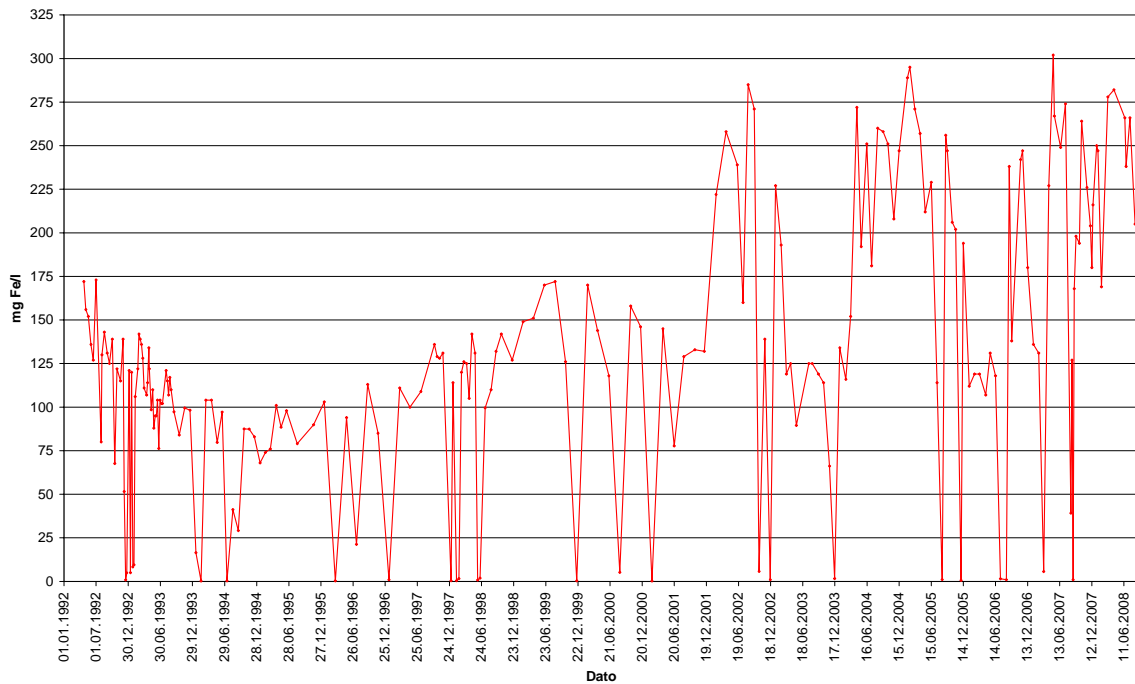
**Figur 8.** pH-observasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2008.

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.

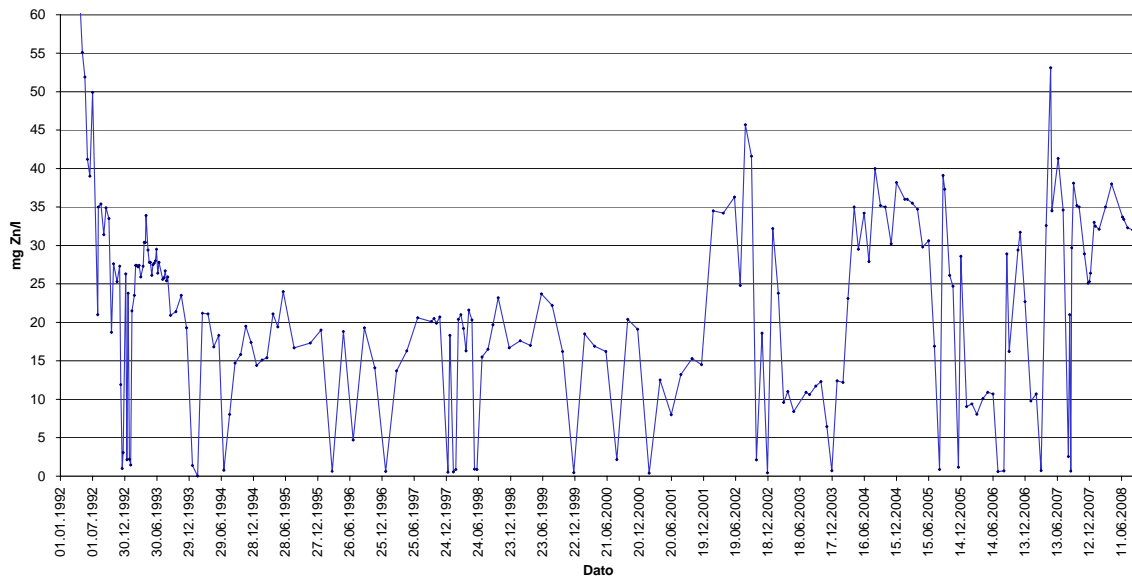
Når pH faller ned mot 3, ser en at dette medfører betydelig økning i metallkonsentrasjonene. Figur 9 figur 10 og figur 11 viser hvordan konsentrasjonene av kobber, jern og sink har utviklet seg siden 1992.



**Figur 9.** Kobberkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2008.



**Figur 10.** Jernkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2008.



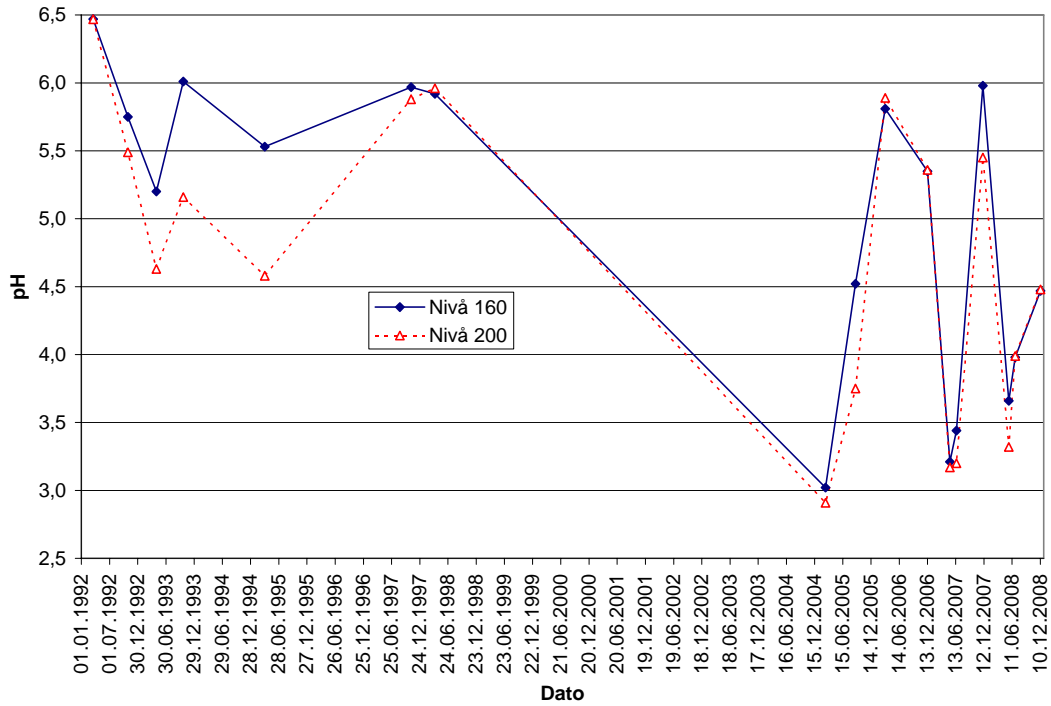
**Figur 11.** Sinkkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2008.

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.

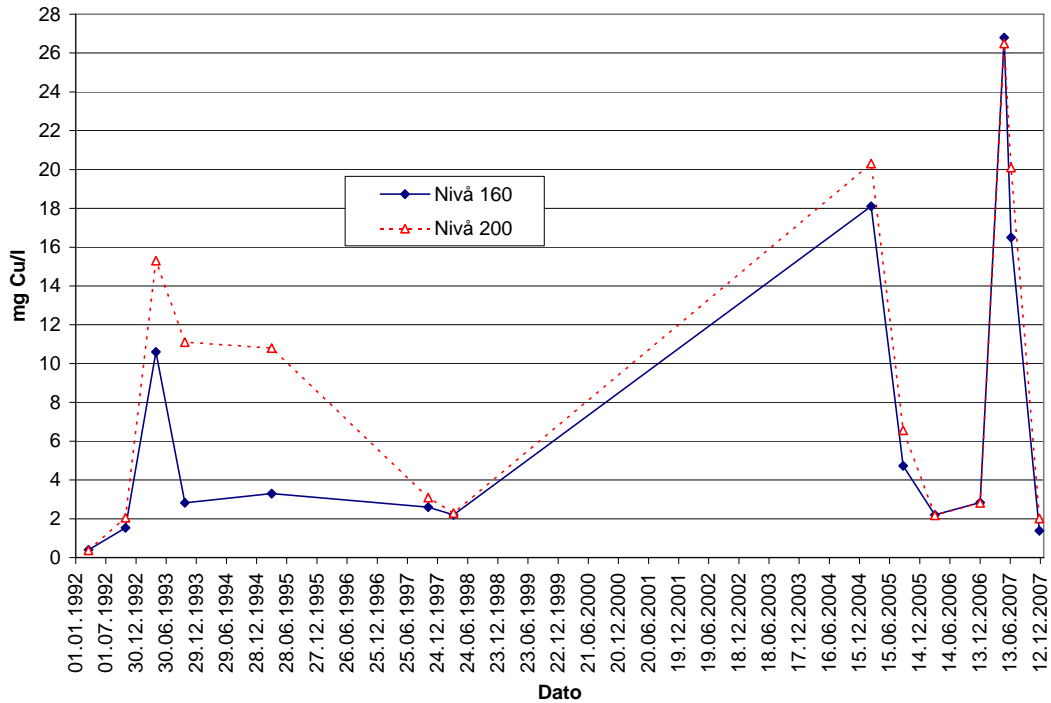
I undersøkelsesperioden 2007-2008 ble det tatt tre prøvesnitt i Wallenberg sjakt, i desember 2007, mai 2008 og i juli 2008. I desember 2007 og i juli 2008 ble det tatt prøver ved alle hovednivåene i gruva, mens i mai 2008 ble det bare tatt prøve fra de to øverste nivåene. Analyseresultatene er samlet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

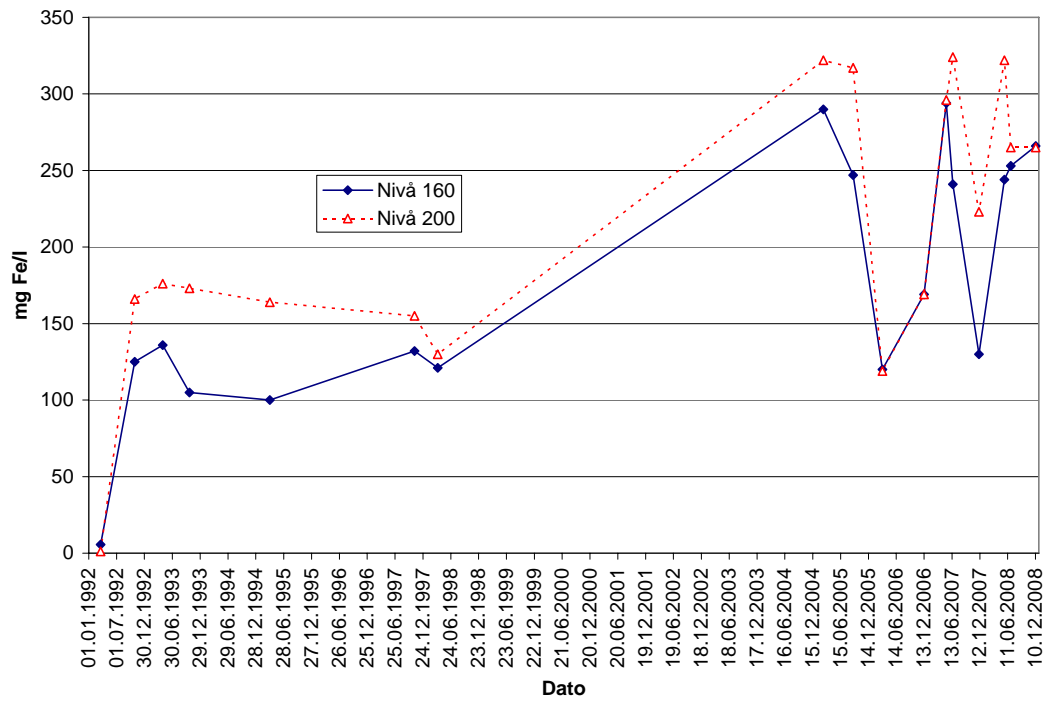
Figur 15 og figur 16 viser hvordan utviklingen har vært mht pH, sulfat, kobber og jern ved et dypere nivå i gruva, nivå 380 siden prøvetakingene startet i 1986. Ved dette nivået kommer også vannet fra Astrup inn. Resultatene viser at situasjonen ser tilnærmet stabil ut. pH-verdiene øker langsomt mens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



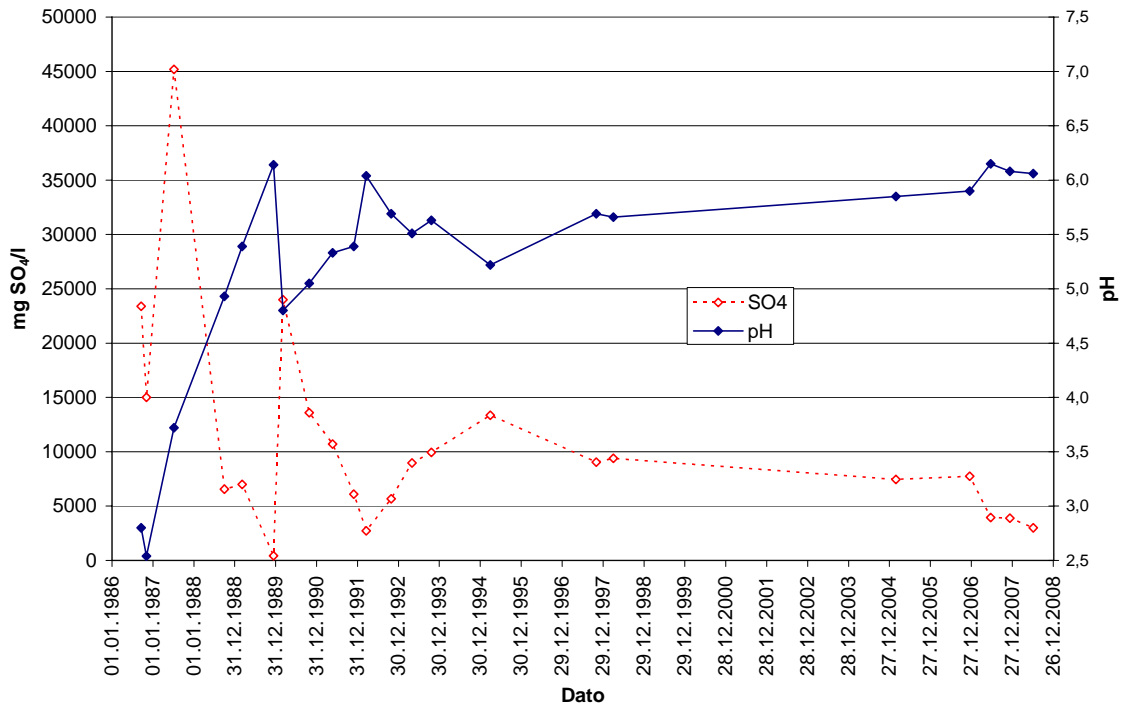
Figur 12. pH-observasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2008.



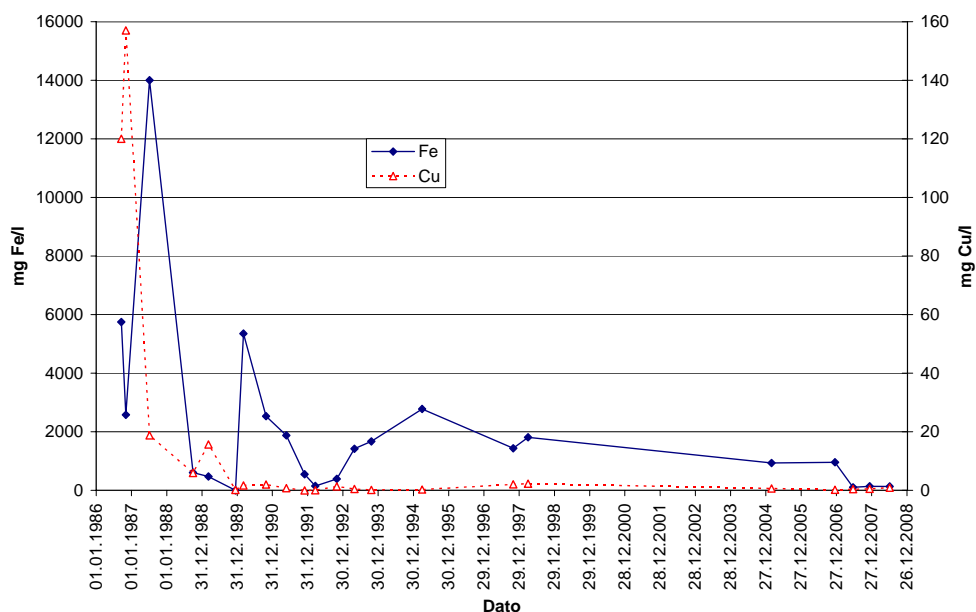
Figur 13. Kobberkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2008.



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



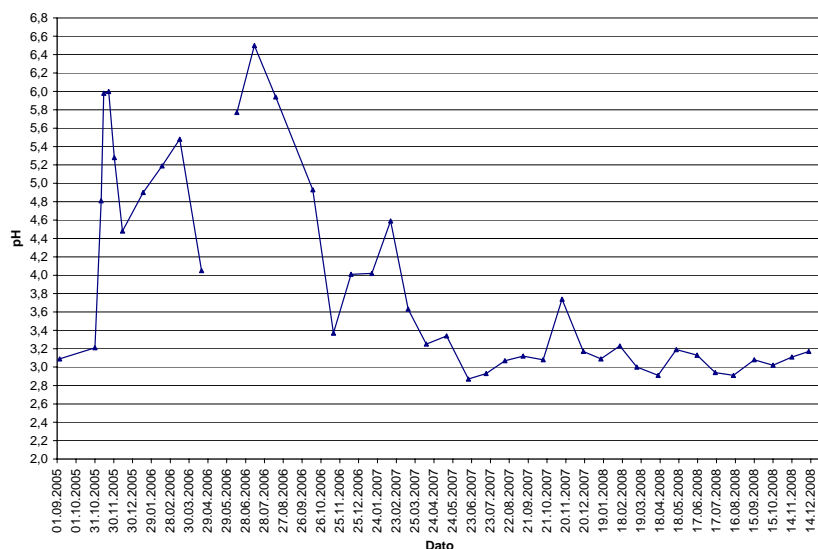
Figur 15. pH- og sulfatobservasjoner ved nivå 380 i perioden 1986-2008.



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 toverdigg. Ute i vannmassene i Fagerlivatnet oksiderer det toverdige jernet til treverdigg. Treverdigg 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.

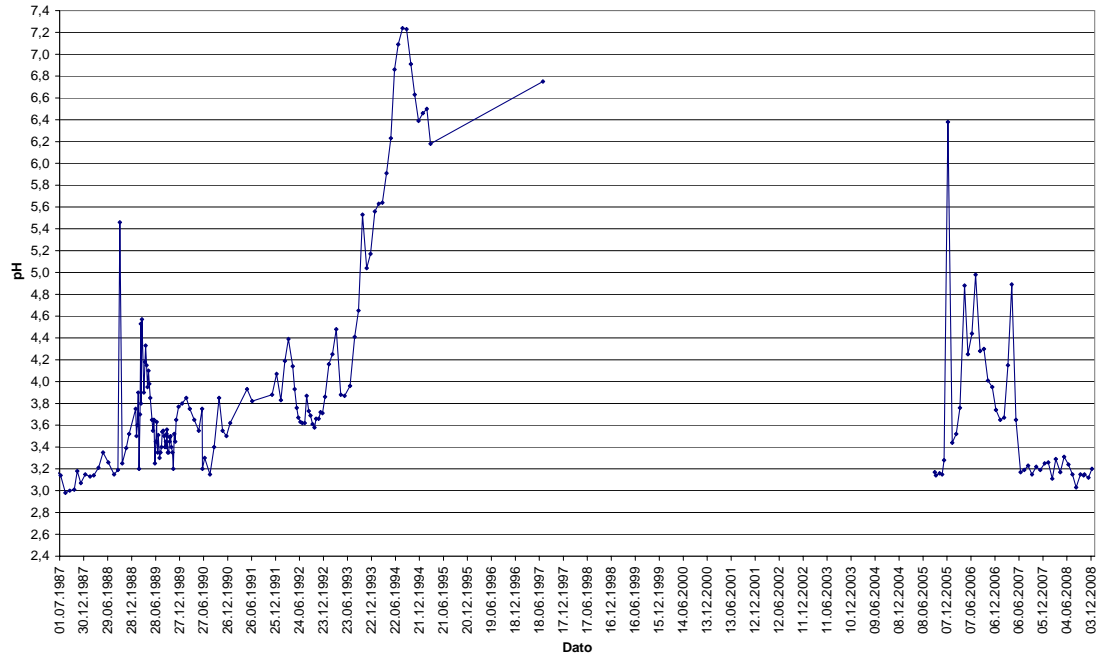
I tabell 7 har en samlet beregnede årsmiddelverdier for hydrologiske år for de årene som NIVA har datamateriale for. Resultatene viser at spesielt jernkonsentrasjonene avtok etter at driften opphørte i 1987. Da Wallenberg pumpestasjon kom i drift i april 1992, medførte dette økte utslipp av sink. pH-verdiene 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 <sub>4</sub> 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

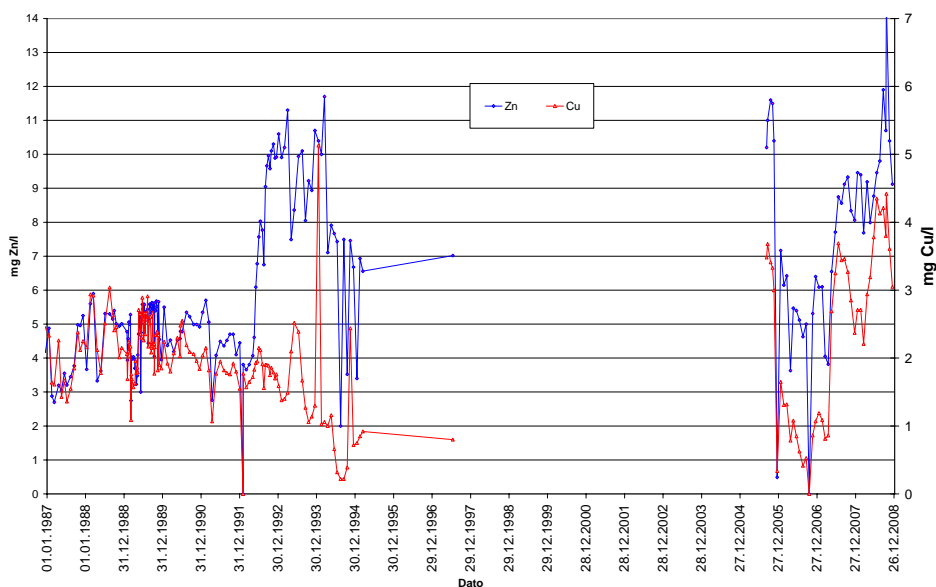


Figur 18 viser forløpet av pH-observasjonene ved utløpet av Bjørnlivatn etter at driften opphørt den 1.7.1987. pH-verdiene er for tiden betydelig lavere enn de var ved avslutningen av Løkken Grubers kontrollprogram i 1995 og har variert i området 3,0-3,2 det siste året.

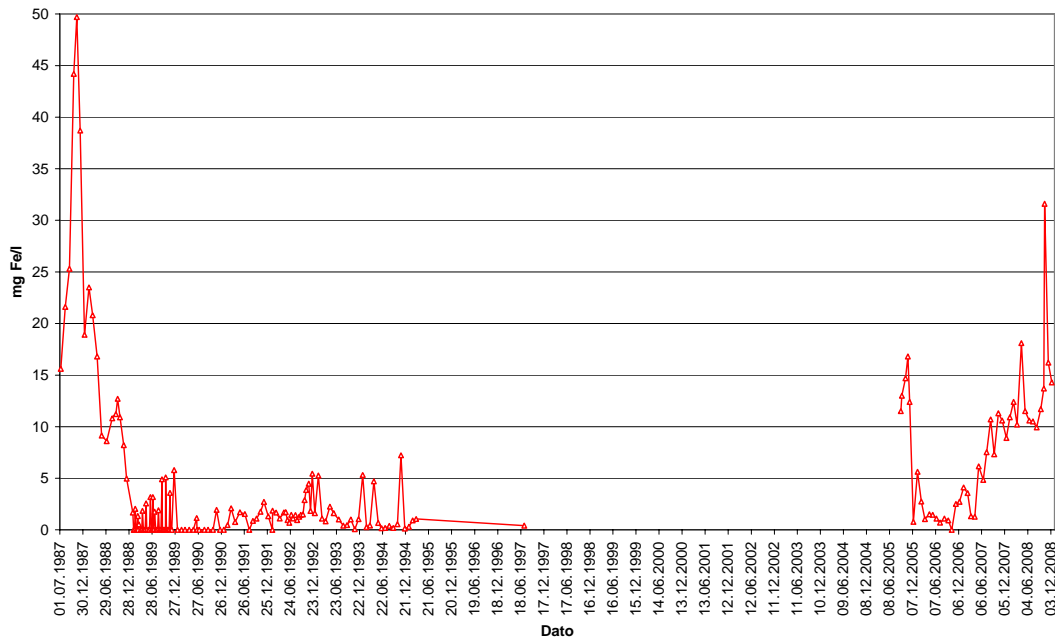


**Figur 18.** pH-observasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2008.

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 Gammelsjakta. 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.

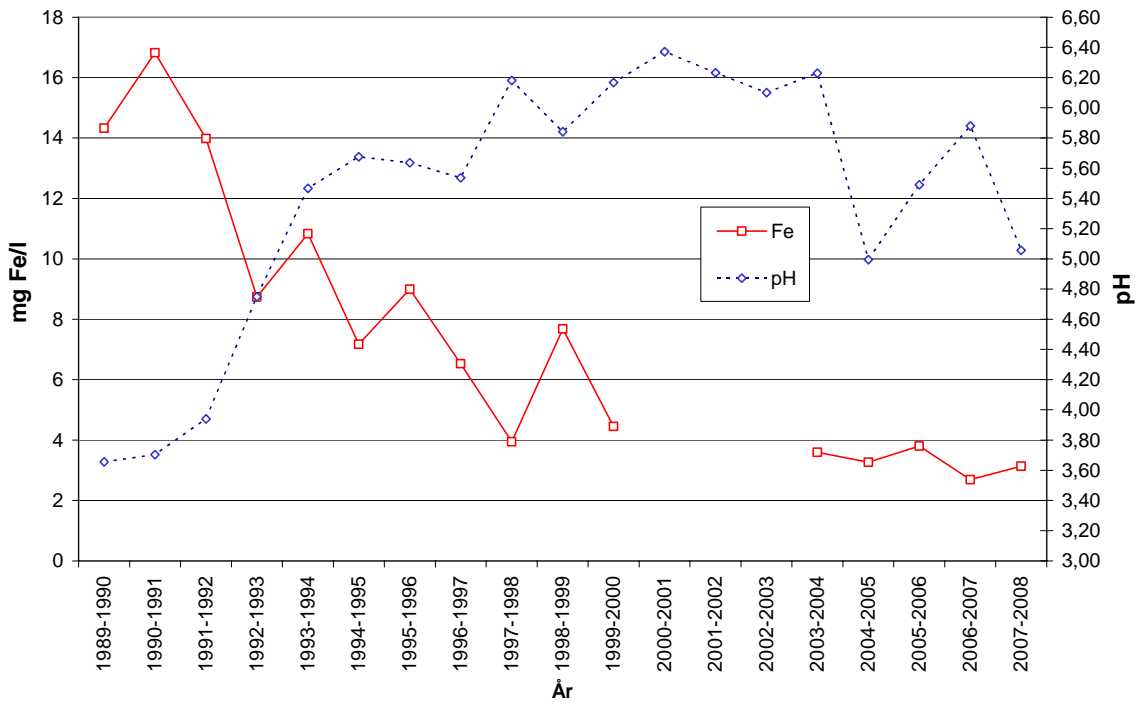
Etter at tiltaksplanen ble satt i kraft i 1992, bedret vannkvaliteten seg. pH-verdiene økte gradvis fram til 2003/2004. Det har vært noen episoder med økte tilførsler fra Løkkensiden som følge av brudd på drensledninger eller styrte utslipp av overskuddsvann pga problemer med innløpet i gruva. Disse 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.

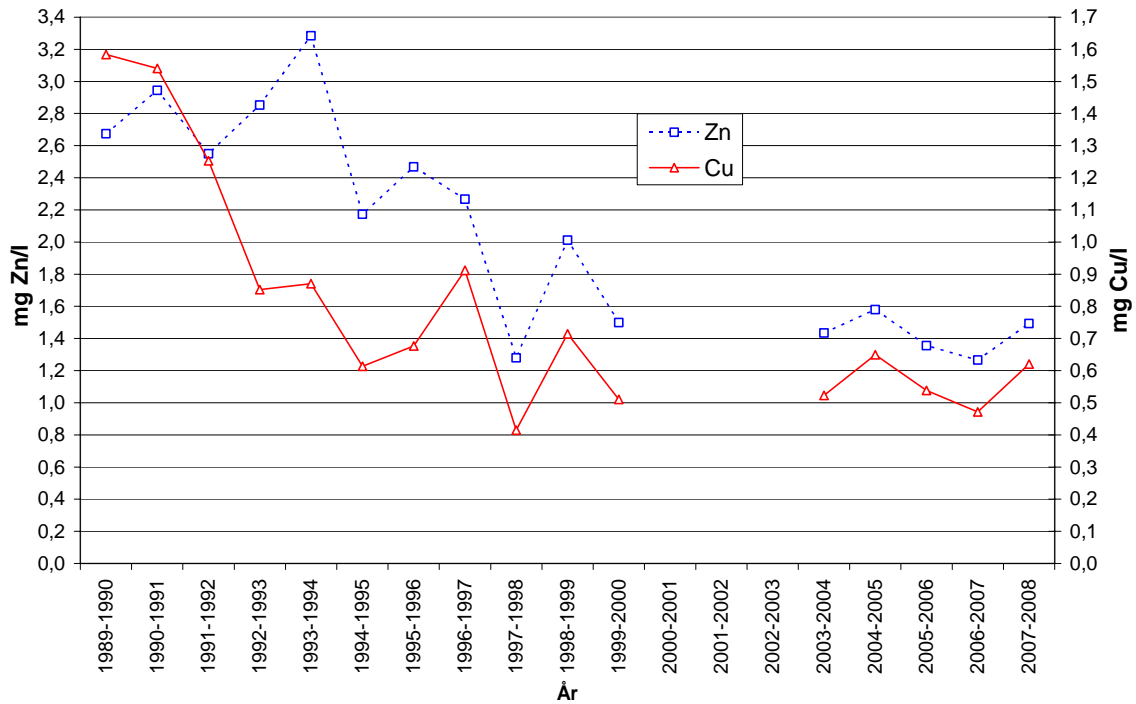
Figur 21 og figur 22 viser en grafisk fremstilling av årsmiddelverdiene for pH, jern, kobber og sink i Raubekken. Metallkonsentrasjonene økte noe i forhold til foregående år, var fortsatt innenfor det konsentrasjonsområde en har hatt de 10 siste år. En legger også merke til at middelverdien for pH falt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

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

Hyd.år	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> 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



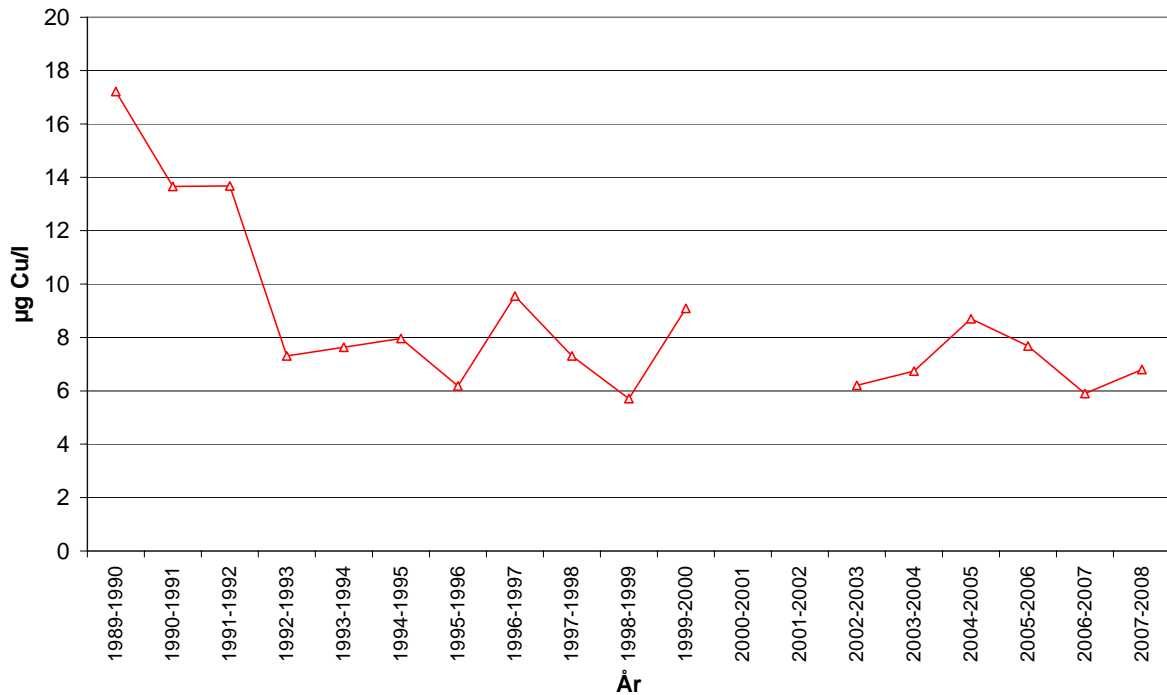
Figur 21. Årlige middelværdier for pH og jern i Raubekken. Hydrologiske år.



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.



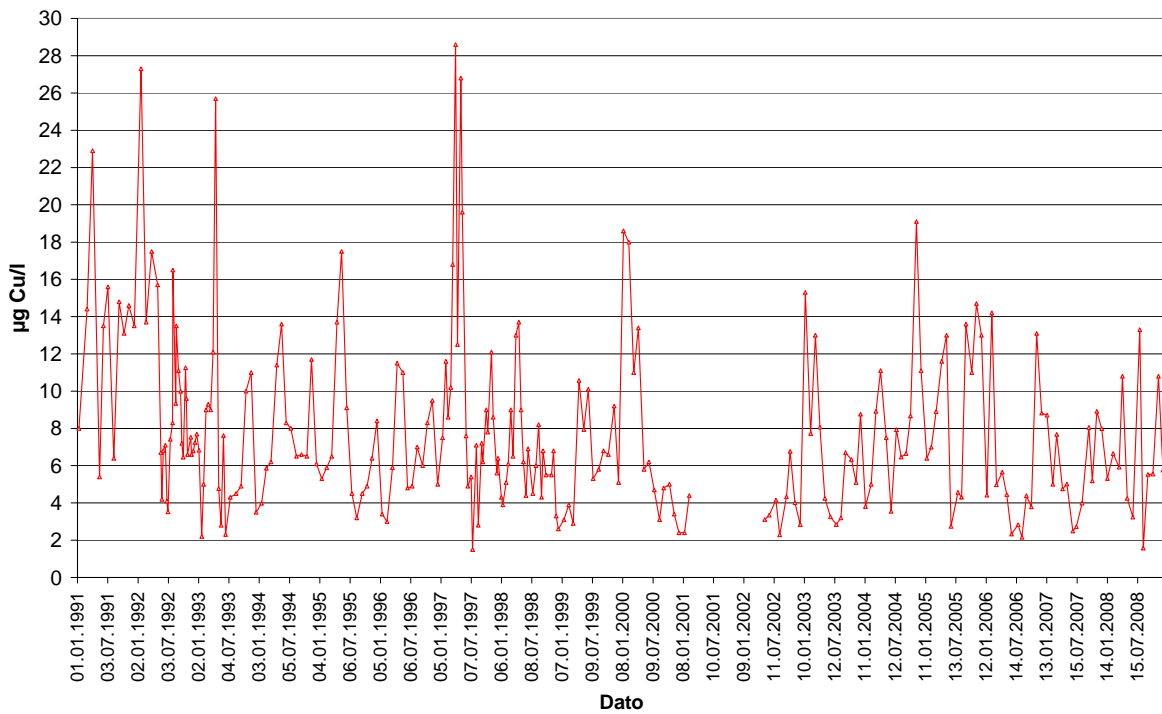
**Figur 23.** Tidsveiede årsmiddelverdier for kobber i Orkla ved Vormstad 1989-2008.

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 observasjonsmateriale 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.

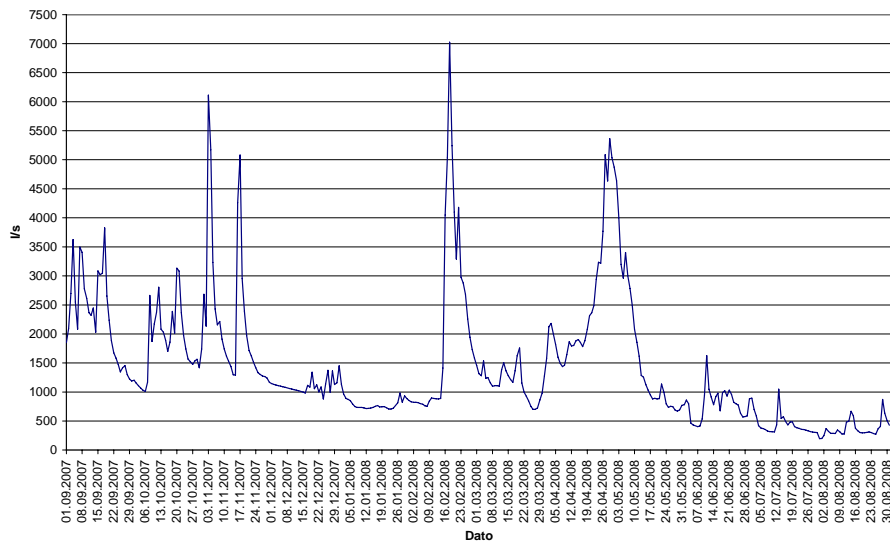
## 4. Massebalanse

### 4.1 Vannbalanser

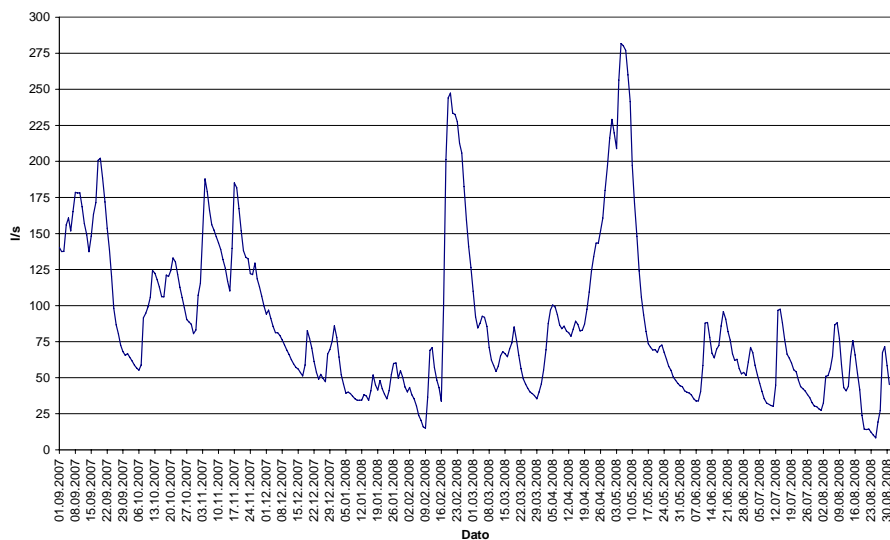
#### 4.1.1 Bjørnlivatn-Raubekken

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 <sup>3</sup>	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

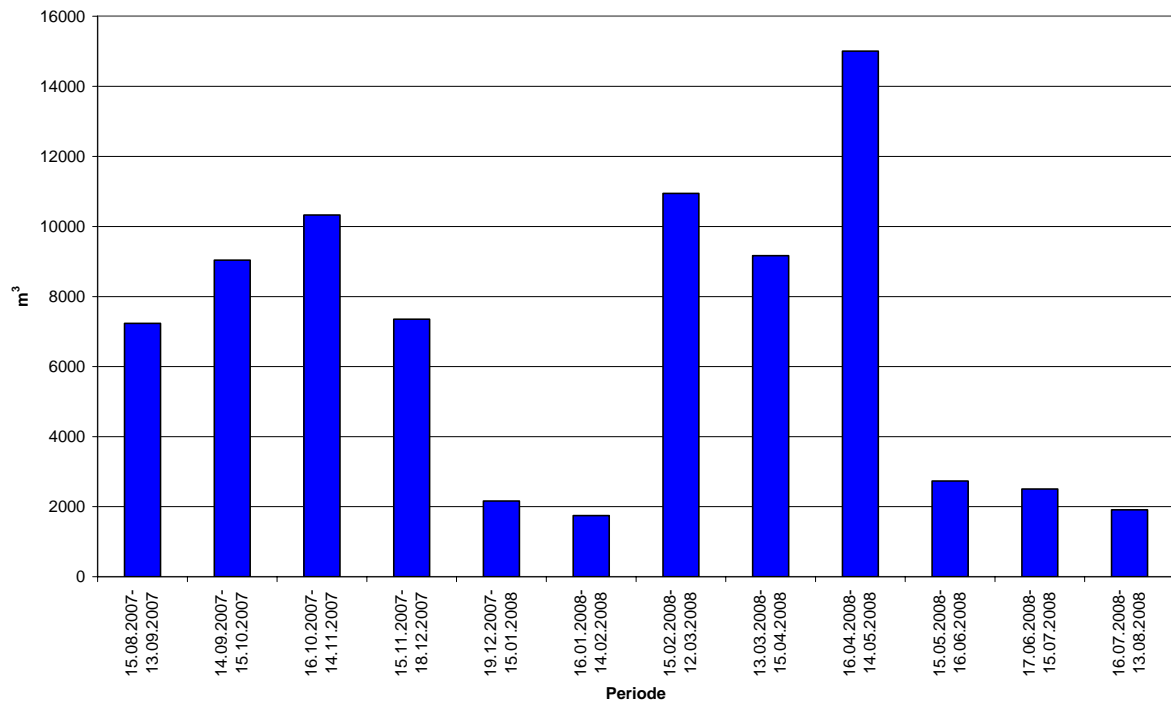
Wallenberg gruve får tilførsler fra følgende kilder:

- 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

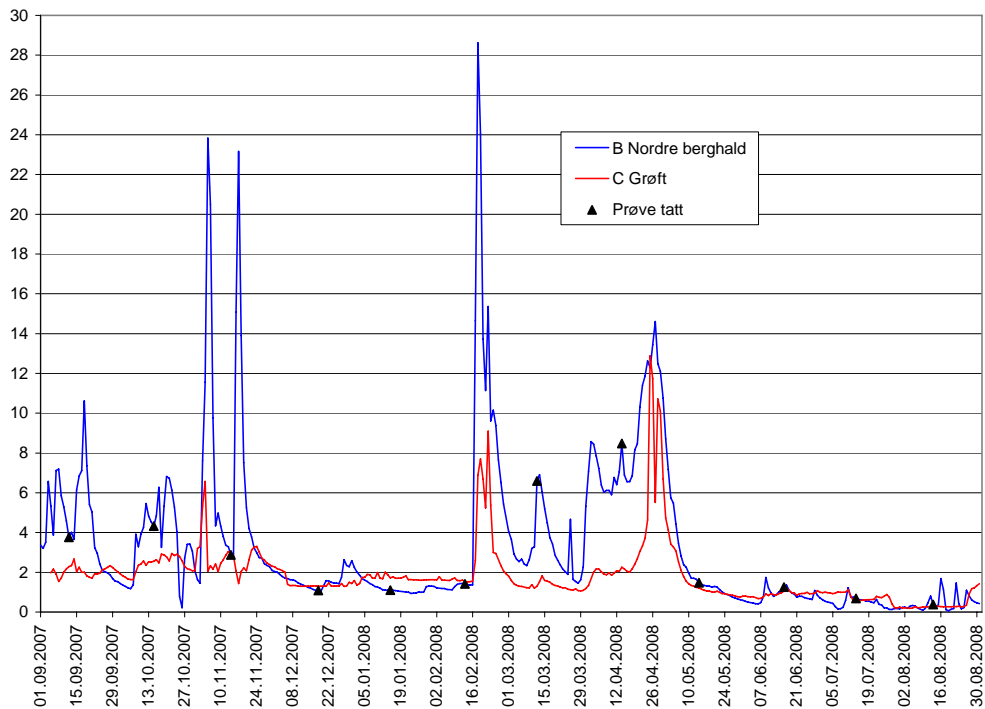
Vannstanden i gruva holdes ved utpumping fra Wallenberg sjakt. Pumpe-stasjonen er styrt av vannstands-nivået i gruva. Når gruva er nedpumpet til laveste nivå og hvis det er lite tilsig, kan det ta noen tid inntil vannstanden blir høy nok slik at pumpa kommer i drift igjen.

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.

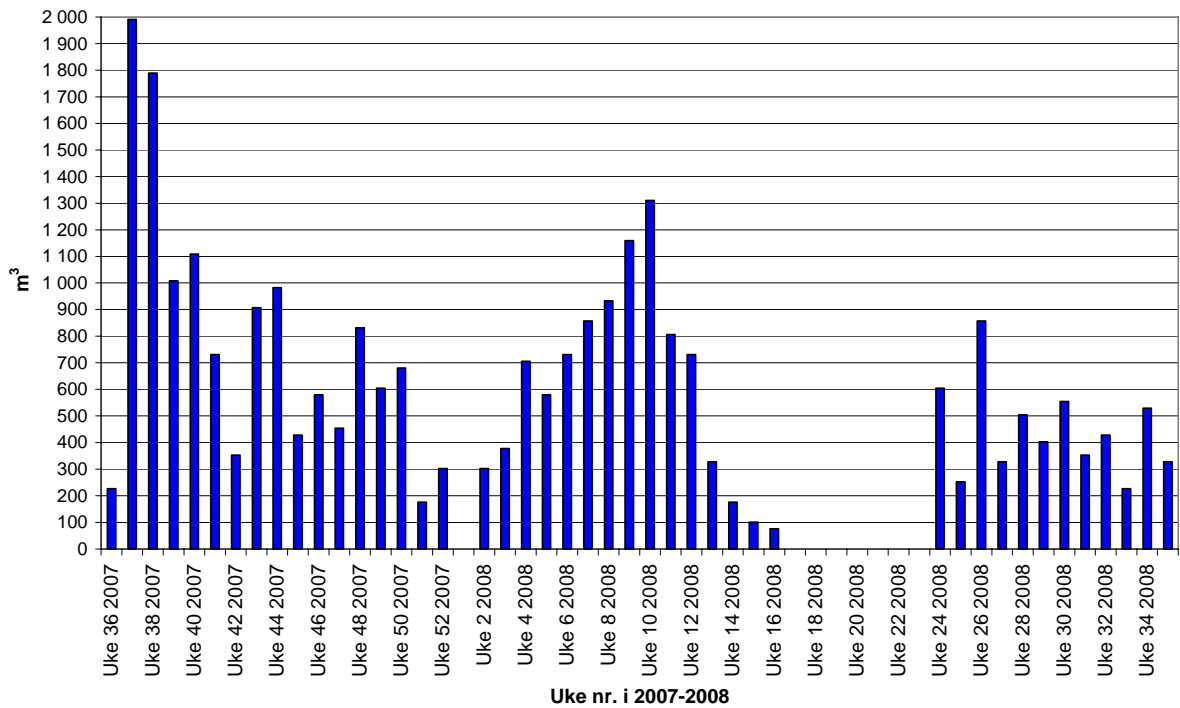




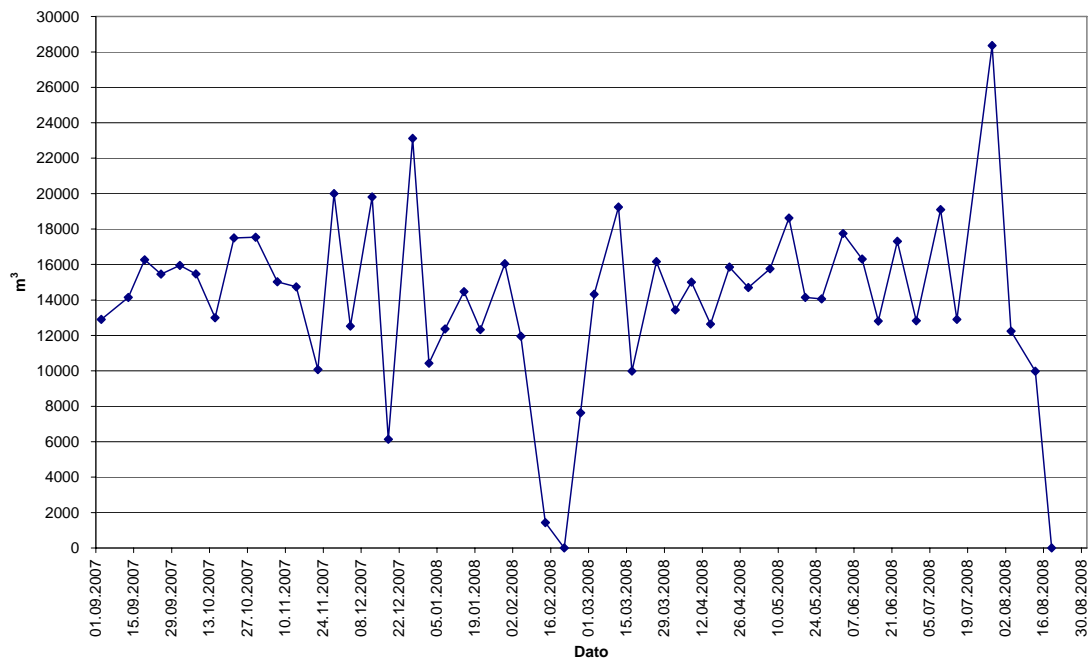
**Figur 27.** Stasjon A. Stallgata pumpestasjon. Utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking.



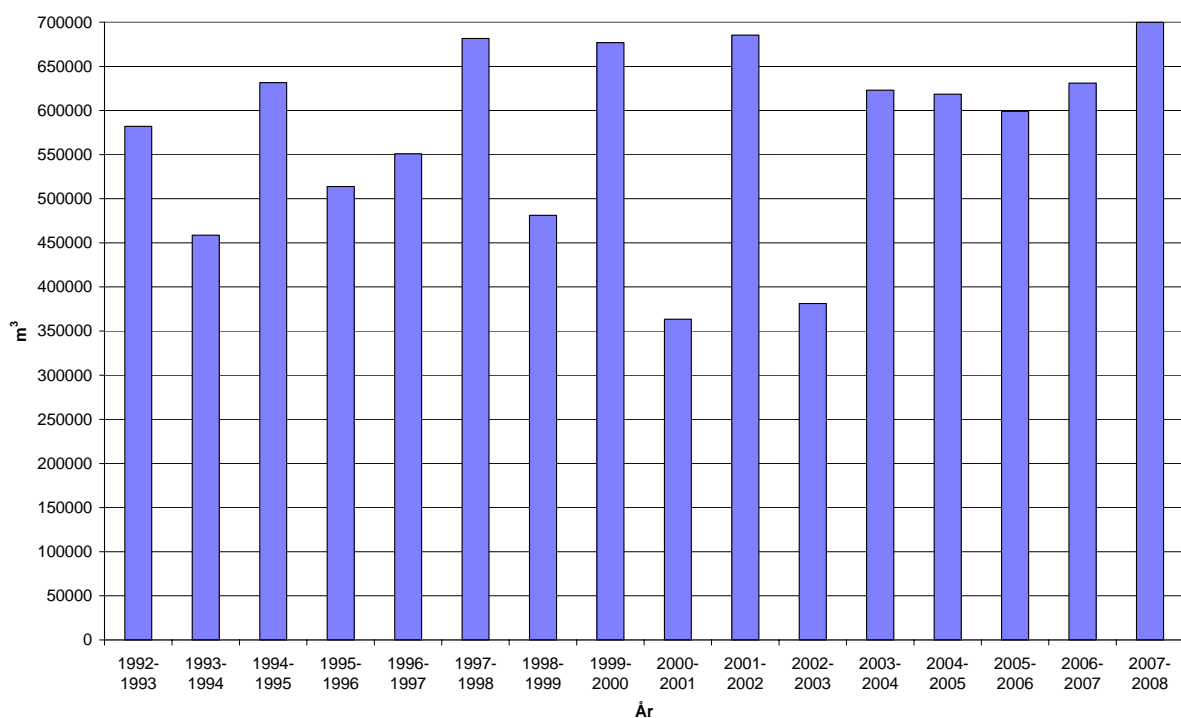
**Figur 28.** Døgnmiddelvannføringer ved stasjon B, Drensrør fra Nordre berghald og stasjon C, Grøft i Gammelgruva i 2007-2008 med markering av prøvetakingstidspunkter.



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



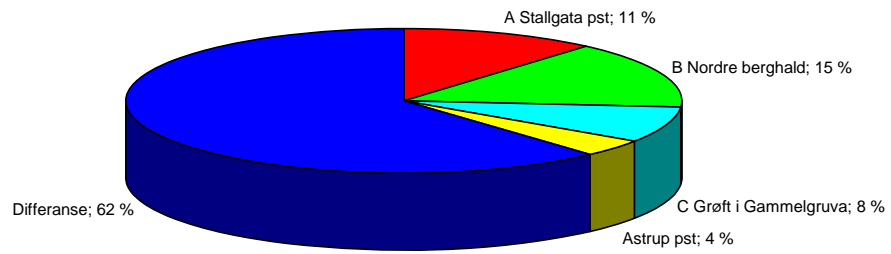
Figur 30. Pumping av gruvevann fra Wallenberg pst i 2007-2008. Y-akse: Utpumpet volum siden foregående observasjon. X-akse: Dato for avlesning på telleverk.



**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 <sup>3</sup>	Stasjon B. Nordre berghald m <sup>3</sup>	Stasjon C. Grøft i Gammelgruva m <sup>3</sup>	Astrup pst. nivå 311 m <sup>3</sup>	Sum innløp m <sup>3</sup>	Wallenberg pst. m <sup>3</sup>	Diffe- ranse m <sup>3</sup>
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 %.

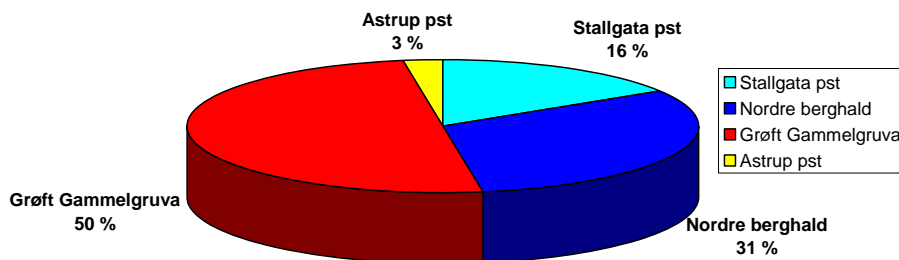
## 4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve

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.

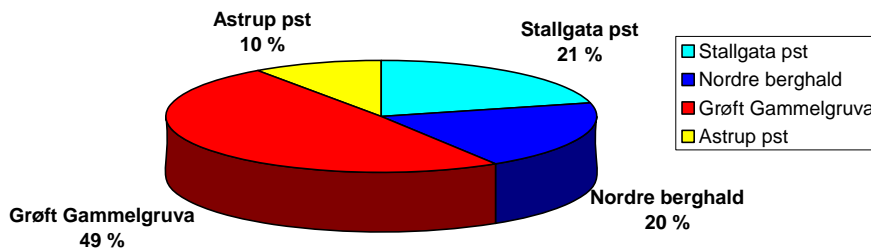
**Tabell 12.** Materialbalanse på Wallenberg gruve i 2007-2008.

Stasjon	SO <sub>4</sub> 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
<b>Sum tilførsler 2007-2008</b>	1567	291,5	20,6	17,5	66,7	57,9	68,2
<b>Avløp Wallenberg pst 2007-2008</b>	1820	170,7	8,6	23,4	80,3	40,7	279,0

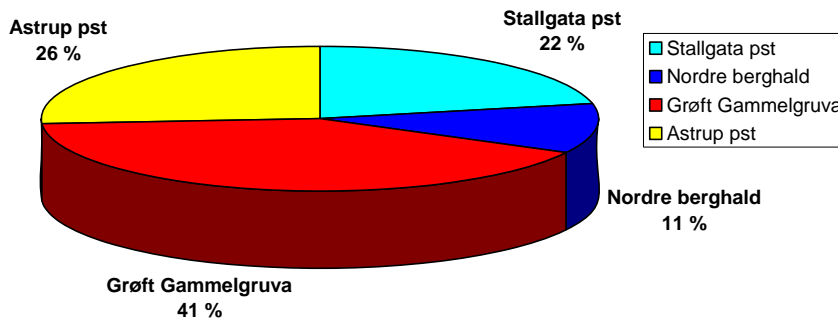
Figur 33, figur 34, figur 35, figur 36 og figur 37 gir en grafisk fremstilling av hvordan årstransporten fordeler seg på kildene mht for noen viktige komponenter.



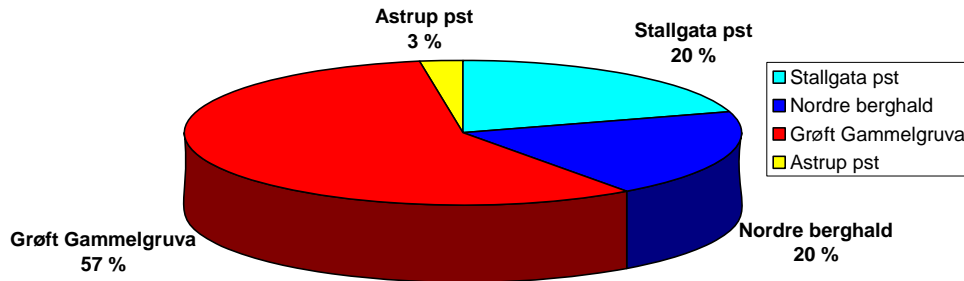
**Figur 33.** Jernbalanse for Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2007-2008.



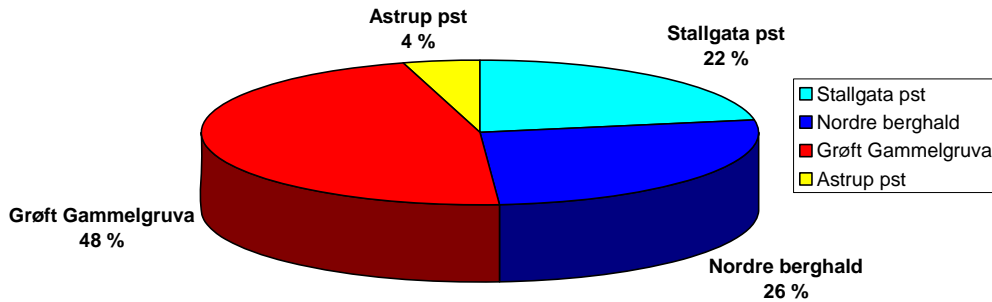
**Figur 34.** Kobberbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2007-2008.



**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.

<b>Stasjon</b>	<b>SO<sub>4</sub> tonn</b>	<b>Fe tonn</b>	<b>Cu tonn</b>	<b>Zn tonn</b>	<b>Cd kg</b>	<b>Al tonn</b>
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 <sub>4</sub> tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Mn tonn	Ni tonn	Co tonn	Pb kg	Al tonn	Vannmengde m <sup>3</sup>
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.

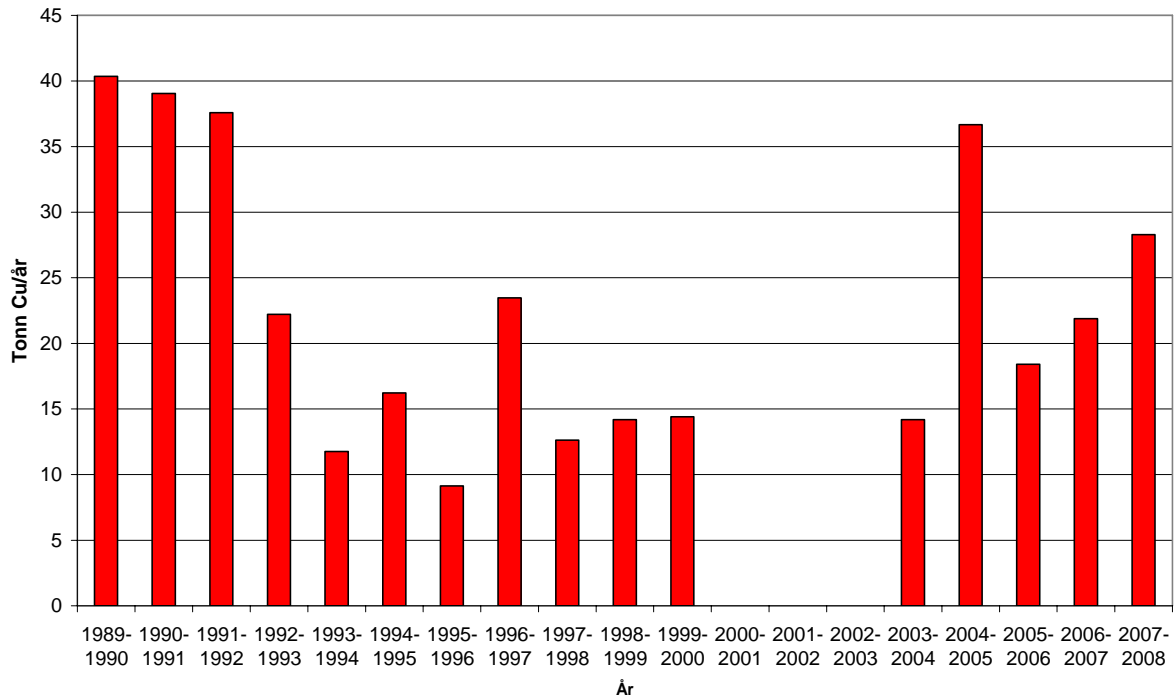
I tabell 15 har en samlet årstransporten for Raubekken for alle år etter 1989. En ser at årstransporten avtok merkbart etter at tiltaksplanen ble satt i verk i 1992. Problemene med gjentetting av tilløpet gjennom synken i Gammelgruva og nødoverløp til Raubekken (2004-2005) førte til at transporten igjen 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 <sub>4</sub> 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 <sub>4</sub>	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.

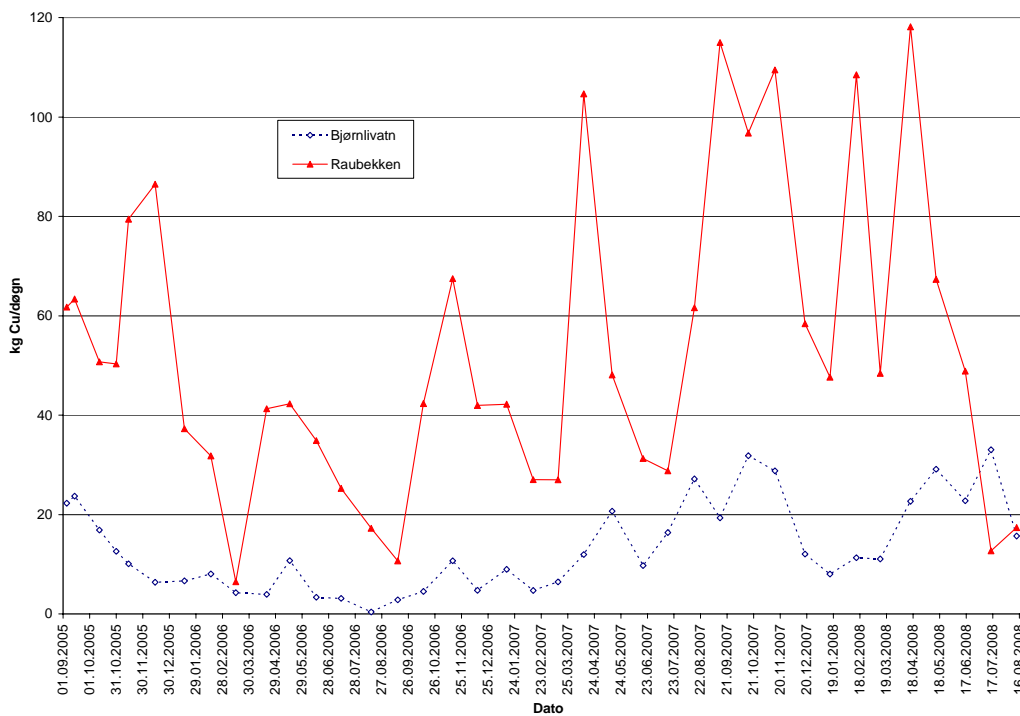
**Tabell 17.** Virkningsgrad til dreneringstiltak på Løkkensiden.

	SO <sub>4</sub>	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 toverdige når vannet forlater pumpestasjonen. Ute i Fagerlivatn og i Bjørnlivatn oksiderer det til treverdige 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 renseseffekten 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 treverdige 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 rensetiltak 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 <sub>4</sub> 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 <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> 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 <sub>4</sub>	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 <sub>4</sub> 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 <sup>3</sup>
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	SO <sub>4</sub>	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 <sub>4</sub> 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 <sup>3</sup>
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 <sup>3</sup>	Utpumpet fra forrige avlesn.	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> 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 <sup>3</sup>	Utpumpet fra forrige avlesn.	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> 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.

<b>Dato</b>	<b>Nivå</b>	<b>pH</b>	<b>Kond</b> <b>mS/m</b>	<b>SO<sub>4</sub></b> <b>mg/l</b>	<b>Ca</b> <b>mg/l</b>	<b>Mg</b> <b>mg/l</b>	<b>Al</b> <b>mg/l</b>	<b>Fe</b> <b>mg/l</b>	<b>Cu</b> <b>mg/l</b>	<b>Zn</b> <b>mg/l</b>	<b>Cd</b> <b>mg/l</b>	<b>Mn</b> <b>mg/l</b>	<b>Ni</b> <b>mg/l</b>	<b>Co</b> <b>mg/l</b>	<b>Si</b> <b>mg/l</b>	<b>Pb</b> <b>mg/l</b>	<b>Temp</b> <b>gr.C</b>
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 <sub>4</sub> 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.

---

<b>Prøve tatt</b>	<b>pH</b>	<b>Kond mS/m</b>	<b>SO<sub>4</sub> mg/l</b>	<b>Ca mg/l</b>	<b>Mg mg/l</b>	<b>Al mg/l</b>	<b>Fe mg/l</b>	<b>Cu mg/l</b>	<b>Zn mg/l</b>	<b>Pb mg/l</b>	<b>Cd mg/l</b>	<b>Mn mg/l</b>	<b>Ni mg/l</b>	<b>Co mg/l</b>	<b>Si mg/l</b>
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.

<b>Dato</b>	<b>pH</b>	<b>Kond</b> <b>mS/m</b>	<b>SO<sub>4</sub></b> <b>mg/l</b>	<b>Ca</b> <b>mg/l</b>	<b>Mg</b> <b>mg/l</b>	<b>Fe</b> <b>mg/l</b>	<b>Cu</b> <b>mg/l</b>	<b>Zn</b> <b>mg/l</b>	<b>Cd</b> <b>µg/l</b>	<b>Mn</b> <b>mg/l</b>	<b>Ni</b> <b>mg/l</b>	<b>Co</b> <b>mg/l</b>	<b>Al</b> <b>mg/l</b>	<b>Si</b> <b>mg/l</b>	<b>Vannf</b> <b>l/s</b>
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 <sub>4</sub> 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
<b>Gj.snitt</b>	<b>3,45</b>	<b>363</b>	<b>2464</b>	<b>323</b>	<b>92,6</b>	<b>54,7</b>	<b>265,4</b>	<b>71,6</b>	<b>165,2</b>	<b>0,58</b>	<b>7,01</b>	<b>0,40</b>	<b>1,81</b>	<b>0,45</b>	<b>19,15</b>	<b>0,22</b>

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

<b>Dato</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Al</b>
	<b>µg/l</b>	<b>µg/l</b>	<b>µg/l</b>	<b>µg/l</b>
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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)