

Kontroll av massebalanse i Løkken  
gruveområde, Meldal kommune.  
Undersøkelser i perioden  
1.9.2009 - 31.8.2010



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

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

**NIVA Midt-Norge**

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

Tittel Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune. Undersøkelser i perioden 1.9.2009 - 31.8.2010	Løpenr. (for bestilling) 6083-2010	Dato 6. desember 2010
	Prosjektnr. Undemr. O-29386	Sider 66
Forfatter(e)  Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for mineralforvaltning	Oppdragsreferanse 06/00803-23 Best. nr. 29/09
---	---

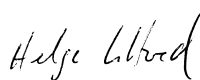
**Sammendrag**

I 2005 ble kontrollprogrammet for Løkken gruveområde betydelig forsterket etter at eksisterende forurensningsbegrensende tiltak viste klare tegn på å svikte. Resultatene fra kontrollprogrammet i det hydrologiske året 2009-2010 viser at den hydrauliske belastningen på Wallenberg gruve har vært noe lavere enn i de to foregående år, noe som resulterte i samlet mindre avrenning fra området og lavere metalltransport, både ut fra den vannfylte gruva og i Raubekken der samlet transport måles. Imidlertid endrer ikke dette på tidligere konklusjoner når det gjelder nødvendigheten av å gjennomføre nye tiltak i Løkken gruveområde. Den relative betydningen av metalltilførslene fra Bjørnliområdet er økende, noe som en må følge nøye med på ved vurdering av beredskapstiltak. I det hydrologiske året 2009-2010 ble den totale metalltransporten fra Løkken gruveområde anslått til 13 tonn kobber, 40 tonn sink, 81 tonn jern, 57 tonn aluminium og 106 kg kadmium. Årsmiddel for Cu-konsentrasjonen i Orkla ved Vormstad ligger fortsatt lavere enn 10 µg Cu/l. Imidlertid er vannkvaliteten ikke tilfredstillende i forhold til de nye kravene om at kobberkonsentrasjonen ved Vormstad til enhver tid skal være lavere enn 10 µg Cu/l. I mars 2010 ble det målt en kobberkonsentrasjon på 11,9 µg/l ved Vormstad.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kisgruve</li> <li>2. Gruvevann</li> <li>3. Tungmetaller</li> <li>4. Løkken Verk 2010</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pyrite Mining</li> <li>2. Acid Mine Drainage</li> <li>3. Heavy Metals</li> <li>4. Løkken Mines, Norway 2010</li> </ol>
--	---



Eigil Rune Iversen  
Prosjektleder



Helge Liltved  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

O-29386

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

Undersøkelser i perioden 1.9.2009 - 31.8.2010

## Forord

Undersøkelsene i Løkken gruveområde i 2009-2010 ble finansiert av Direktoratet for mineralforvaltning 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 kontinuerlige registreringer.

Vi vil takke Orkla Industrimuseum og Meldal kommune for all assistanse under driften av målestasjonene og for den rutinemessige prøvetaking. Vi vil også takke TrønderEnergi Kraft Avd. Berkåk ved Bjørn Sundset som har hatt ansvaret for prøvetakingen i Raubekken og i Orkla.

Oslo, 6. desember 2010

*Eigil Rune Iversen*

---

# 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 Prøvetakingsstasjoner	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	15
3.2.3 Stasjon C. Drensrør i Gammelgruva	18
3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatn-siden	20
3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt	20
3.3.2 Utløp Fagerlivatn	27
3.3.3 Utløp Bjørnlivatn	29
3.4 Vassdragsstasjoner	32
3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk	32
3.4.2 Raubekken ovenfor Løkken ved Statoilstasjonen	34
3.4.3 Orkla ved Vormstad	35
<b>4. Massebalanse</b>	<b>37</b>
4.1 Vannbalanser	37
4.1.1 Bjørnlivatn – Raubekken	37
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve	39
4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve	44
4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene	49
<b>5. Samlet vurdering</b>	<b>53</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>55</b>
<b>Vedlegg A. Analyseresultater 2009-2010</b>	<b>56</b>

---

## Sammendrag

Tiltaksplanen til Løkken Gruber som ble satt i verk i 1992 har vært fulgt opp med et kontrollprogram i årene etter. En kunne allerede omkring 1995 påvise at jernmengdene ut av gruva økte, noe som var en påminnelse om at tiltaket ikke er en endelig løsning. Som følge av en betydelig forverring av vannkvaliteten til utgående vann fra Wallenberg gruve i 2002 – 2004 ble det i 2005 startet et mer omfattende kontrollprogram for å avklare situasjonen bedre og for å skaffe grunnlag for nye tiltaksvurderinger. Programmet har blitt gradvis forsterket ved behov etter at det ble klart at tiltaksplanen fra 1992 gradvis er i ferd med å miste sin effekt.

Denne undersøkelsen, som er gjennomført fra september 2009 til utgangen av 2010, er en fortsettelse av dette programmet. Resultatene viser at pH-verdien i inngående vann til gruva ikke heves tilstrekkelig. Men på grunn av mindre belastning på gruva i perioden 2008-2010, både mht. vannmengder og metaller, førte dette til at gruva i de to siste årene har hatt noe større evne til å adsorbere kobberioner, noe som igjen har ført til at utslippet av kobber til Fagerlivatn var mindre enn i de foregående år. Sett i forhold til situasjonen for 10 år tilbake er utslippene av jern økende, men varierer en del fra år til år avhengig av belastningen på gruva. Gruva greier ikke lenger å fjerne sink fra inngående vann. Økt surhet fører også til økte utlipp av aluminium. Aluminiumkonsentrasjonene i utgående vann fra gruva er i likhet med kobberkonsentrasjonene avhengig av pH-verdiene i den vannfylte gruva.

De økende jernkonsentrasjonene i utgående vann er det tydeligste signal om at tiltakene som ble gjennomført i 1992 er i ferd med å svikte. Når det igjen inntreffer episoder med økt støtbelastning av metaller fra Løkkensiden, vil det være stor fare for en betydelig økning av metallutslippene fra gruva. Av den grunn har en nå montert en kalkingsstasjon i Fagerlia. Dersom situasjonen skulle tilsi det vil det bli dosert kalk til utgående vann fra gruva og om nødvendig også til Fagerlivatn/Bjørnlivatn. I tiden framover vil en bygge opp erfaringsmateriale for hvordan kalkdosen skal styres. I denne sammenheng har en nå to målestasjoner for kontinuerlig kontroll av vannkvalitet i Bjørnlivatn-området. Det foretas kontinuerlig måling av pH og konduktivitet i utgående vann fra gruva, og ved utløpet av Bjørnlivatn.

Som en oppsummering kan det sies at samlet metalltransport fra gruveområdet målt i Raubekken var noe lavere i det hydrologiske året 2009-2010 enn i de to foregående år. Dette har sammenheng med redusert avrenning fra området. Fortsatt er det slik at avrenning fra Løkkensiden er største forurensningskilde i gruveområdet. Mer enn halvparten av metallavrenningen fra Løkkensiden fanges ikke opp av dreneringstiltaket fra 1992. Det anbefales derfor å forbedre dreneringstiltakene i området samt å føre bort uforurenset overflatevann fra velteområdet på Løkken. Det må bemerkes at den relative betydningen av tilførslene fra Bjørnlivatn-siden på totaltransporten i Raubekken er økende, noe som det er viktig å være klar over i beredskapssammenheng.

Forurensningssituasjonen i Orkla er fortsatt tilfredsstillende sett i forhold til målsettingen fra 1992. 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. De nye kravene som innebærer at kobberkonsentrasjonen ved Vormstad alltid skal være lavere enn 10 µg Cu/l innebærer at nye tiltak i Løkken gruveområde må ha høyere virkningsgrad enn i dag.

For det hydrologiske året 2009-2010 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.	1359	55,6	253,0	18,8	15,2	59,9
Ut av Wallenberg pst.	1054	15,8	89,9	2,1	11,0	28,0
Ut av Bjørnlivatn	1803	21,8	21,0	4,3	19,1	51,3
Transport i Raubekken	3652	56,6	81,0	13,3	40,3	106
Differanse (=Løkkensiden)*	1849	34,8	60,0	9,0	21,2	55

\*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, bortsett fra i tre årsperioder, foreligger 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
2008-2009	4022	79,7	107	18,7	48,6	136
2009-2010	3652	56,6	81	13,3	40,3	106

Resultatene fra undersøkelsene siste år gir 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 var grunnlaget for tiltaksplanen fra 1991. Ved hjelp av denne tiltaksplanen har en greid å ha kontroll med forurensningssituasjonen i nedre Orkla siden 1992. I dag ser en at tiltakene ikke lenger virker tilfredsstillende og nye tiltak er under planlegging.

Med de overvåkingstiltakene som er satt i verk har en gode muligheter til å følge med på hvordan forurensningssituasjonen utvikler seg. Om nødvendig vil overvåkingen bli forsterket og tilpasset behovene til enhver tid.

## Summary

Title: Loadings of Heavy Metals in the Løkken Mining Area, Norway in 2009-2010.

Year: 2010

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5818-9

The abandoned Loekken pyrite mine in Meldal municipality has for a 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-values 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 again dropped to about pH 3 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 end of 2010 it is obvious that the flooded mine has lost its capacity of neutralising incoming water and that the effects of the chosen measure have come to an end. Ferric iron in the incoming water is oxydising 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 pH-values falling below 3.

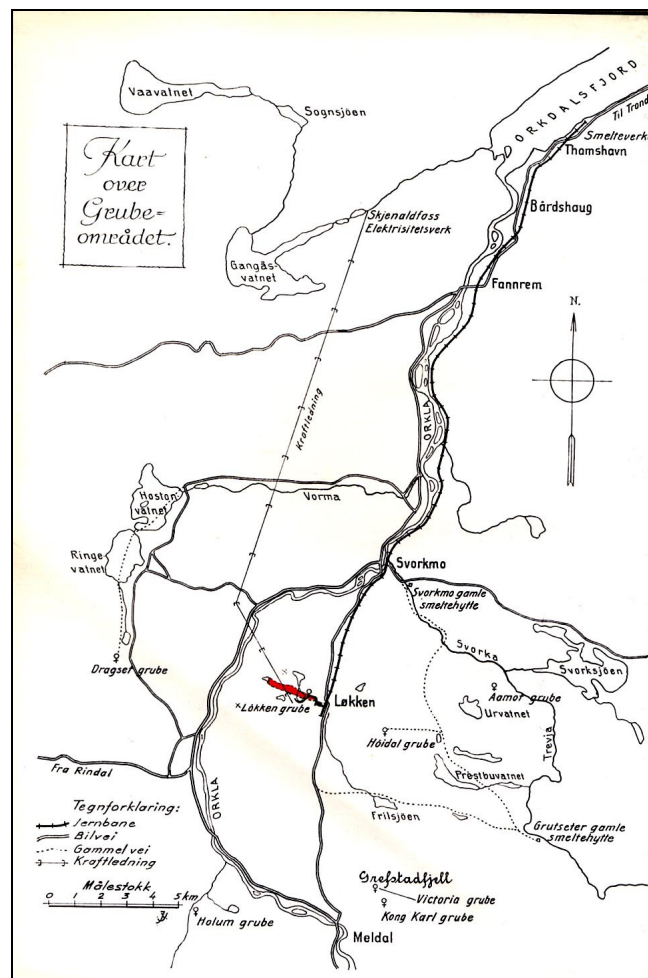
The situation showed some improvements in 2009 and 2010 due to reduced run-off from the dumps. This does, however, not change any of the conclusions from the previous investigations. New mitigative measures are discussed.



# 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 Direktoratet for mineralforvaltning (DIRMIN) som har tilsyn med virkningene av de siste tiltakene.

I forbindelse med at gruve-driften ble nedlagt i 1987, ble det gjennomført flere forurensningsbegren-sende tiltak. Det viktigste var å ta i bruk den vannfylte Wallenberg gruve som et ”renseanlegg” for forurenset drensvann 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 fore-liggende rapporten gir en beskrivelse av undersøkelser som er utført i det hydrologiske året 2009-2010. I en foregående rapport fra dette programmet (Iversen, 2006) og i en konsekvensutredning foretatt av DIRMIN (2007) er det gitt en mer utførlig beskrivelse av den historiske utvikling og av for-urensningsproblematikken 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. (Løkken Verk 1654-1954 - En norsk grube gjennom 300 år. Orkla Grube- Aktiebolag, 1954).

## 2. Undersøkellesopplegg

### 2.1 Prøvetakingsstasjoner

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

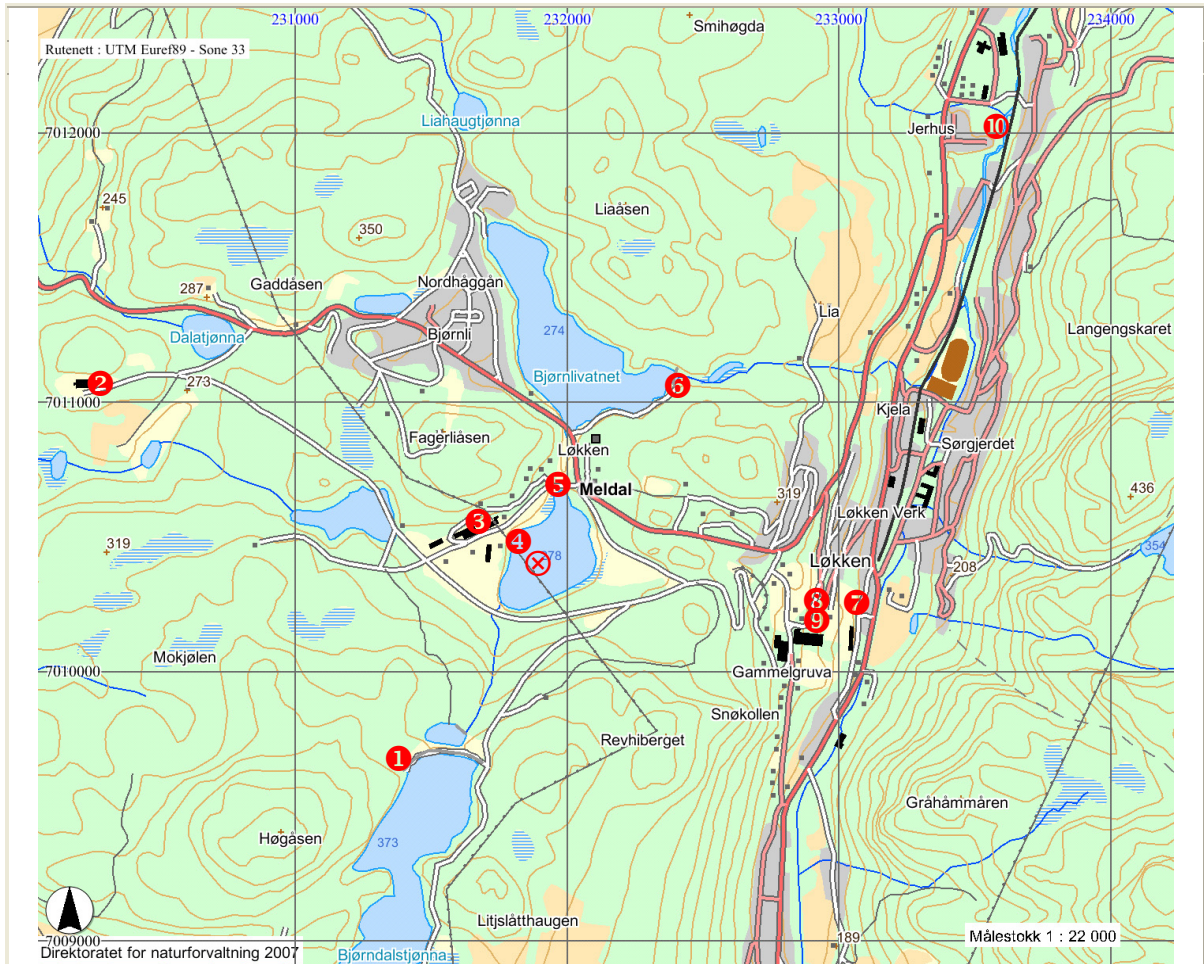
**Tabell 1.** Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2009-2010.

Stasjon	Opplegg
A. Stallgata pumpestasjon	Stikkprøve i pumpestasjonen 1x mnd. Manuell registrering av vannmengde ved hver prøvetaking
B. Drensrør fra Nordre bergald	Kontinuerlig registrering av vannmengde. Mengdeproporsjonal blandprøvetaking
C. Grøft i Gammelgruva (sig fra tipp med magnetittmalm)	Kontinuerlig registrering av vannmengde. Mengdeproporsjonal blandprøvetaking.
Gruvevann fra nivå 311, pumpeump Astrup	Prøvetaking bestemmes av Nammo NAD. Utpumpet vannmengde (ukemengde) journalføres av Nammo NAD.
Wallenberg pumpestasjon	Månedlig stikkprøve som tidligere. Registrering av vannmengder ved hver prøvetaking.
Utløp Bjørnlivatn	Månedlig stikkprøve ved utløpet under gammel steindam. Kontinuerlig registrering av vannmengde. Kontinuerlig registrering av pH og konduktivitet startet sommeren 2008
Wallenberg sjakt	Kontroll av vannkvalitet ved hovednivåene Manuell prøvetaking av NIVA ved befaringer.
Utløp Fagerlivatn	Stikkprøvetaking hver måned for kontroll av vannkvalitet (pH).
Raubekken ovenfor gruveormådet ved Statoil	Stikkprøve hver måned for kontroll av metallnivå.
Raubekken ved inntak kraftverk	Månedlig stikkprøve, manuell avlesning av vannstandsmerke av KVO. Kontinuerlig vannstandslogging. Analyse som tidligere
Orkla ved Vormstad	Månedlig prøvetaking og analyse som tidligere

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

I 2009-2010 har Meldal kommune 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 der det ble tatt prøver 2 ganger i måneden. 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 dremsvann i alle år etter 1992. Tungmetallanalysene i Orkla er utført vha ICPMS-teknikk.



**Figur 2.** Kart over gruveområdet med markering av prøvetakingsstasjoner i perioden 2005-2010.

- |                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1: Overløp Bjønndalsdammen       | 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

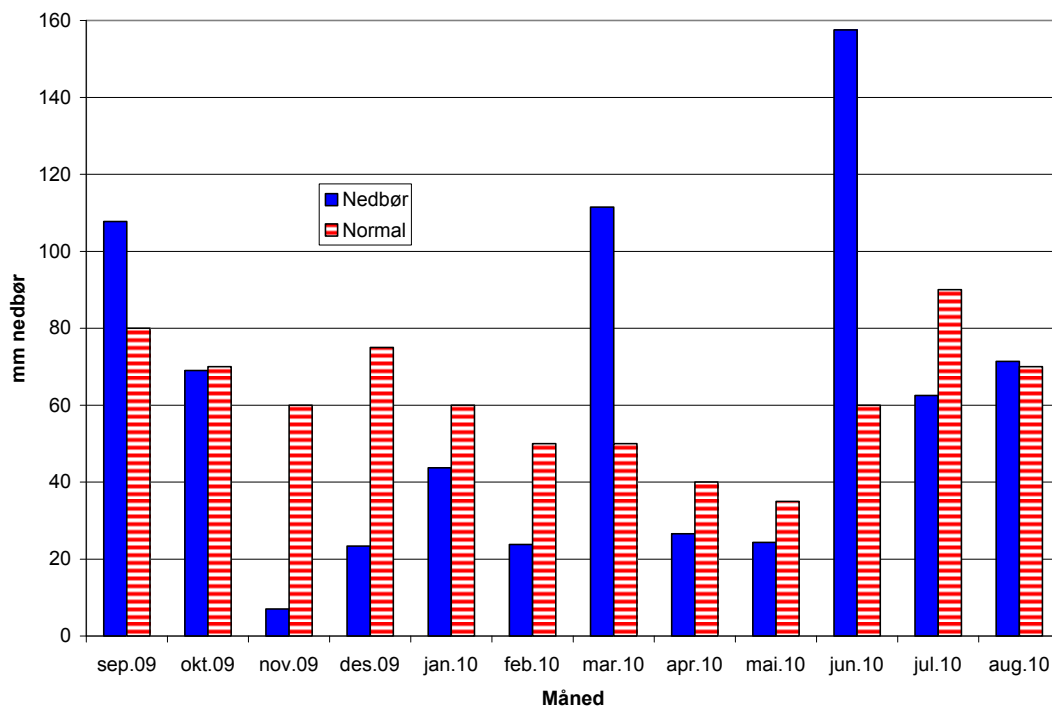
### 3.1 Hydrologi og klima

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

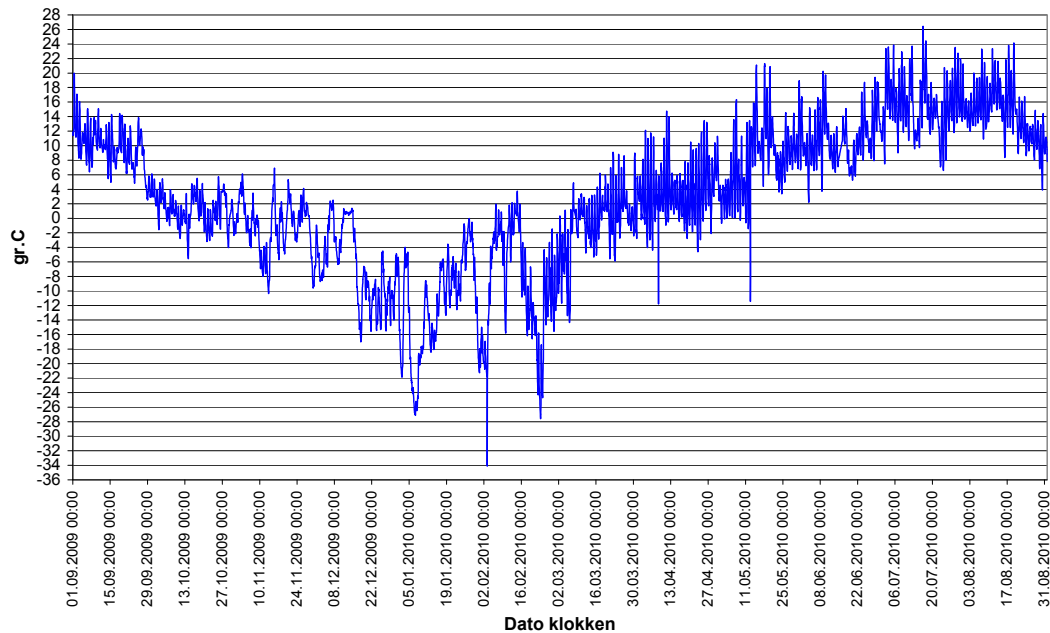
Temperatur og nedbør har stor betydning for vannbalansen på gruva. I dette området viser avrenningskoeffisientene store lokale variasjoner (NVE, 1987). I denne undersøkelsen har vi benyttet nedbørdata for den nærmeste meteorologiske stasjonen til Det norske meteorologiske institutt (DNMI), 66620 Rennebu. Figur 3 viser månedlige nedbørhøyder og normaler for perioden 2009-2010.



**Figur 3.** Månedlige nedbørhøyder og normaler ved DNMI 66620 Rennebu i 2009-2010.

En ser at det falt mye nedbør i månedene september 2009, mars 2010 og juni 2010. I de øvrige månedene var nedbørmengdene nær det normale eller mindre enn normalt. I året 1.9.2009 – 31.8.2010 falt det 98,4 % nedbør i forhold til et normalår. Nedbørmengdene kan variere en del fra Rennebu til Løkken. Erfaringsmessig kan nedbørmengden variere mye over relativt korte avstander i dette området.

Ved inngangen til Gammelgruva på skyggesiden er det utplassert en sonde for lufttemperatur. Figur 4 viser observasjonsmaterialet som foreligger for måleperioden 2009-2010. En ser at det var spesielt kaldt i perioden desember 2009 – mars 2010. Det var kaldest den 3.2.2010 (-34,1 gr.C).



**Figur 4.** Lufttemperatur ved Gammelgruva i 2009-2010.



**Figur 5.** Inngang til Gammelgruva.

## 3.2 Vannkvalitet på Løkkensiden

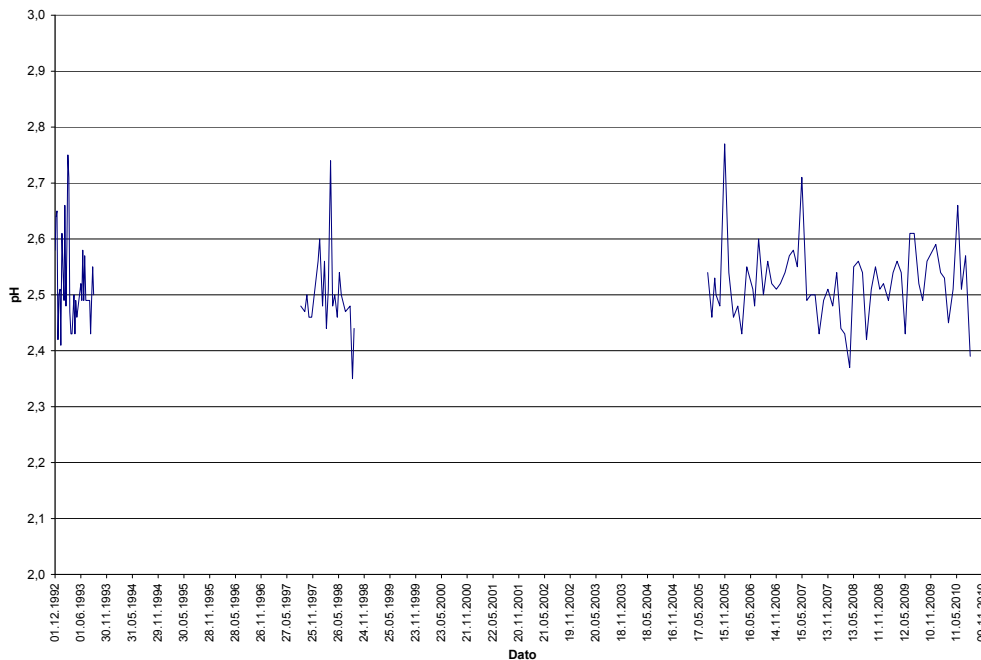
### 3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon

Analyseresultatene for prøver som er tatt i 2009-2010 er samlet i tabell 23 i vedlegg A bak i rapporten. I tabell 3 er det gjort en sammenligning mellom de årlige middelveidene for alle måleperiodene som er gjennomført etter at tiltaksplanen ble satt i drift.

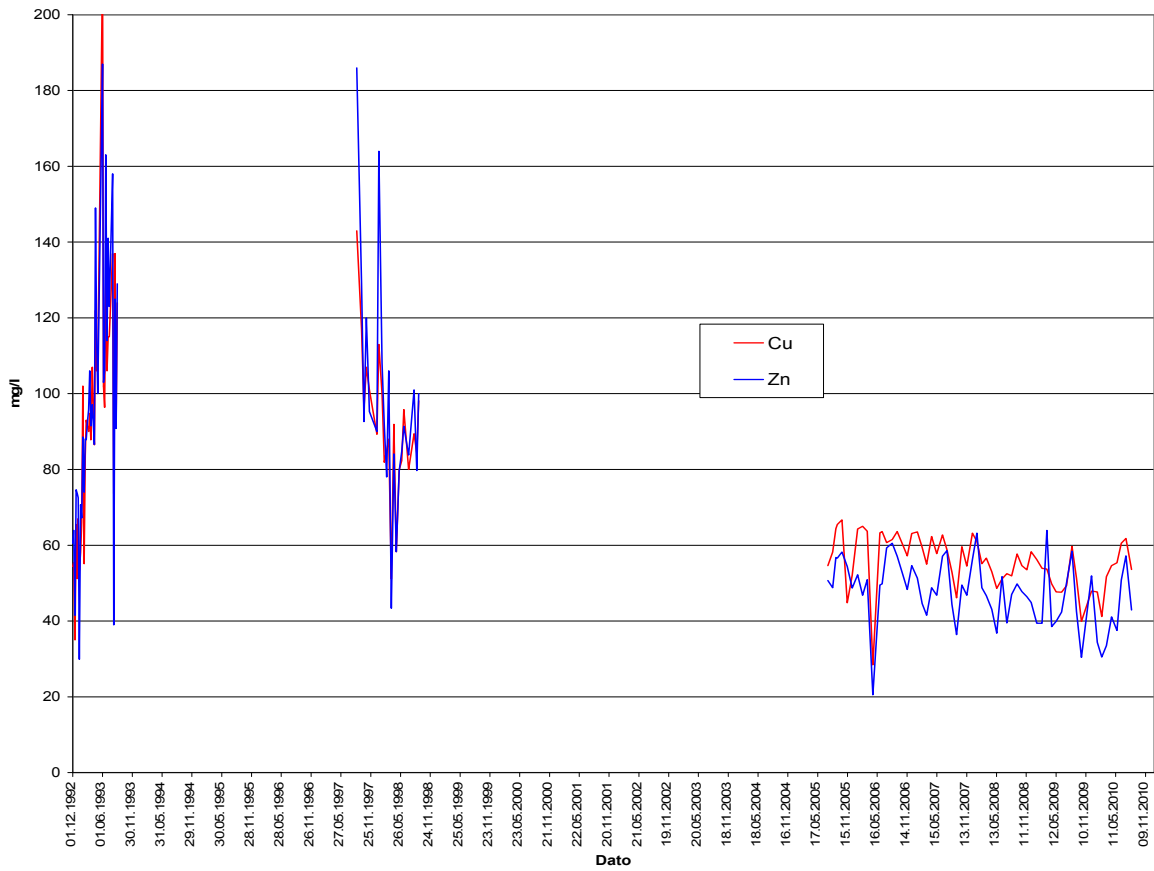
**Tabell 3.** Årlige middelveidier for hydrologiske år for prøver fra Stallgata pst.

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
2008-2009	2,53	459	4079	369	131	519	53,5	46,7	0,199	7,51	0,53	1,81	143	58,8
2009-2010	2,52	456	3945	341	132	530	51,4	41,2	0,179	7,13	0,46	1,78	146	54,3

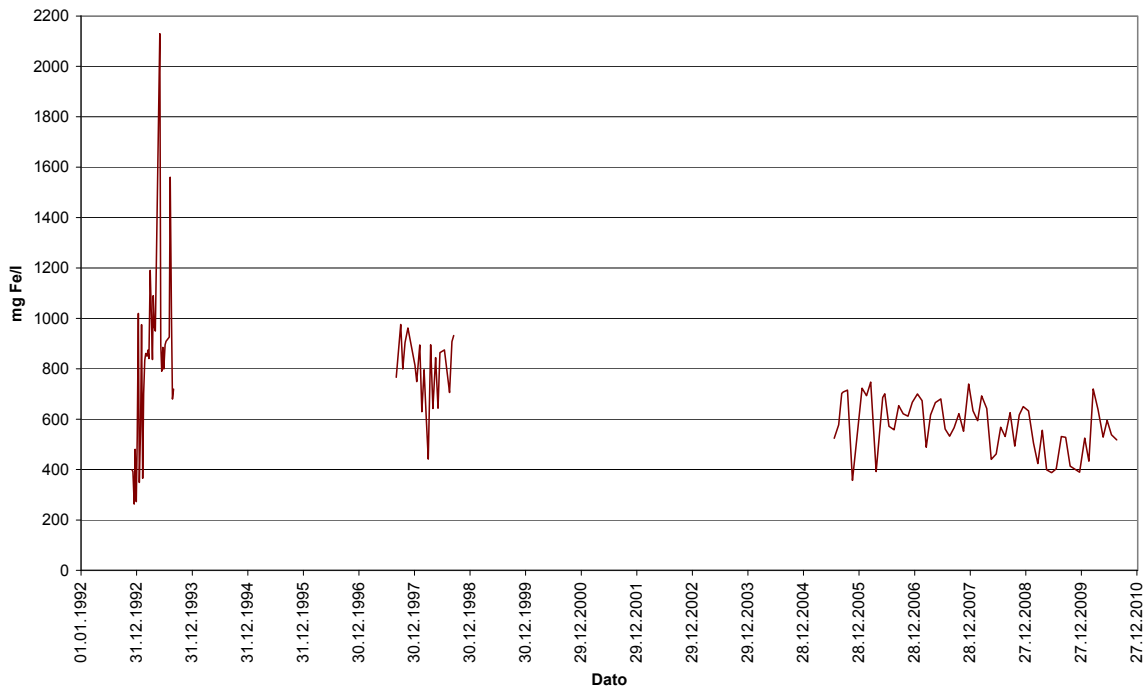
Figur 6 viser at pH-verdiene er forholdsvis stabile, men at tungmetallverdiene er lavere i årene 2005-2010 enn i de to foregående måleperiodene. Tendensen for tungmetallkonsentrasjonene sett over hele perioden 1992-2010 ser ut til å ha en avtakende karakter. Dette bekreftes også av sulfatverdiene. Mye tyder derfor på at omfanget av forvittringsprosesser 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 7 og figur 8). Det er mulig at dette kan ha sammenheng med mer vegetasjon i velteområdet som virker dempende på utvasking ved store nedbørmengder.



**Figur 6.** pH-verdier ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2010.



**Figur 7.** Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2010.



**Figur 8.** Jernkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2010.

### 3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald

Analyseresultater for prøver som er tatt i 2009-2010 er samlet i tabell 24 bakerst i rapporten i vedlegg A. I tabell 4 under er beregnet årlige middelværdier for de syv undersøkelsesperiodene 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
2008-2009	2,33	534,0	5497	184	135,8	1248	52,9	25,8	0,102	4,81	0,29	2,24	157	35,8
2009-2010	2,37	509,1	5089	170	121,3	1186	47,6	21,9	0,093	4,34	0,26	2,02	147	33,6

Som for drensvannet fra Stallgata pumpestasjon har det vært relativt beskjedne endringer i pH-verdiene siden 1992. Metallkonsentrasjonene i perioden 2005-2010 er betydelig lavere enn i de to første undersøkelsesperiodene. Dette gjelder særlig jern, kobber, sink og kadmium. Det samme kan påvises for sulfat. I de to siste årene i 2009-2010 er det registrert noen relativt høye metallkonsentrasjoner og til dels meget lave pH-verdier. Tilsynelatende kan det se ut som om metallkonsentrasjonene for tiden er økende samtidig som pH-verdiene er synkende. Metallkonsentrasjonene er imidlertid fortsatt betydelig lavere enn de var i undersøkelsesperioden 1997-1998.

Det er vanskelig å si noe sikkert om hva som er årsaken til de endringer som påvises. Noen forhold kan ha betydning:

1. I siste periode er prøvetakingsfrekvensen doblet. Vannkvaliteten varierer en del over tid, sannsynligvis pga variasjoner i nedbør og klima. Ved hyppigere observasjoner vil mulighetene for å treffe ekstreme verdier øke.
2. Prøvetakingsstasjonen gir uttrykk for hva som føres inn i Gammelgruva. De er imidlertid usikkert om observasjonene er representative for samlet avrenning fra Nordre berghald.
3. En har ingen oppfatninger om overdekkingen av tippet kan ha endret seg over tid.

I perioder av året kan det observeres betydelige sigevannsmengder i veigrøfta fram til Gammelgruva. Dette sigevannet (se figur 9) kommer fra Nordre berghald og blir ikke samlet opp i drensrøfta i Stallgata. Det ble tatt en stikkprøve av sigevannet den 21.4.2010. Analyseresultatene som er samlet i tabell 5 viser at vannet inneholder betydelige metallkonsentrasjoner. Kobbernivået er f.eks 5 ganger høyere enn i det sigevannet som går inn i Gammelgruva (stasjon B). Vannmengdene ser også ut til å være betydelige. Her må en også ta i betraktning at ukjente vannmengder går i grunnen og er ikke synlige.

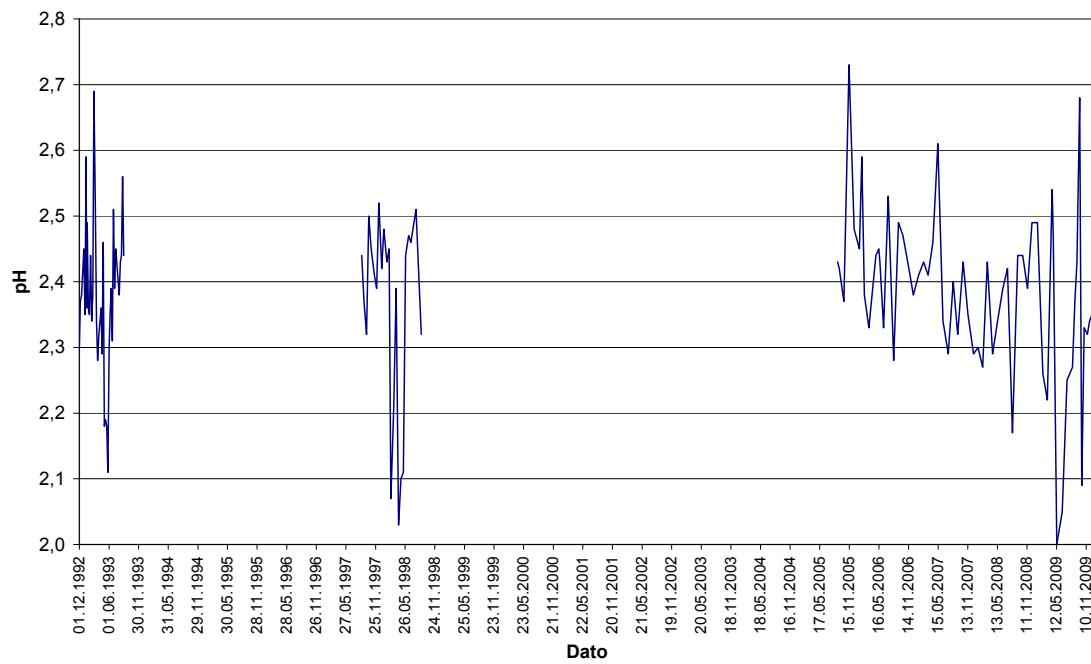
**Tabell 5.** Analyseresultater. Prøve av sigevann i veigrøft under Nordre berghald 21.4.2010.

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
2,49	629	7455	204	296	1630	97,2	63,0	0,240	0,075	9,59	0,63	4,43	318	32,9

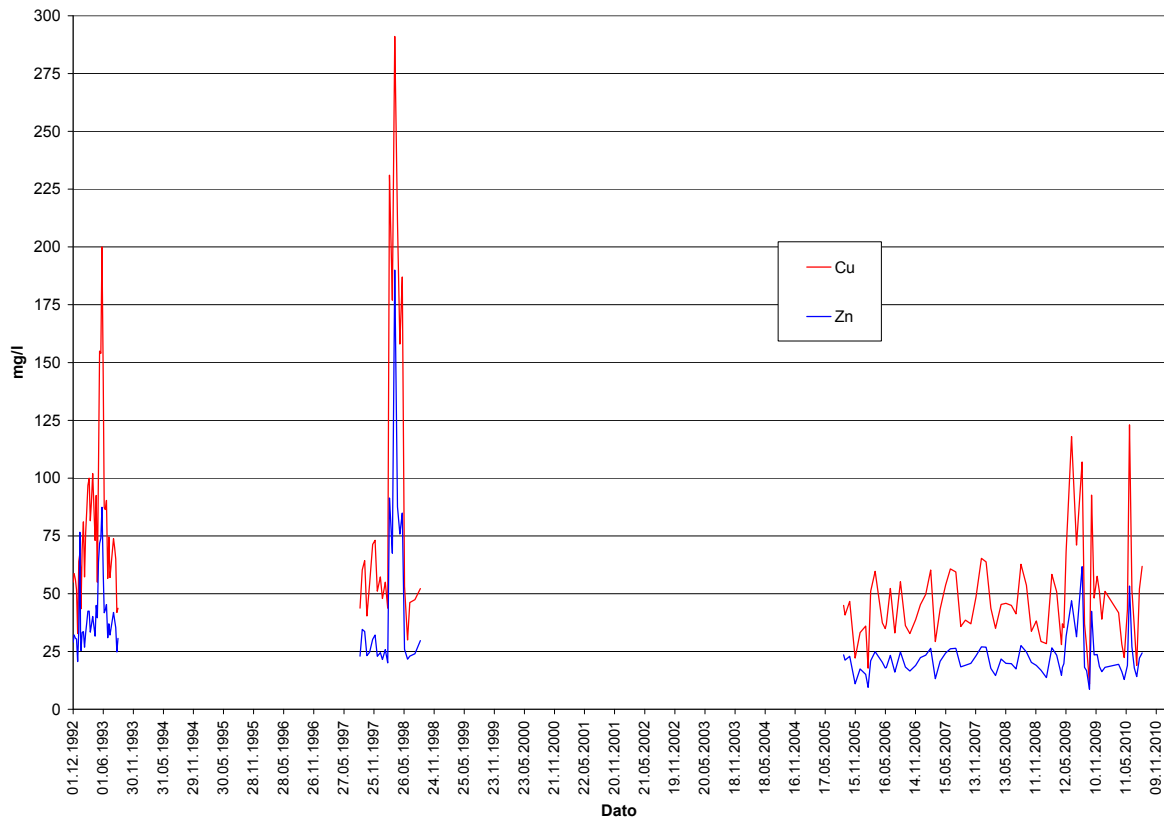




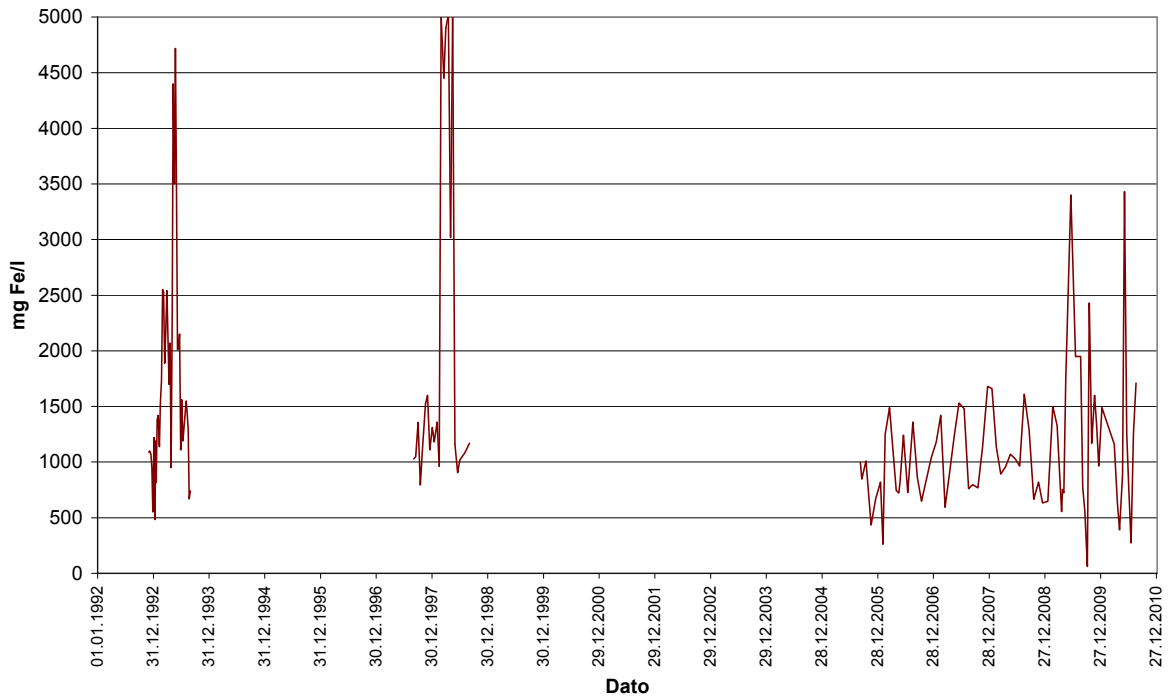
**Figur 9.** Sigevann i grøft under Nordre berghald i april 2010.  
Foto: A. Veidel.



**Figur 10.** pH-verdier ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2010.



**Figur 11.** Kobber- og sinkverdier ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2010.



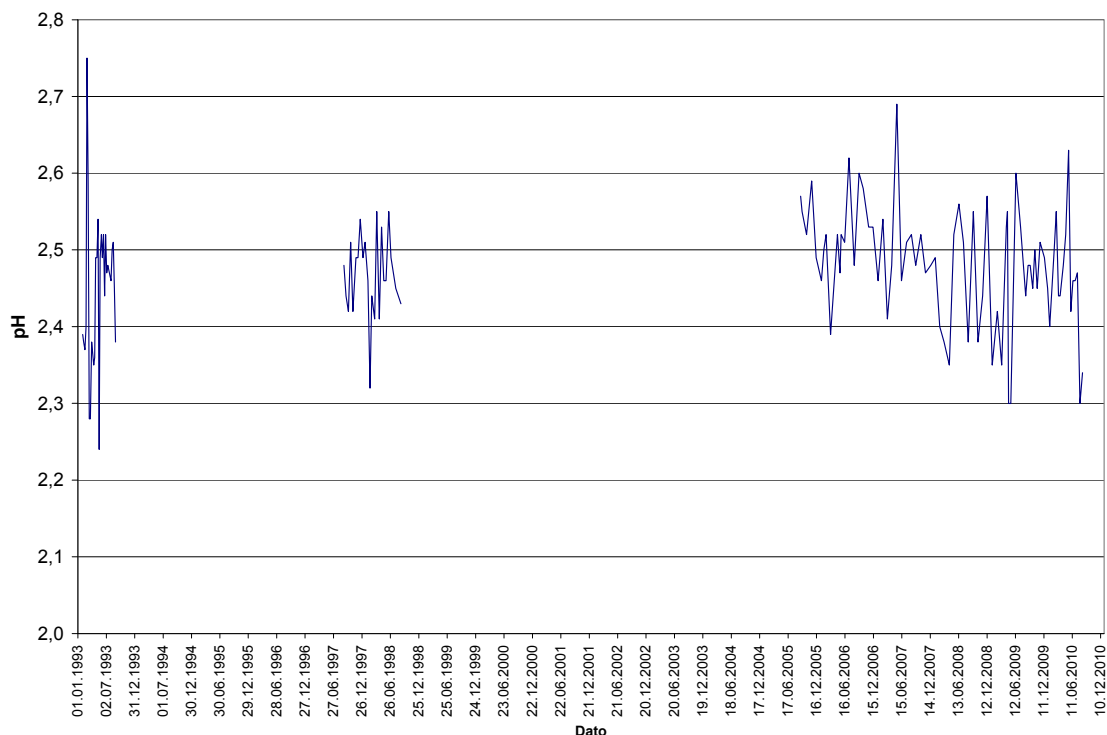
**Figur 12.** Jernkonsentrasjoner ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2010.

### 3.2.3 Stasjon C. Drensrøft i Gammelgruva

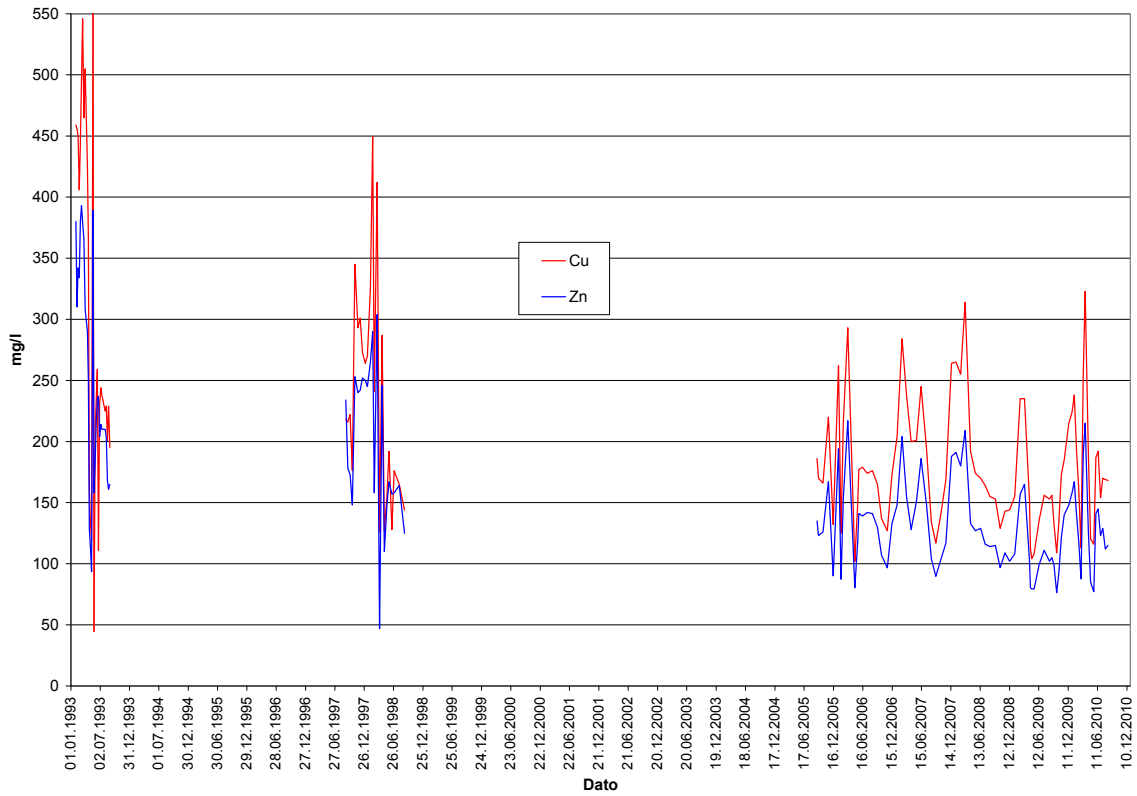
Resultatene for 2009-2010 er samlet i tabell 25 i vedlegg A bak i rapporten. Tabell 6 gir en oversikt over beregnede årsmiddelverdier for alle undersøkelsesperiodene som er gjennomført. Resultatene for perioden 2005 – 2010 viser samme trend som for de to andre stasjonene, men i litt mindre grad. Konsentrasjonsvariasjonene i løpet av året (Cu og Zn, figur 14 og Fe, figur 15) er noe større enn for to andre stasjonene. Metallkonsentrasjonene er klart lavere de fem siste årene enn i de to første periodene. Som for stasjon B er datagrunnlaget forskjellig siste årsperiode i forhold til de foregående idet prøvetakingsfrekvensen for stikkprøvene ble doblet i siste periode.

**Tabell 6.** Årlige middelverdier for hydrologiske år for prøver fra Stasjon C, Grøft i Gammelgruva.

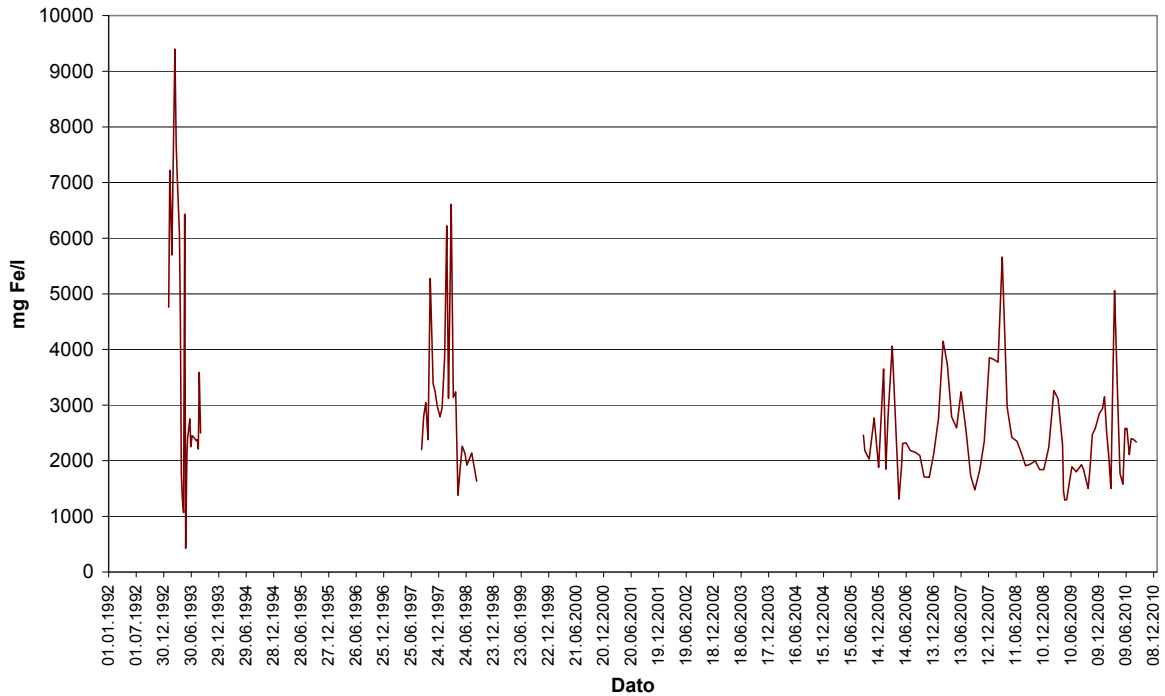
Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,45	915,5	17108	348	706	4119	309	252	0,880	20,1	1,19	9,79	807	38,6
1997-1998	2,47	928,4	14964	311	668	3068	239	198	0,766	18,0	1,17	9,26	753	37,2
2005-2006	2,51	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
2008-2009	2,45	756,8	10476	286	467	2001	151	108	0,413	15,1	1,07	6,81	468	35,8
2009-2010	2,47	874,0	12506	295	578	2492	179	128	0,500	18,0	1,15	8,25	574	37,6



**Figur 13.** pH-observasjoner ved stasjon C, Drensrøft i Gammelgruva, 1992-2010.



Figur 14. Kobber- og sinkobservasjoner ved Stasjon C, Drensrøft i Gammelgruva, 1992-2010.



Figur 15. Jernobservasjoner ved stasjon C, Drensrøft i Gammelgruva, 1992-2010.

### 3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatn-siden

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

I 1984 startet tiltaket med å fylle Wallenberg gruve med vann fra naturlig tilsig. Oppfyllingen ble fulgt opp med peiling av vannstand og prøvetaking i sjakten fra 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. I 2009-2010 er det i perioder tatt ukentlige prøver. Resultatene fra siste års prøvetaking er samlet i tabell 26 i vedlegg A bak i rapporten. Pumpestanden er registrert ukentlig. Tabell 7 gir en oversikt over beregnede tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år.

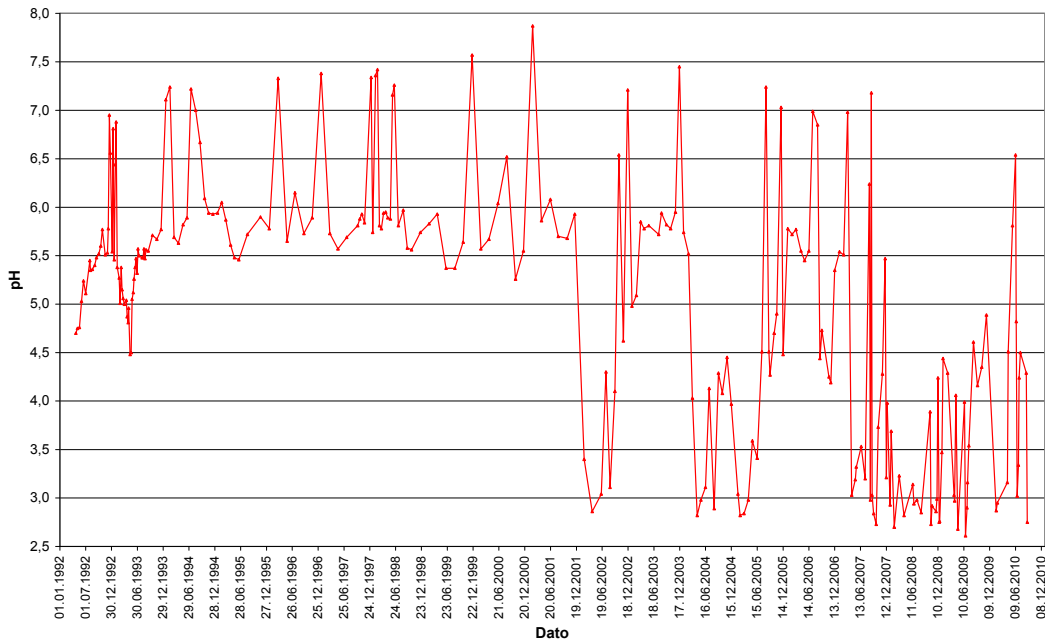
**Tabell 7.** Wallenberg pumpestasjon. Tidsveiede årsmiddelverdier hydrologiske år.

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	24,33	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	14,35	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	17,77	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	12,37	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	14,11	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	14,27	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	19,78	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	12,18	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	12,39	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	27,77	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	14,77	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	19,44	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	31,15	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	12,90	0,026	3,59	0,17	0,55	14,1	0,011	599112
2006-2007	4,54	288,9	2190	388,9	144,7	37,9	195,6	8,32	25,13	0,076	4,40	0,18	0,84	23,3	0,020	631096
2007-2008	3,25	351,1	2595	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
2008-2009	3,35	354,1	2170	352,6	142,6	36,2	192,9	5,23	25,72	0,067	4,15	0,18	0,79	22,9	0,041	468184
2009-2010	3,88	322,8	2314	411,5	168,2	38,1	205,5	4,87	25,47	0,066	4,49	0,27	0,84	25,2	0,051	474165

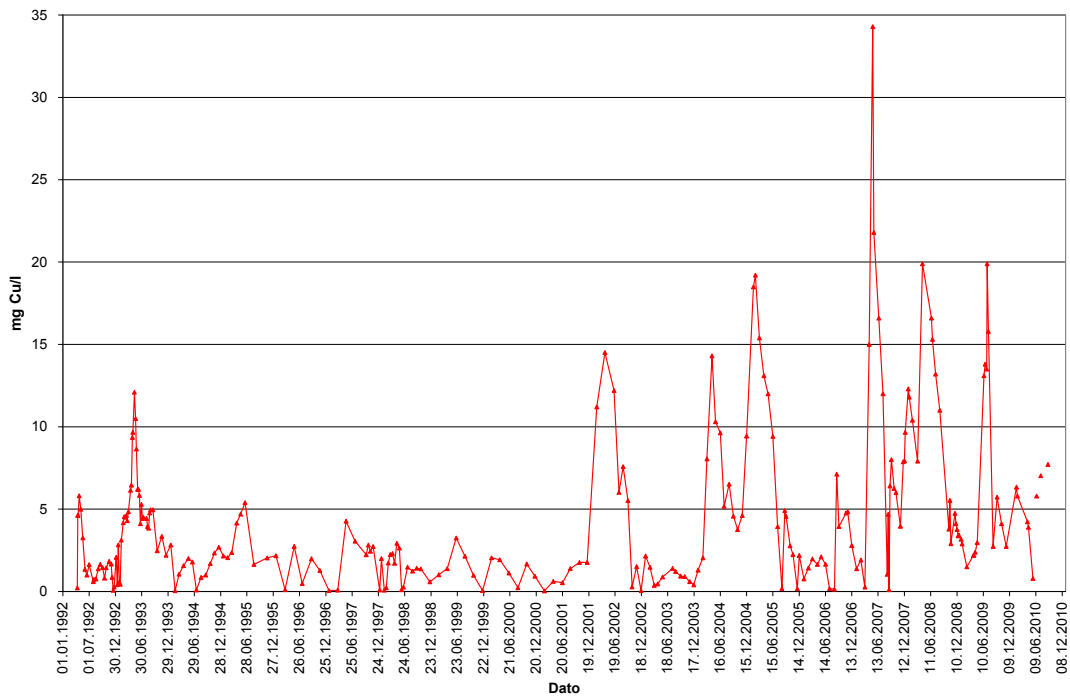
Figur 16 viser resultater for alle pH-målinger av utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon siden starten i 1992. Som kommentert i foregående rapporter har pH-verdier over 6 sammenheng med at pumpestasjonen hovedsakelig pumper overflatevann som har trengt ned i gruva gjennom rasområdet i Fagerliåsen. I 2002 fikk en de første problemer med surt vann. I 2003 var situasjonen normal igjen.

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 kan til dels være vesentlig lavere enn på prøvetakingstidspunktet pga oksidasjon og hydrolyse av toverdige jern i prøveflasken, dvs den samme prosess som pågår ute i Fagerlivatn og Bjørnlivatn.

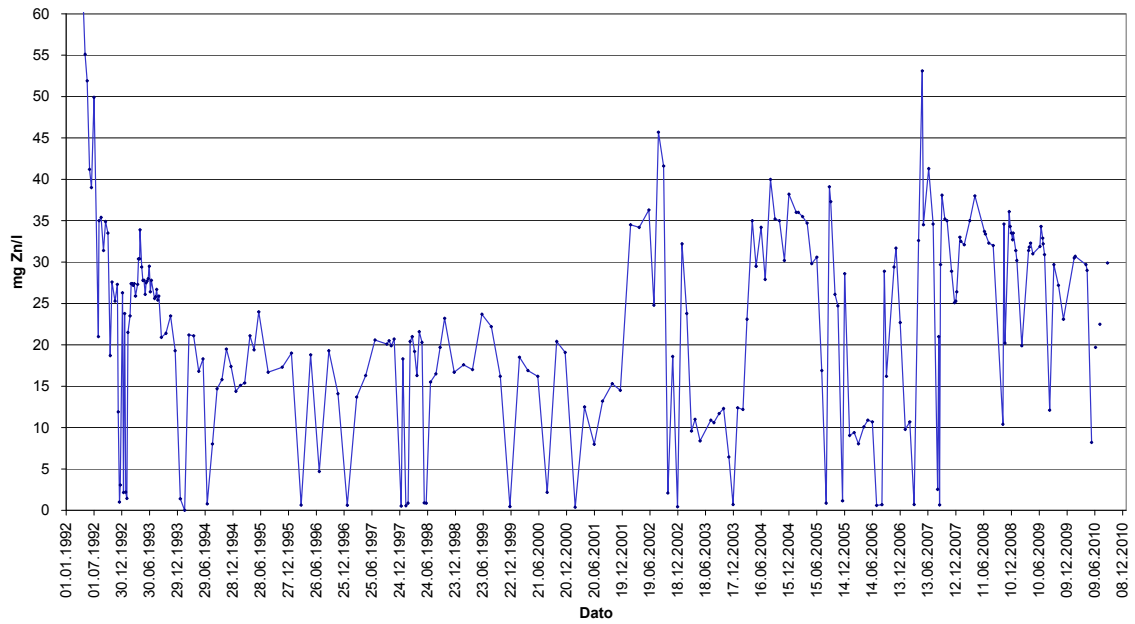
Når pH faller ned mot 3, ser en at dette medfører betydelig økning i metallkonsentrasjonene. Figur 17, figur 18, figur 19 og figur 20 viser hvordan konsentrasjonene av kobber, jern, sink og sulfat har utviklet seg siden 1992.



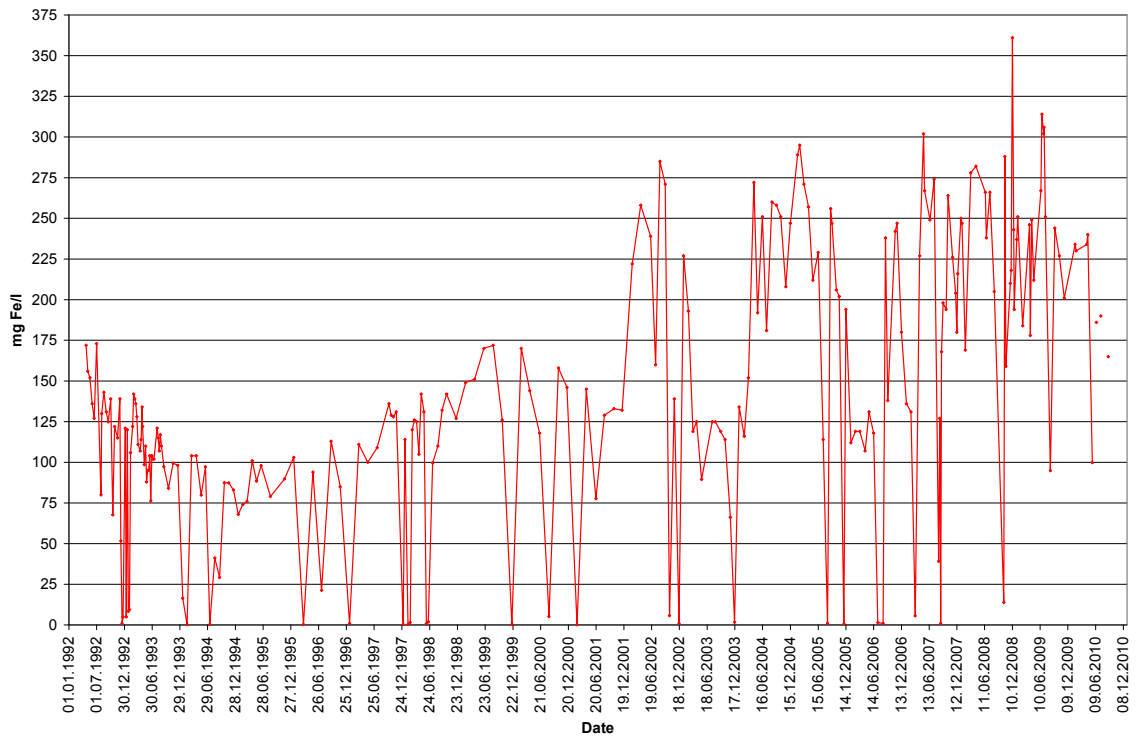
**Figur 16.** Laboratiormålinger av pH i prøver fra Wallenberg pumpeasjon 1992-2010.



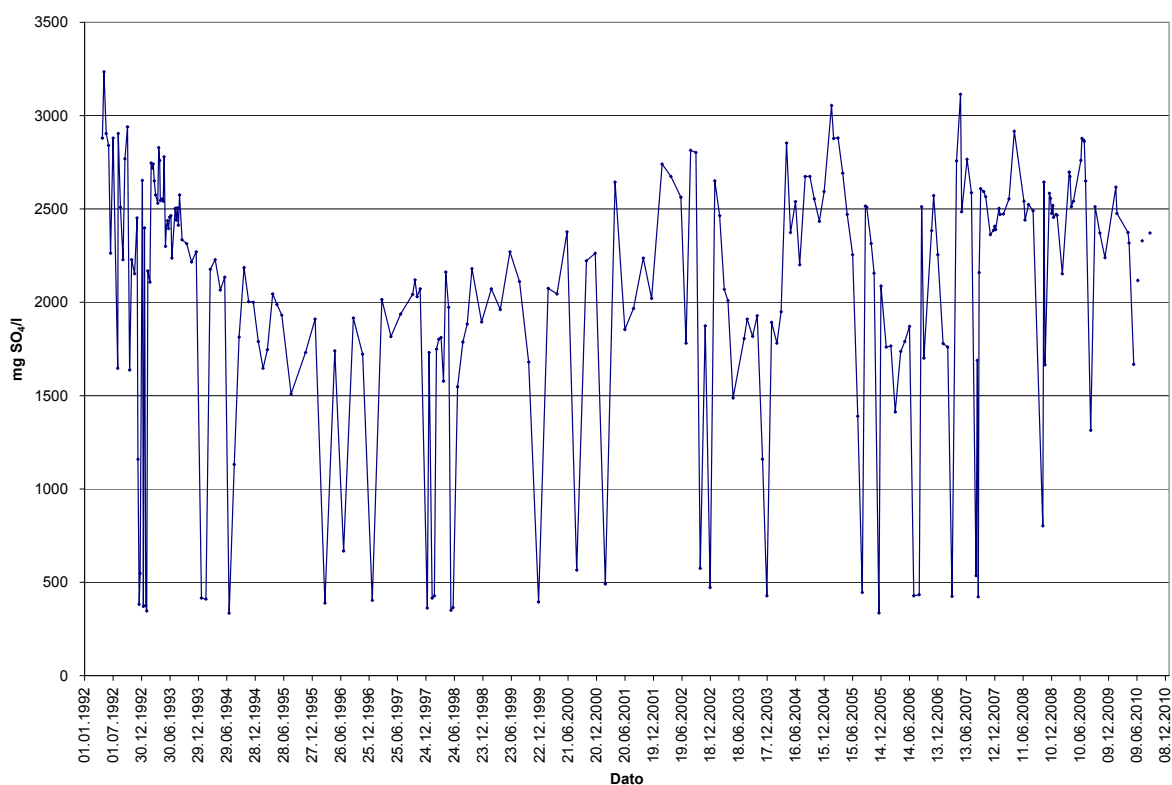
**Figur 17.** Kobberkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpeasjon 1992-2010.



Figur 18. Sinkkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2010.



Figur 19. Jemkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2010.



**Figur 20.** Sulfatkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2010.

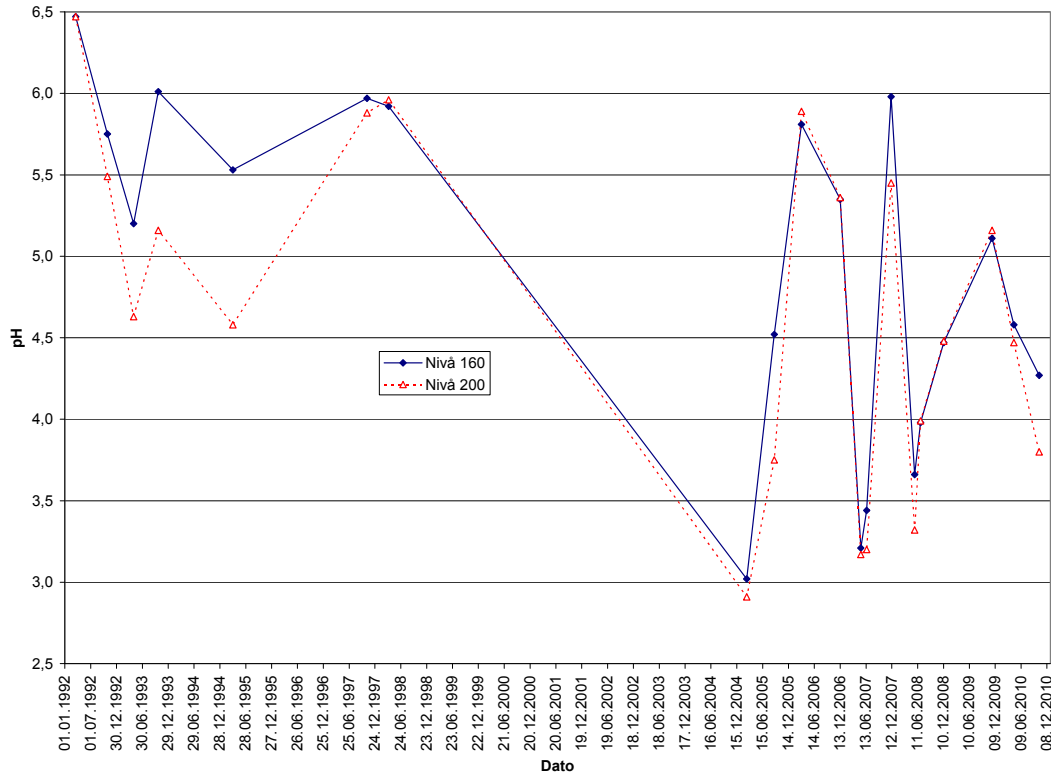
I de to siste år har den hydrauliske belastningen på gruva vært en del mindre enn normalt. Dette betyr at oppholdstiden til inngående vann er lengre. Gruva har derved hatt en større evne til å felle ut treverdige jern og adsorbere kobber. Utslippene av kobber har derfor vært noe mindre enn de har vært i de foregående år. Når en ser på jern er bildet noe forskjellig. Det er utviklingen i de høyeste jernkonsentrasjonene som er mest interessant. Disse forteller oss at "renseprosessen" i gruva er i ferd med gradvis å opphøre. Bortsett fra de to siste år ser en også at sulfatkonsentrasjonene er økende. Dette betyr at omfanget av forvitningsprosessene i den vannfylte gruva er økende når gruva utsettes for stor belastning. Siden den evnen gruva har til å regulere pH er avtakende fører dette til at treverdige jern felles i mindre grad ut og går derfor til angrep på kisflater. En får en oksidasjon av kisminerale med treverdige jern som oksidasjonsmiddel. Dersom en igjen får episoder med høy hydraulisk belastning på gruva vil en trolig også registrere økende kobberverdier i utgående vann. Kobberkonsentrasjonene er mer avhengig av pH-verdiene inne i den vannfylte gruva. Når pH-verdien faller ned mot 3 fører dette også til redusert opptak av kobber på kisflater. "Renseprosessen" stopper opp.

I undersøkelsesperioden 2009-2010 ble det tatt to prøvesnitt i Wallenberg sjakt, i november 2009 og april 2010. Analyseresultatene er samlet i tabell 27 i vedlegget bak.

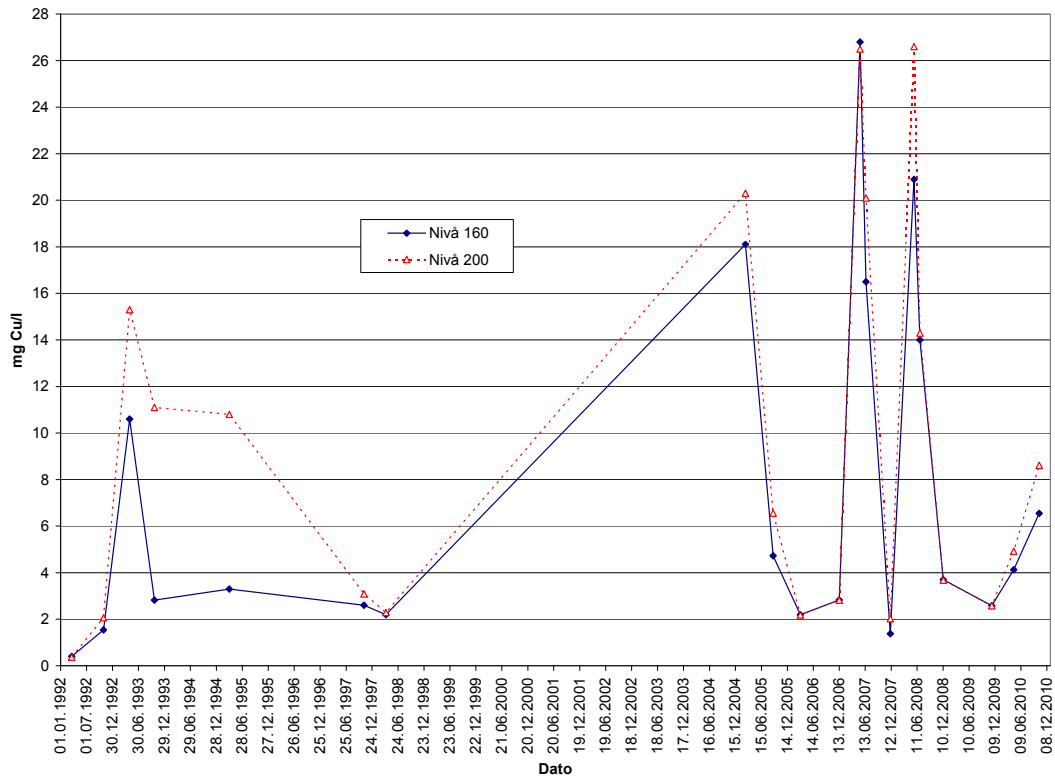
Figur 21, figur 22 og figur 23 viser observasjonsmaterialet for pH, kobber og jern for de to øverste hovednivåene i gruva (160 og 200) i tiden etter at pumpestasjonen ble satt i drift (1992-2010). Resultatene er i samsvar med pumpestasjonen og bekrefter at det sure vannet fra Løkkensiden beveger seg 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. Alle pH-målingene er utført på stedet rett etter prøvetaking slik at en ikke har noen endringer i pH som er oppstått pga lagring av prøvene.



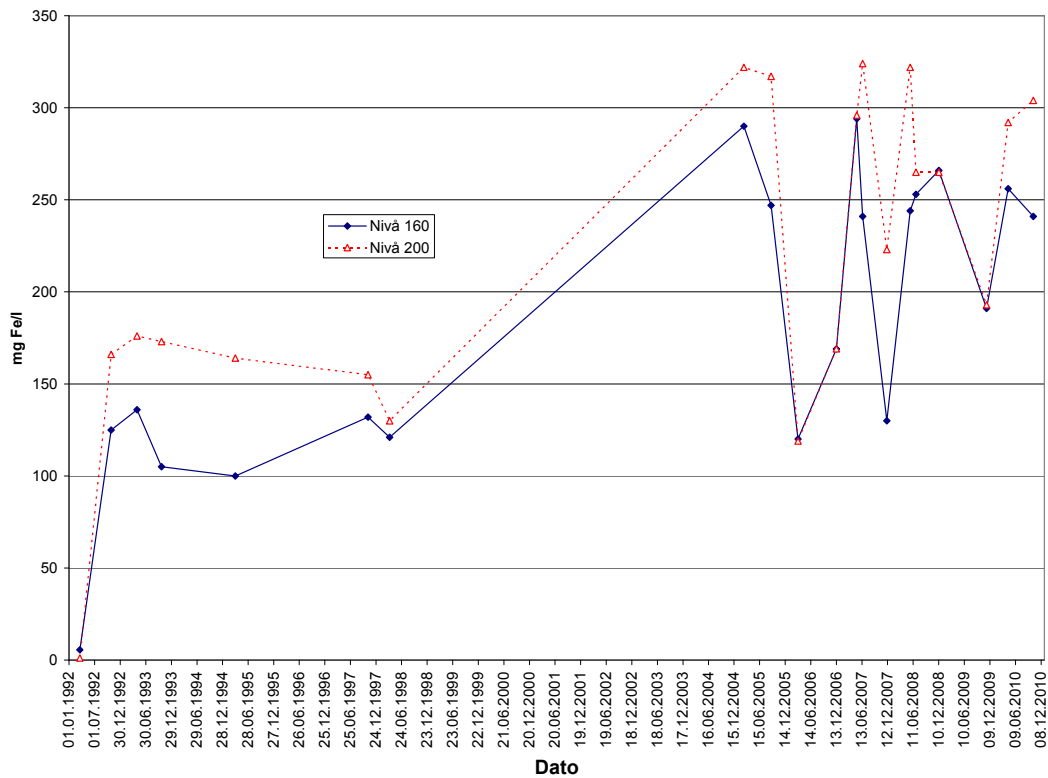
Figur 24 og figur 25 viser hvordan utviklingen har vært mht pH, sulfat, kobber og jern ved et dypere nivå i gruva, nivå 380 siden prøvetakingene startet i 1986. Ved dette nivået kommer også vannet fra Astrup inn. Resultatene viser at situasjonen ser tilnærmet stabil ut. pH-verdiene øker langsomt mens metall- og sulfatkonsentrasjoner viser en svakt synkende tendens. En kan ikke observere noen effekter av tilførselene fra Astrup gruve ved dette nivået.



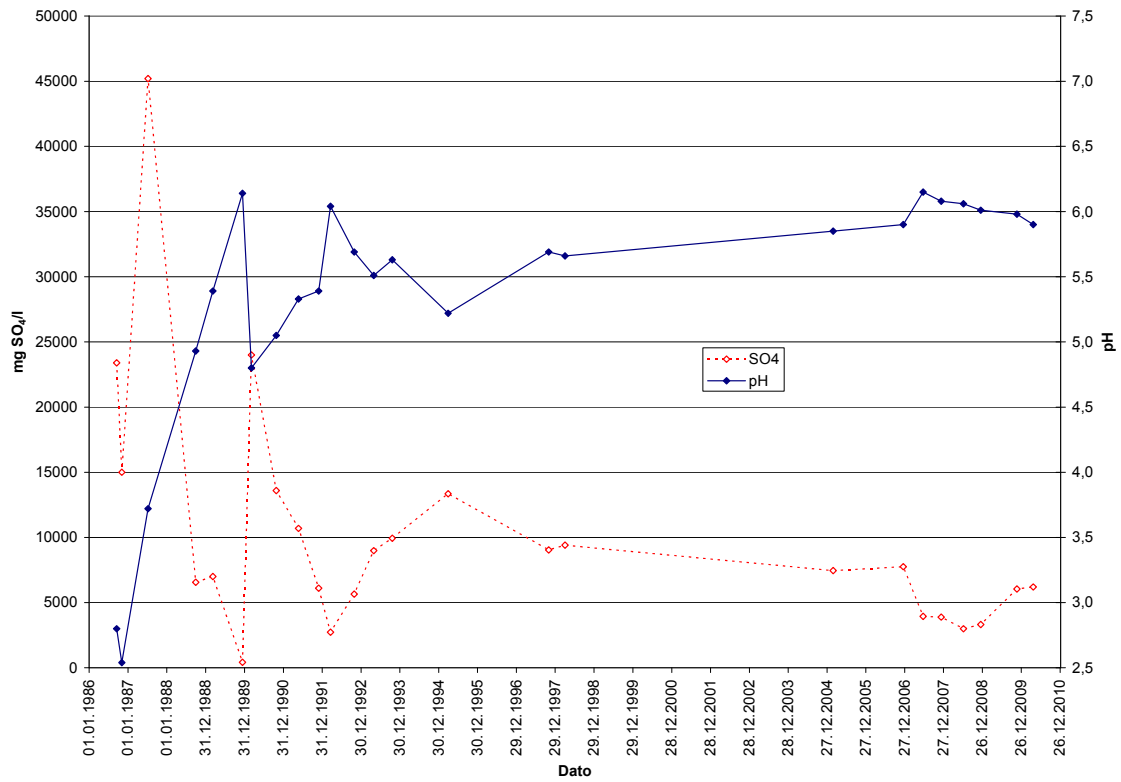
Figur 21. pH-observasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2010.



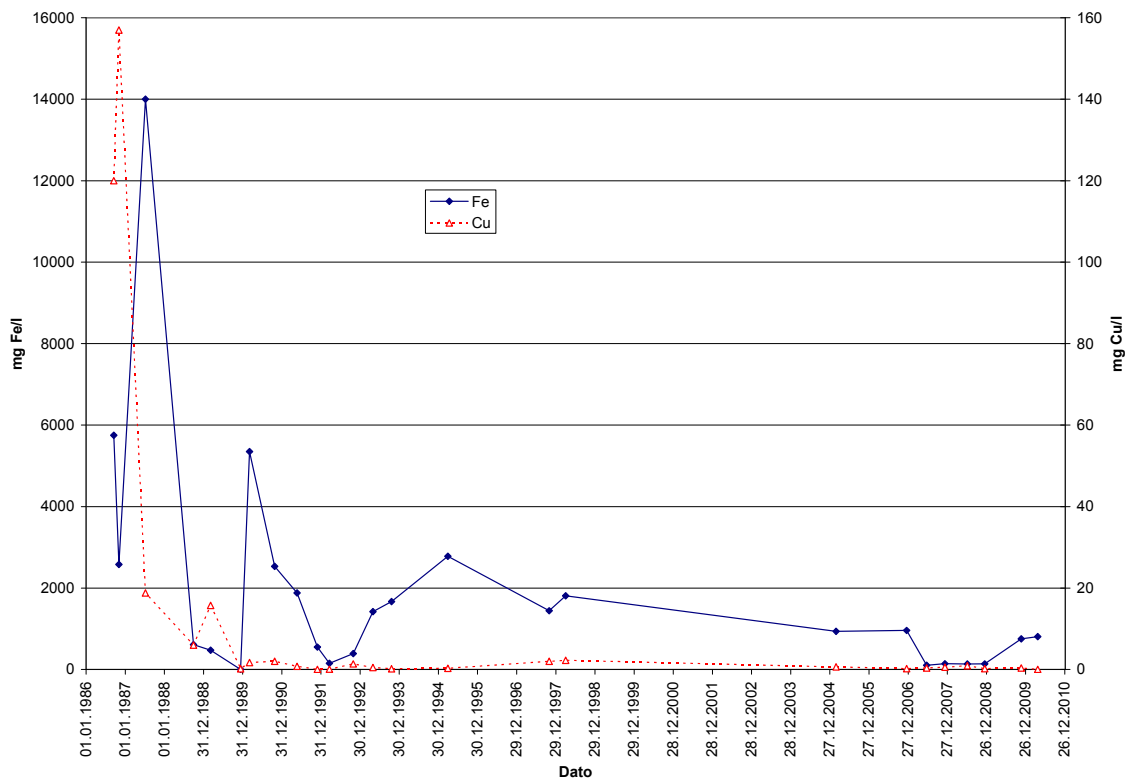
Figur 22. Kobberkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2010.



Figur 23. Jernkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2010.



Figur 24. pH- og sulfatobservasjoner ved nivå 380 i perioden 1986-2010.



Figur 25. Kobber- og jernkonsentrasjoner ved nivå 380 i perioden 1986-2010.

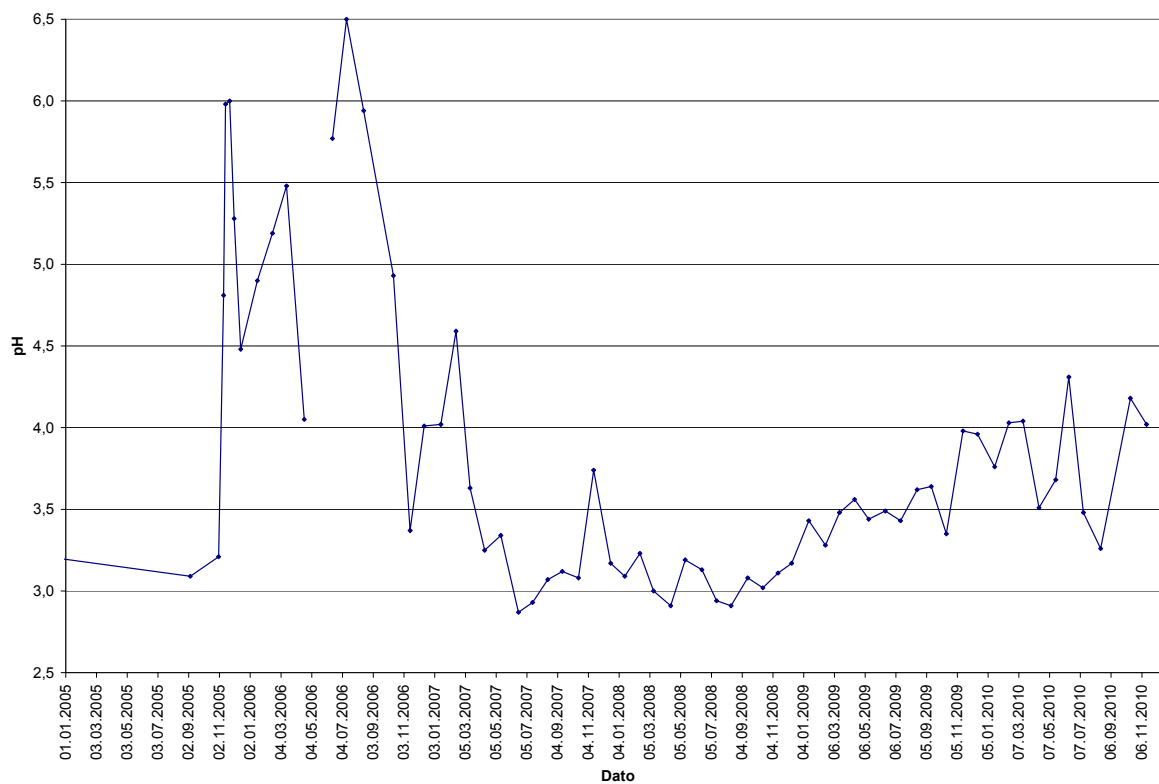
### 3.3.2 Utløp Fagerlivatn

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. Tabell 8 gjengir analyseresultatene for 2009-2010 mens figur 26 viser observasjonsmaterialet for pH for hele perioden 2005-2010.

**Tabell 8.** Analyse av pH og konduktivitet i prøver fra utløpet av Fagerlivatn i 2009-2010.

Prøve tatt	pH	Kond mS/m
14.09.2009	3,64	165,1
14.10.2009	3,35	144,0
16.11.2009	3,98	184,5
15.12.2009	3,96	135,1
18.01.2010	3,76	135,0
15.02.2010	4,03	133,0
15.03.2010	4,04	99,3
16.04.2010	3,51	167,4
19.05.2010	3,68	136,0
14.06.2010	4,31	139,2
13.07.2010	3,48	176,0
16.08.2010	3,26	152,4

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 forurningsreaksjonene 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. Utover i 2009 og 2010 har pH-verdiene økt noe som følge av at gruva har vært mindre belastet og som har ført til mindre utslipp av toverdige jern.



Figur 26. pH-observasjoner ved utløpet av Fagerlivatn 2005-2010.



Figur 27. Utløp Fagerlivatn 2.7.2008.

Foto: E.R.Iversen.

### 3.3.3 Utløp Bjørnlivatn

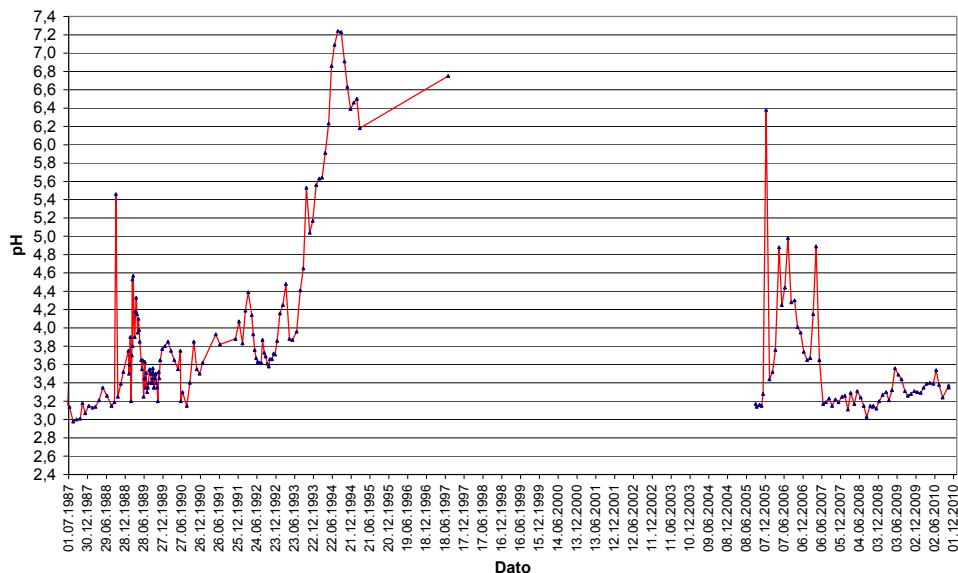
Stasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn er benyttet i en lang rekke år. Den ble opprettet av gruveselskapet i sin tid. Etter at oppryddingstiltakene etter gruvedriften ble avsluttet i begynnelsen av 1990-årene, bedret vannkvaliteten seg betydelig. pH-verdiene steg og metallkonsentrasjonene avtok. Jernkonsentrasjonene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

I tabell 9 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 pumpestation 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 fem siste år med fallende pH-verdier har dette ført til økte jernkonsentrasjoner i Bjørnlivatn igjen. Jernkonsentrasjonene var spesielt høye i 2007-2008 og i 2008-2009 som følge av store utslipp fra gruva. I siste periode avtok kobber- og jernkonsentrasjonene fordi gruva ahr vært mindre belastet de to siste årene sett i forhold til de foregående. pH-verdiene har sunket en del de siste tre år til verdier omkring 3,3 som årsmiddel.

**Tabell 9.** Utløp Bjørnlivatn. Tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år 1972-2010.

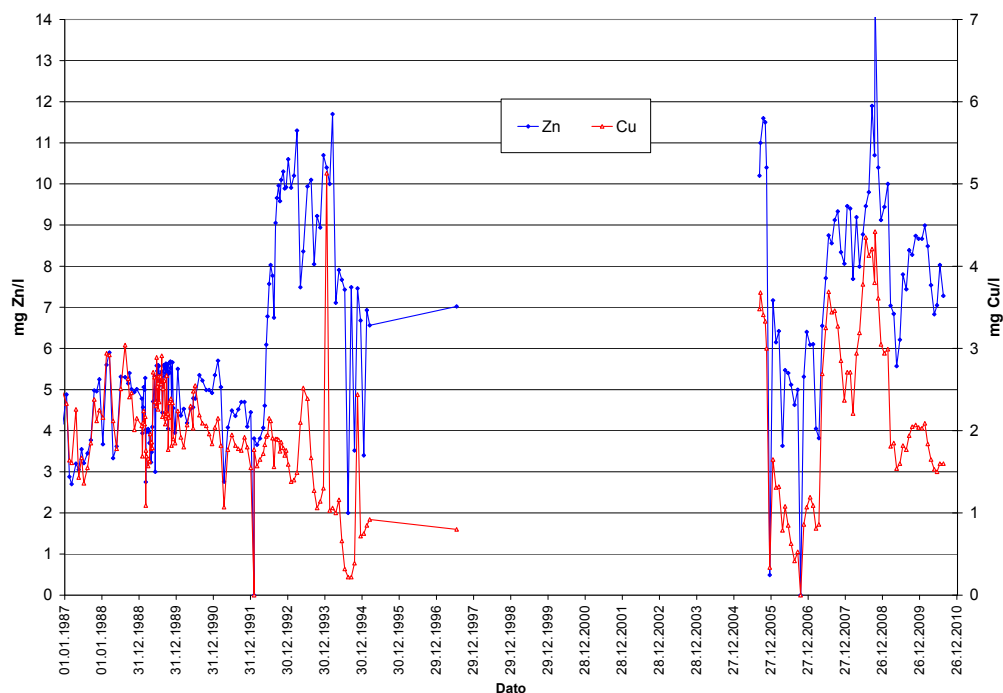
År	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
1972-1973	5,35							1,62	9,54						
1973-1974	4,83							1,45	9,42						
1974-1975	5,27	112,1	500,5	64,4	11,8		1,52	1,03	6,59						
1975-1976	3,94	163,5	706,9	88,4	9,31		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
2008-2009	3,29	130,2	726,4	144,4	37,5	12,03	10,71	2,59	8,68	0,026	1,40	0,063	0,253	7,61	63,3
2009-2010	3,33	136,9	759,9	167,1	45,1	9,19	8,86	1,82	8,06	0,022	1,47	0,064	0,245	7,64	83,1

Figur 28 viser forløpet av pH-observasjonene ved utløpet av Bjørnlivatn etter at driften opphørte 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 3,0-3,5 etter juni 2007. I 2009 og 2010 økte pH-verdiene litt som følge av mindre utslipp fra Wallenberg pumpestasjon.

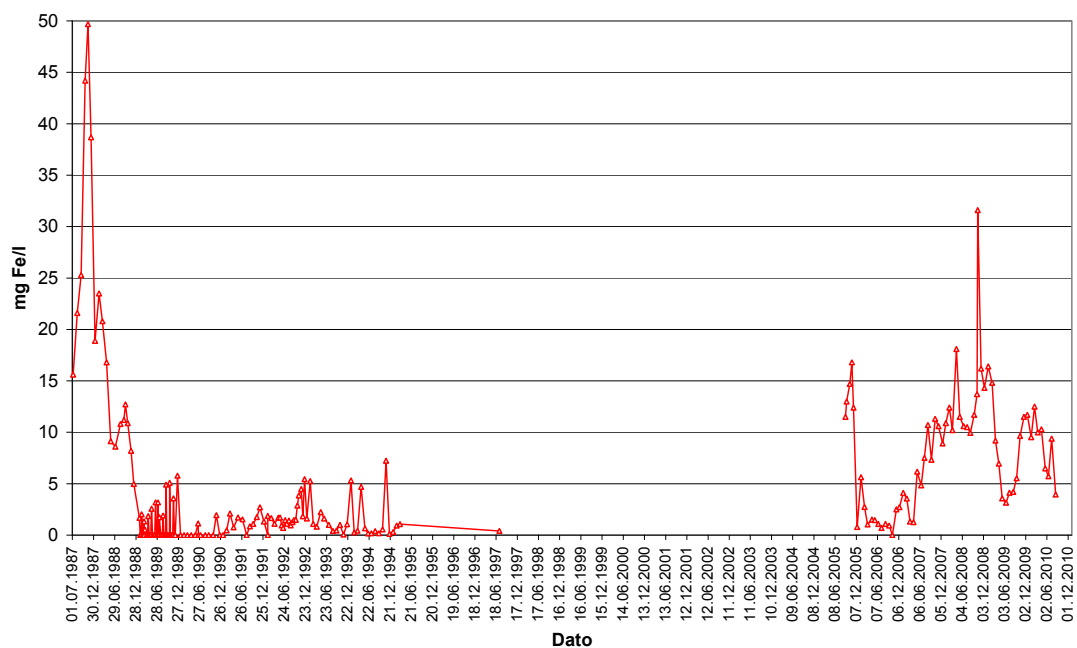


**Figur 28.** pH-observasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2010.

Figur 29 og figur 30 viser det tilsvarende observasjonsmaterialet for kobber, sink og jern. Figurene viser at sinkkonsentrasjonene økte betydelig da Wallenberg pumpestasjon ble satt i drift i april 1992 og har siden ligget en del høyere enn før utslippet fra gruva kom. Kobberkonsentrasjonene økte en del i 2007-2008 pga høye utslipp fra gruva. I 2009-2010 var kobberverdiene vært en del lavere som følge av mindre utslipp fra gruva.



**Figur 29.** Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2010.



**Figur 30.** Jernkonsentrasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2010.

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 dremsvann til gruva ble ledet til Gammelsjakta. Etter sommeren 2006 har kobber- sink- og jernkonsentrasjonene vært økende fram til utgangen av 2008. I løpet av 2009 steg pH-verdiene noe opp til 3,5. Dette har ført til lavere metallkonsentrasjoner. Det er tydelig at når pH synker under 3,5 fører dette til dårligere utfelling av jern. Siden jernutfellingen også har evne til å ta med seg en del kobber vil en ved pH-verdier under 3,5 kunne påvise økte kobberverdier. Figur 31 viser måleresultatene for de kontinuerlige pH-målingene ved målestasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn. I 2010 har pH-verdiene for en stor del ligget i området 3,4-3,5.



**Figur 31.** pH-målinger ved utløpet av Bjørnlivatn i 2009-2010.



### 3.4 Vassdragsstasjoner

#### 3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk

Analyseresultatene for året 2009-2010 er samlet i tabell 29 i vedlegget bak. I tabell 10 er gjort en beregning av tidsveiede årlige middelerverdier for hydrologiske år fra 1989/1990. Fra sommeren 2005 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 fortytningssituasjonen i bekken også var god. Disse episodene har kun gitt seg ubetydelige utslag i årsmiddelerverdiene mht konsentrasjoner.

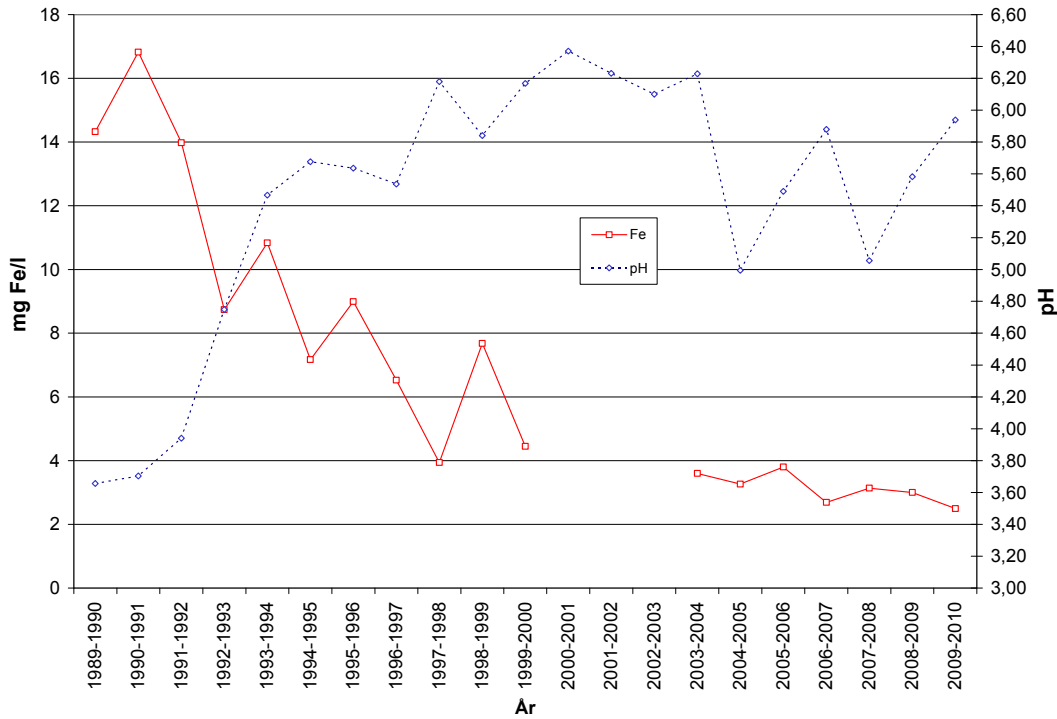
De mest langvarige utslippene var i året 2004-2005. En ser da også at dette ga seg utslag i en lavere middelerverdi for pH. Etter 2005 har det også vært kortvarige utslipp som er ledet til Raubekken. Det er særlig avrenningen fra Nordre berghald som delvis går utenom drens-systemet når det er store nedbørmengder eller mye snøsmelting som er en av hovedkildene for forurensningstilførsler til Raubekken.

**Tabell 10.** Tidsveiede årlige middelerverdier for stasjonen i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2010.

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
2008-2009	5,58	27,9	112,8	29,08	6,21	2,23	3,00	0,53	1,36	3,8	1068
2009-2010	5,94	28,6	112,0	30,94	6,91	1,74	2,50	0,41	1,24	3,3	1087

Høsten 2009 ble stasjonen i Raubekken oppgradert med kontinuerlige målinger av pH og konduktivitet, samt mengdeproporsjonal blandprøvetaking. Analyseresultatene for blandprøvene er samlet i tabell 30 i vedlegget bak i rapporten.

Figur 32 og figur 33 viser en grafisk fremstilling av årsmiddelverdiene for pH, jern, kobber og sink i Raubekken.



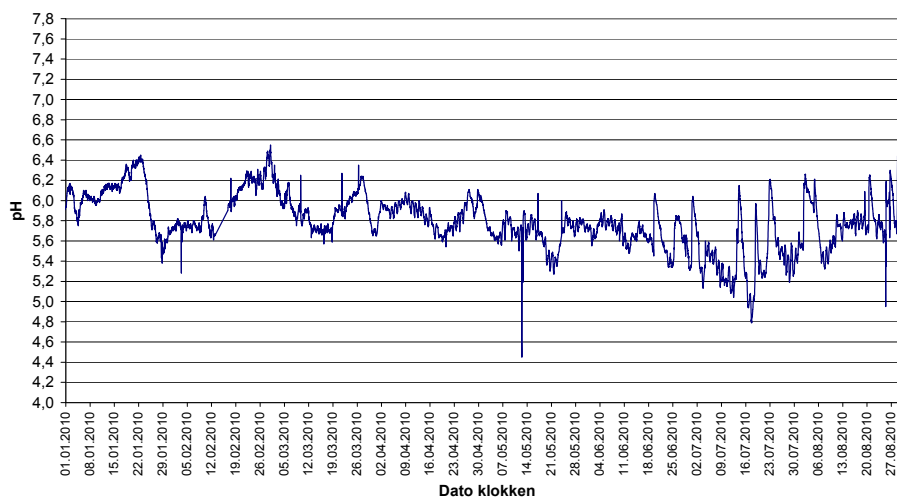
Figur 32. Årsmiddelverdier for pH og jern i Raubekken 1989-2010.



Figur 33. Årsmiddelverdier for kobber og sink i Raubekken 1989-2010.

Etter at siste tiltaksplan ble satt i drift i 1992 har pH-verdiene økt og metallverdiene avtatt. Nødoverløp til Raubekken i 2004-2005 og i 2007-2008 førte til lavere pH-verdier. Årsmiddelverdiene for metaller ble forholdsvis lite påvirket av disse utslippene. I de to siste år har avrenningen fra

området generelt vært lavere. Dette har ført til reduksjon av tilførslene fra Løkken-siden, noe som igjen også har ført til mindre mengder vann som er pumpet ut fra Wallenberg gruve til Fagerlivatn. Figur 34 viser en utskrift av de kontinuerlige pH-målingene i Raubekken i 2010.



Figur 34. Kontinuerlige pH-målinger i Raubekken i 2010.

### 3.4.2 Raubekken ovenfor Løkken ved Statoilstasjonen

For å kartlegge vannkvalitet og spesielt tungmetallnivå i Raubekken før tilførslene fra gruveområdet på Løkken ble det tatt månedlige stikkprøver over ett år. Analyseresultatene er samlet i tabell 11.

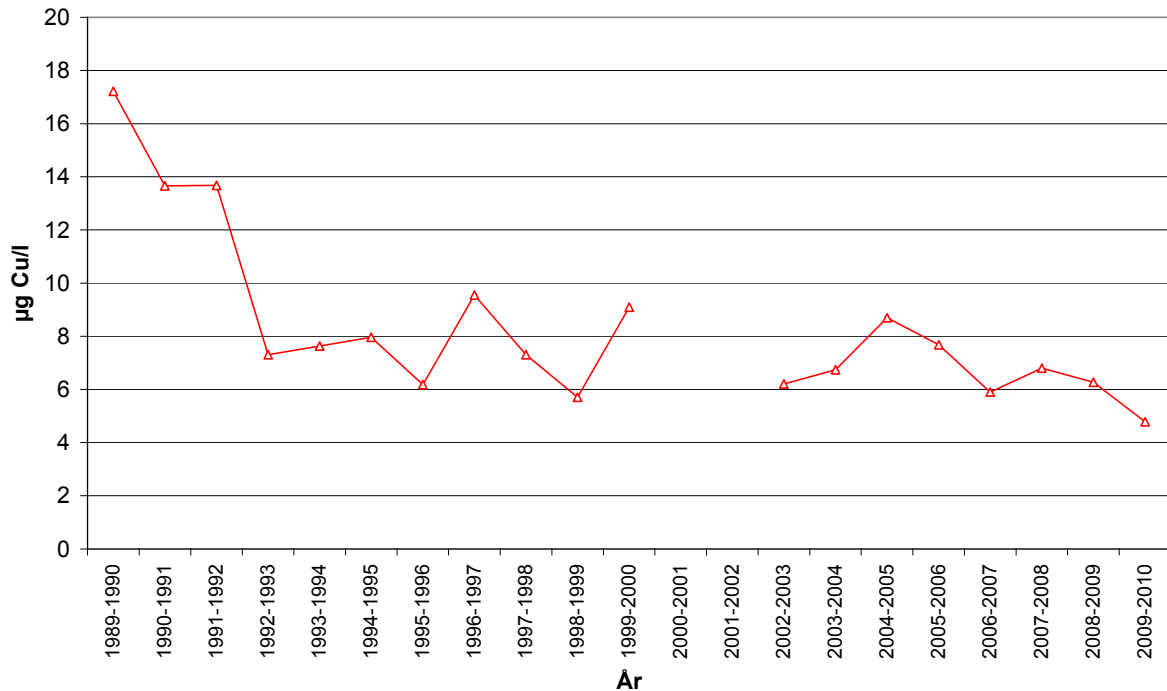
Tabell 11. Analyseresultater. Raubekken ovenfor Løkken gruveområde ved Statoil.

Dato	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Al µg/l
14.09.2009	7,07	7,44	2,69	8,77	0,893	270	2,72	7,41	121
14.10.2009	7,36	7,30	3,60	9,64	0,890	140	2,87	11,8	89,9
16.11.2009	7,06	8,91	4,45	11,3	1,00	100	2,50	11,3	43,7
15.12.2009			3,05	9,23	0,89	170	2,59	7,07	75,7
18.01.2010	7,10	8,42	3,96	11,5	1,05	64	4,19	6,33	48,5
15.02.2010	7,27	8,25	3,64	10,8	1,02	63	2,24	6,24	46,4
15.03.2010	7,39	10,4	4,30	13,6	1,23	150	2,46	8,39	41,1
16.04.2010	6,90	5,48	2,80	7,10	0,70	160	5,59	9,60	99,6
19.05.2010	7,04	5,63	2,00	5,94	0,61	120	2,26	9,45	76,9
14.06.2010	7,24	5,32	2,42	6,93	0,72	140	2,93	8,38	81,5
13.07.2010	7,26	8,09	3,65	10,60	1,01	120	4,37	10,50	53,2
16.08.2010	6,61	9,06	4,10	13,70	1,10	120	3,02	11,20	35,5
Gj.snitt	7,12	7,66	3,39	9,93	0,93	135	3,15	8,97	67,8
Maks.verdi	7,39	10,40	4,45	13,70	1,23	270	5,59	11,80	121
Min.verdi	6,61	5,32	2,00	5,94	0,61	63	2,24	6,24	35,5

Resultatene viser som forventet lave verdier for kobber. Resultatene for sink tyder på noen tilførsler fra bebyggelsen og trafikk i området.

### 3.4.3 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 31 i vedlegget bak er samlet resultatene for prøvetakingene i 2009-2010. I tabell 12 er beregnet tidsveiede årsmiddelverdier for noen viktige metaller for hydrologiske år fra 1989. I figur 35 er årsmiddelverdien for kobber fremstilt grafisk.



**Figur 35.** Tidsveiede årsmiddelverdier for kobber i Orkla ved Vormstad 1989-2010.

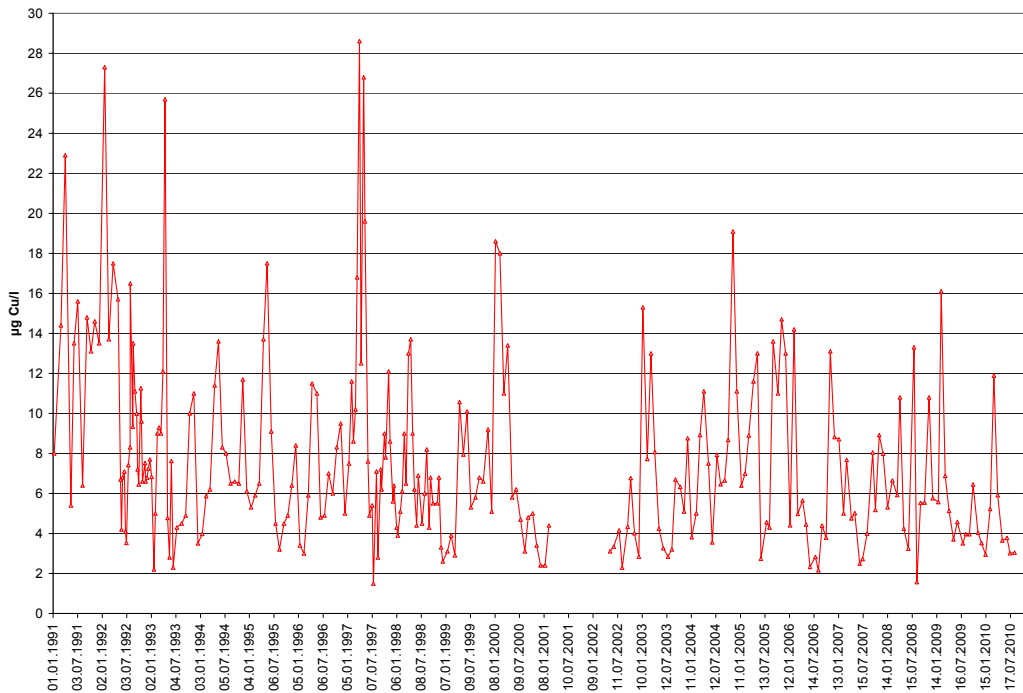
En ser at middelverdien for kobber har ligget under målet på 10 µg/l i alle år etter at tiltaksplanene ble satt i drift.

Når det gjelder å vurdere faren for eventuelle uønskede biologiske effekter er det også viktig å ha tilsyn med øyeblikksverdiene. Figur 36 viser observasjonsmaterialet for kobber i årene 1991-2010. Figuren viser at en har hatt flere episoder med verdier over 10 µg/l kobber. I de senere år ser en at nødutslipp av drensvann 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 2009-2010 hadde en kobberverdi over 10 µg/l i mars måned 2010 (11,9 µg/l).

Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF) har skjerpet kravet til kobberkonsentrasjon i Orkla ved at verdien til enhver tid skal være mindre enn 10 µg/l etter at de noe tiltakene er gjennomført. Dette innebærer at metalltilførselene fra Løkken gruveområde må reduseres ytterligere i forhold til dagens situasjon.

**Tabell 12.** 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
2008-2009	117	6,3	14,7	73,8
2009-2010	145	4,8	12,3	77,7



**Figur 36.** Kobberobservasjoner i Orkla ved Vormstad 1991-2010.

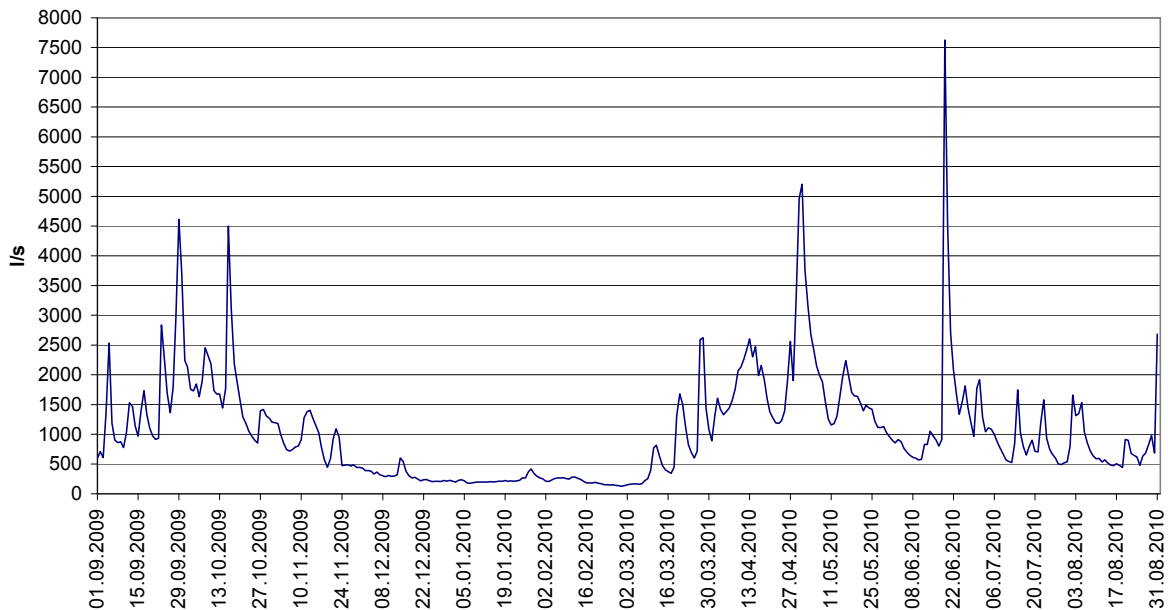
## 4. Massebalanse

### 4.1 Vannbalanser

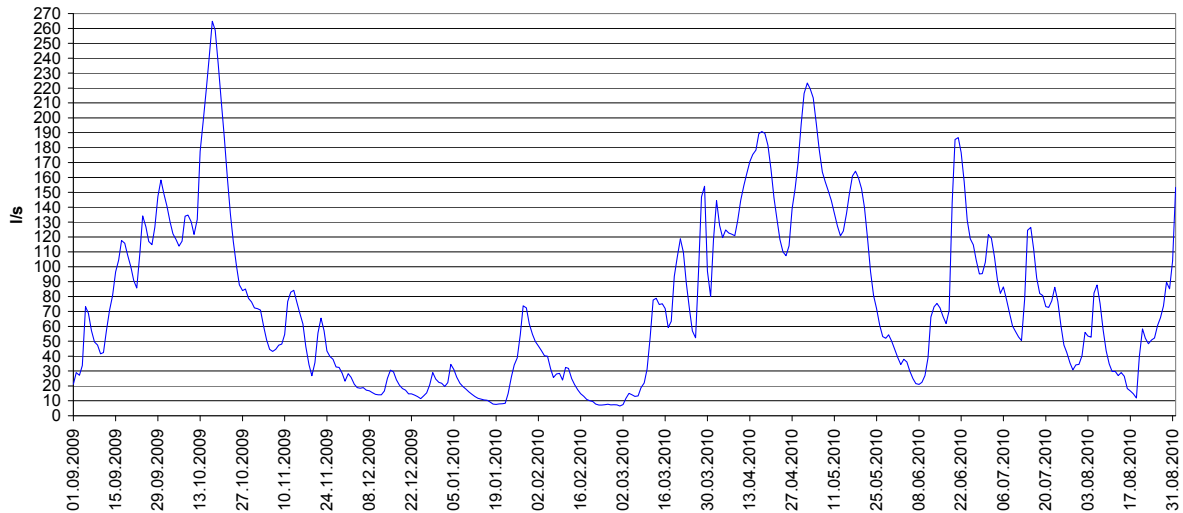
#### 4.1.1 Bjørnlivatn – Raubekken

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. I november 2009 ble stasjonen oppgradert med bl.a fjernavlesning av måledata for vannføring. Loggeren beregner automatisk vannføringen ut fra måling av overløpshøyde og vannføringskurven for profilen som ble laget av KVO i 1989. Vannføringen logges nå 2 ganger i timen. Figur 37 viser forløpet av vannføringsobservasjonene i 2009-2010.

Ved utløpet av Bjørnlivatn ble den gamle 120 graders trekantprofilen i stål satt på plass igjen for programmets start i juli 2005. Overløpshøyden ble registrert 1 gang i timen fram til 26. mars 2009. Da ble en ny monitor montert med mulighet for avlesning på web. Målefrekvensen er 2 ganger pr. time. Vannføringen beregnes vha formel for 120 graders trekantoverløp. Figur 38 viser hvordan døgnmiddelvannføringen varierte i året 2009-2010 ved utløpet av Bjørnlivatn.



**Figur 37.** Døgnmiddelvannføringer i Raubekken i 2009-2010.



**Figur 38.** Døgnmiddelvannføringer ved utløpet av Bjørnlivatn i 2009-2010.

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 pumpestasjon som ble satt i drift i april 1992. Det var flere flomtoper i løpet av den siste året. Den høyeste vannføringen i Raubekken ble målt den 19.6.2010 etter et karftig regnvær. Da ble det målt ca. 7,6 m<sup>3</sup>/s som døgnmiddelvannføring. Under vårfloppen var høyeste døgnmiddelvannføring 4,6 m<sup>3</sup>/s. Ved utløpet av Bjørnlivatn ble høyeste vannføring målt den 13/10-09. Døgnmiddelvannføringen den dagen ble målt til 265 l/s. De høyeste vannføringene inntreffer ofte i perioder med mildvær med regn og snøsmelting. Laveste vannføring ved utløpet av Bjørnlivatn ble observert til 6,6 l/s den 1. mars 2010. Det var da intet utslipp fra Wallenberg pumpestasjon. Ved hjelp av døgnmiddelvannføringene har en i tabell 13 beregnet årsavrenningen og gitt en oversikt over middelvannføring, samt høyeste og laveste døgnmiddelvannføring.

Avrenningen fra Bjørnlivatn utgjør ca 5-7 % av samlet avrenning i Raubekken i følge målingene som er gjennomført de 5 siste år.

**Tabell 13.** Avrenning fra Bjørnlivatn og i Raubekken i perioden 2005-2010.

		<b>Raubekken</b>				
		<b>2005-2006</b>	<b>2006-2007</b>	<b>2007-2008</b>	<b>2008-2009</b>	<b>2009-2010</b>
Avrenning	m <sup>3</sup>	34186727	46423605	45596457	35661959	32612735
Gj.snitt	l/s	1084	1472	1442	1131	1046
Max	l/s	7700	7855	7027	6913	7626
Min	l/s	55	75	198	361	125
Median	l/s	684	1139	1109	735	849

		<b>Bjørnlivatn</b>				
		<b>2005-2006</b>	<b>2006-2007</b>	<b>2007-2008</b>	<b>2008-2009</b>	<b>2009-2010</b>
Avrenning	m <sup>3</sup>	2184444	2891154	2795943	1784318	2373096
Gj.snitt	l/s	66,1	91,7	102,1	57,7	75,3
Max	l/s	296	291	281	246,5	265
Min	l/s	2,48	12,8	8,3	4,36	6,6
Median	l/s	50,4	80,9	71,6	41,3	60,8

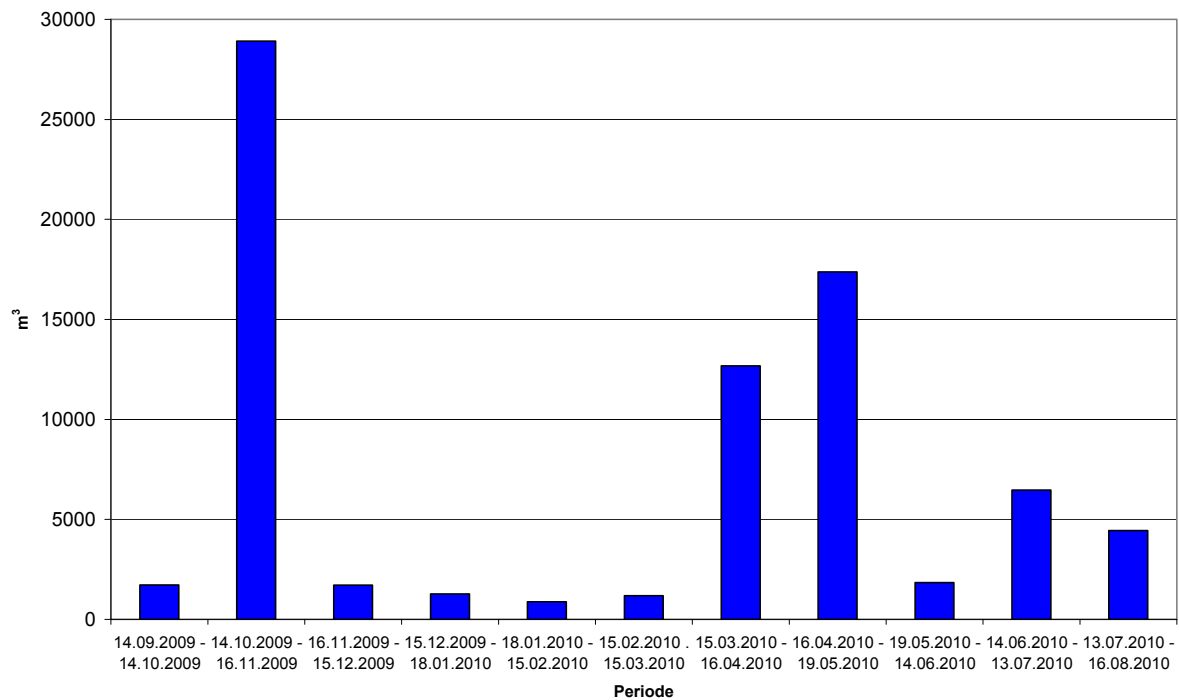
#### 4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve

Wallenberg gruve får tilførsler fra følgende kilder:

- Fra Stallgata pumpestasjon (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. Pumpestasjonen 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 pumpestasjon leses pumpestanden av ved hver prøvetaking. Figur 39 viser grafisk utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking i perioden 2009-2010. Det ble pumpet mest vann i oktober 2009. I Tabell 14 er beregnet årsvolumer for de periodene en har data for.

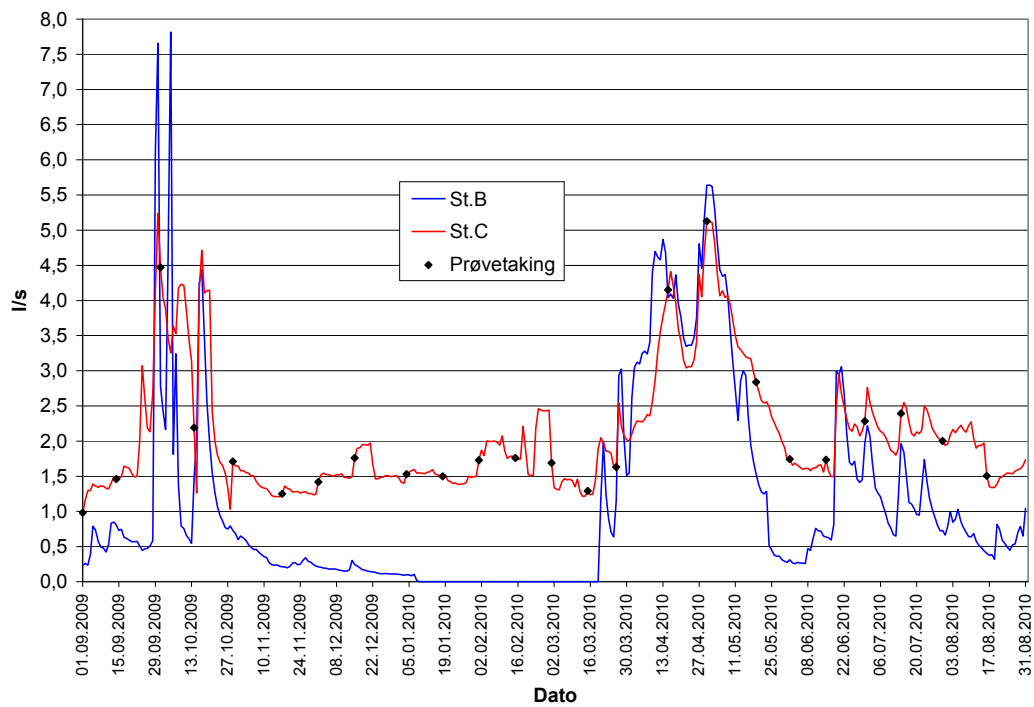


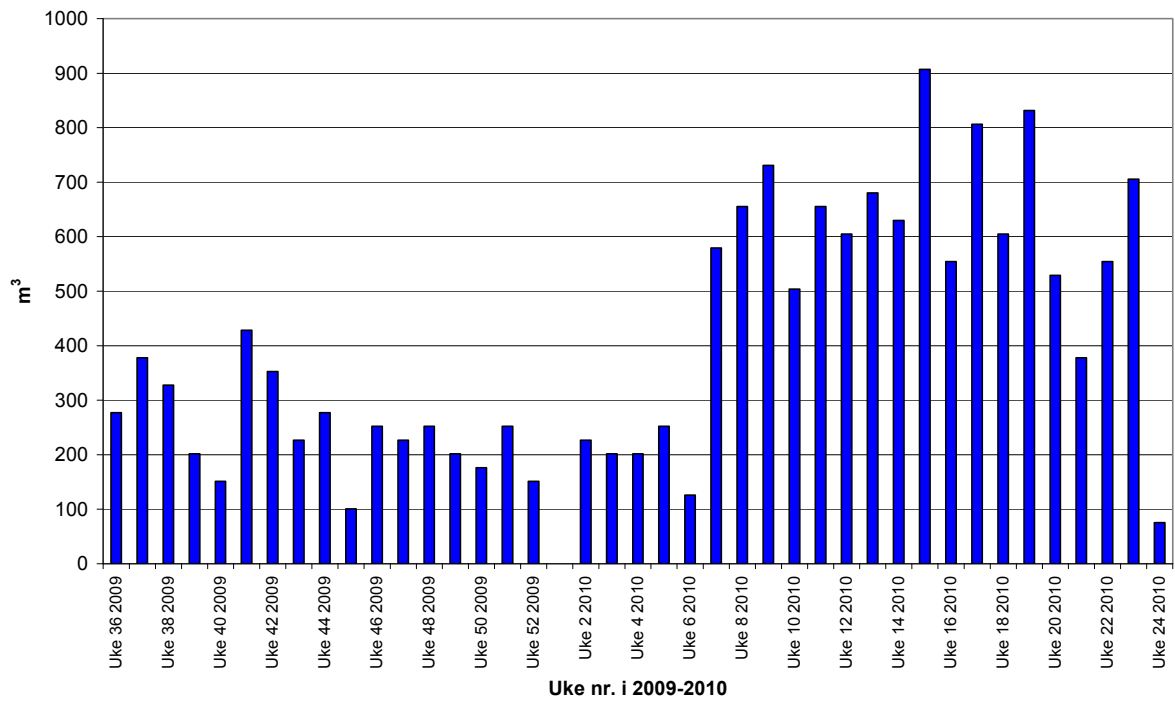
**Figur 39.** Stasjon A. Stallgata pumpestasjon. Utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking.



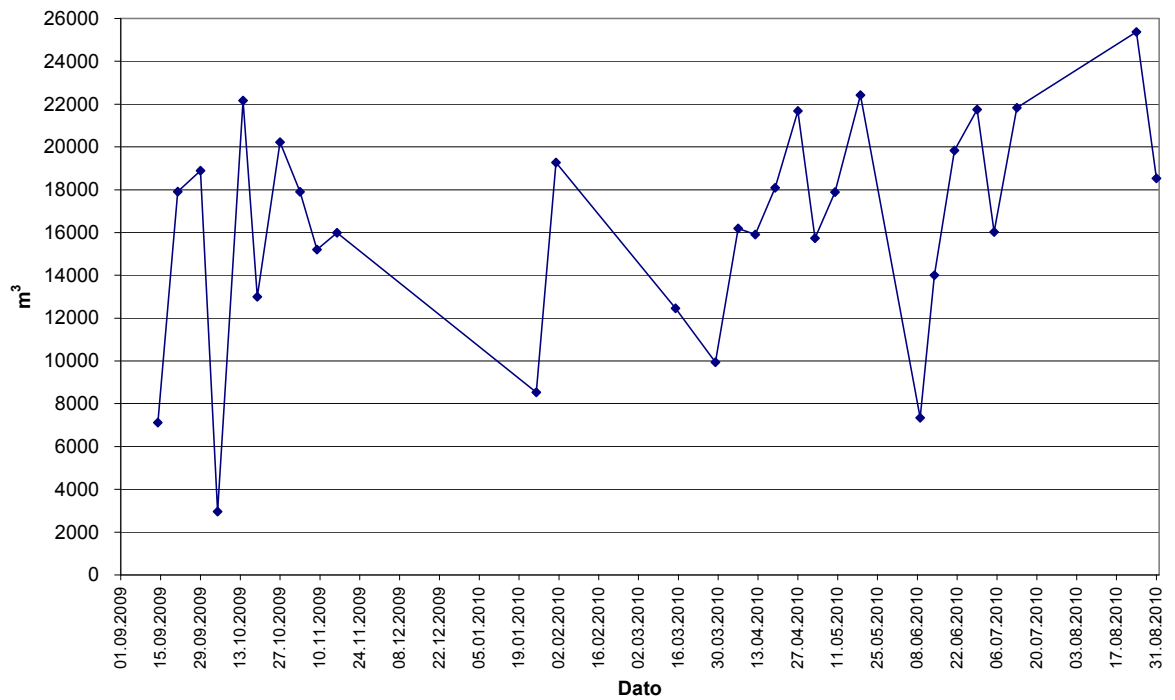
**Tabell 14.** Årsvolumer ved Stasjon A – Stallgata pumpestasjon.

Periode	m <sup>3</sup>
1997-1998	72497
2002-2003	48603
2003-2004	79000
2004-2005	158757
2005-2006	73211
2006-2007	83663
2007-2008	80109
2008-2009	57406
2009-2010	78483

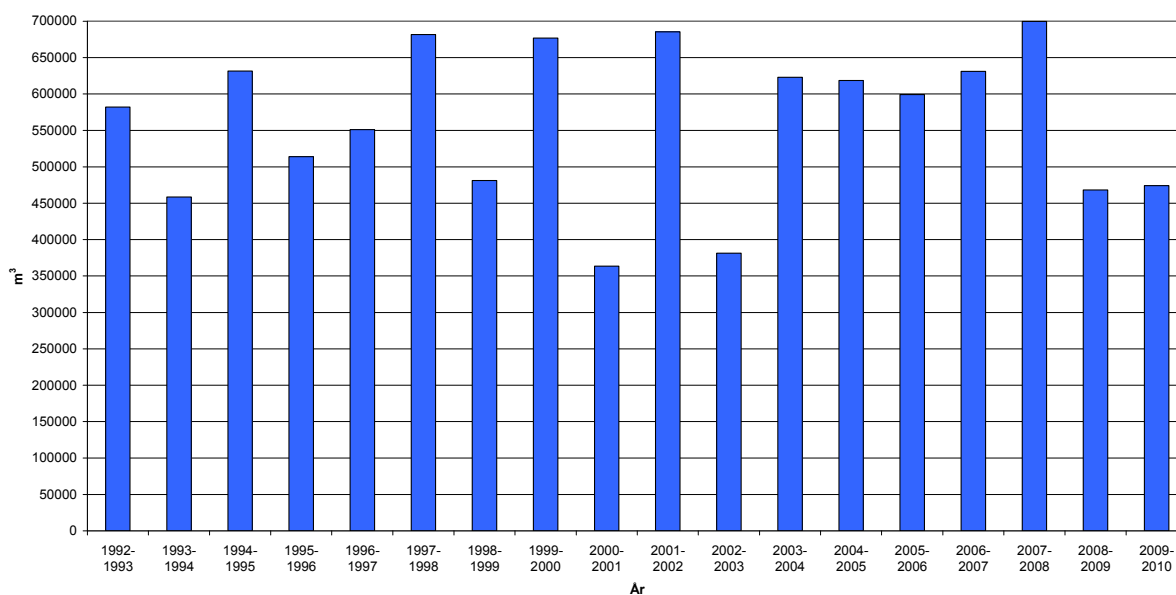
**Figur 40.** Vannføring ved stasjonene B og C i 2009-2010 med markering av prøvetakinger.



Figur 41. Pumping av vann fra Astrup gruve til Wallenberg gruve i 2009-2010.



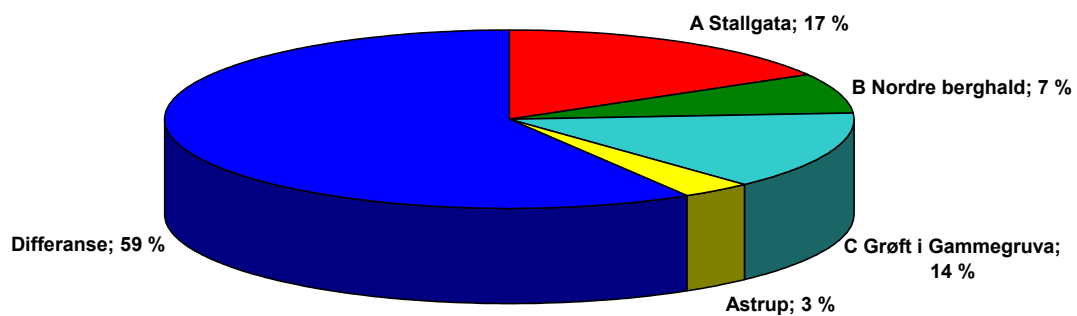
Figur 42. Pumping av gruvevann fra Wallenberg pst i 2009-2010. Y-akse: Utpumpet volum siden foregående observasjon. X-akse: Dato for avlesning på telleverk.



**Figur 43.** Årlig utpumpet vannmengde fra Wallenberg gruve for alle hydrologiske år.

**Tabell 15.** 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
2008-2009	57406	37026	51273	21798	167503	468184	300681
2009-2010	78483	35272	66325	16229	196309	474165	277856



**Figur 44.** Vannbalanse på Løkkengruva i 2009-2010. 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 en del forenklinger, men vi antar likevel at beregningene vil gi god informasjon om betydningen av de enkelte forurensningskilder og samlet forurensningstransport.

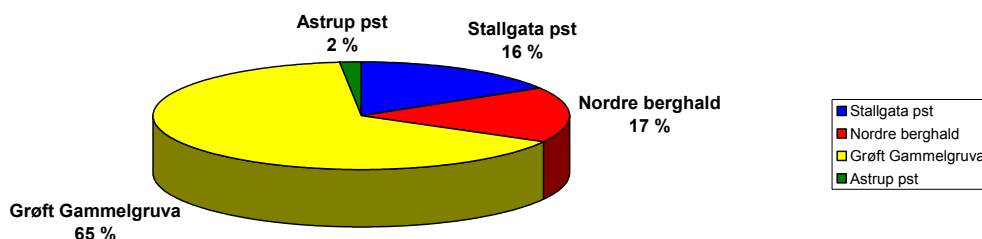
- For stasjon A, Stallgata pumpestasjon har vi beregnet årstransporten ved hjelp av årsmiddelverdi for konsentrasjon og multiplisert denne med samlet pumpevolum for perioden.
- For de to stasjonene for inngående vann til Gammelgruva, stasjonene B og C har vi i 2009-2010 beregnet forurensningstransporten på samme måte som for stasjon A.
- Beregningen for Astrup pst er usikker. Her har vi multiplisert aritmetisk middelverdi for alle observasjoner en nhar hittil (perioden 1995-2007) for pumpesumpen på nivå 311 med utpumpet vannmengde i 2009-2010.

Tabell 16 viser beregnet materialbalanse for Wallenberg gruve i perioden 2009-2010.

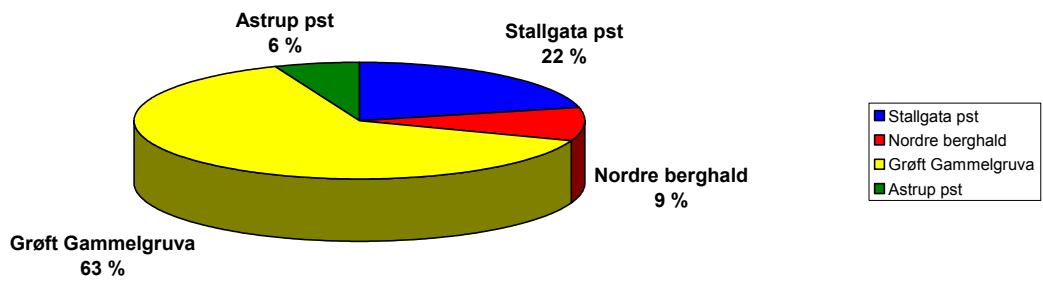
**Tabell 16.** Materialbalanse på Wallenberg gruve i 2009-2010.

Stasjon	SO <sub>4</sub> tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Al tonn	Ca tonn
A. Stallgata pst	310	41,6	4,0	3,2	14,1	11,4	26,8
B. Nordre berghold	180	41,8	1,7	0,8	3,3	5,2	6,0
C. Grøft Gammelgruva	829	165,3	11,9	8,5	33,2	38,1	19,6
Astrup pst	40	4,3	1,2	2,7	9,4	0,9	5,2
<b>Sum tilførsler 2009-2010</b>	1359	253,0	18,8	15,2	59,9	55,6	57,6
<b>Avløp Wallenberg pst 2009-2010</b>	1054	89,9	2,1	11,0	28,0	15,8	196,0

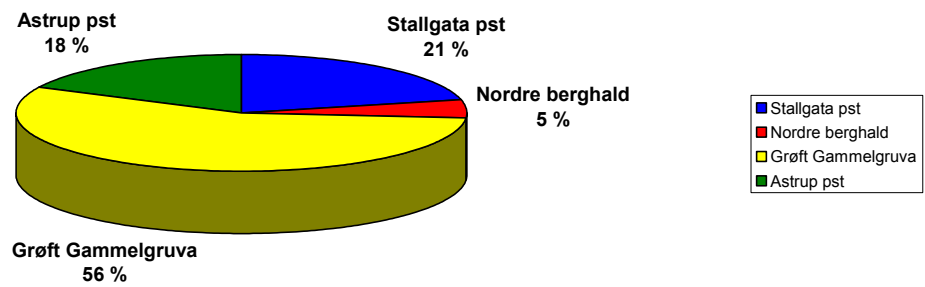
Figur 45, figur 46, figur 47, figur 48 og figur 49 gir en grafisk fremstilling av hvordan årstransporten fordeler seg på kildene for noen viktige komponenter.



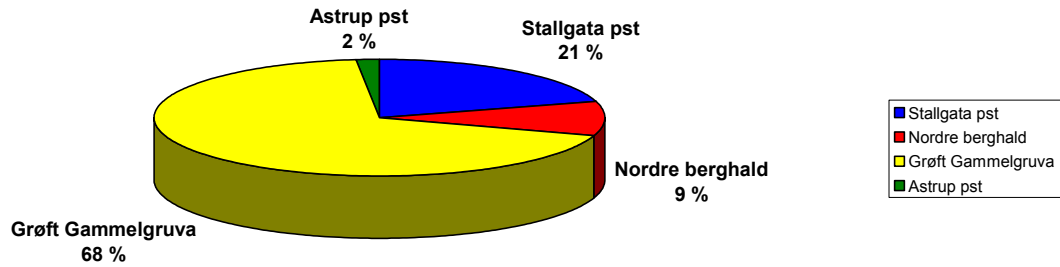
**Figur 45.** Jernbalanse for Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2009-2010.



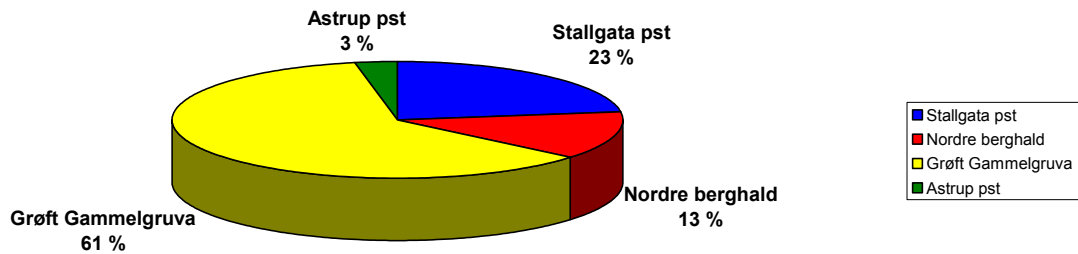
**Figur 46.** Kobberbalanse for Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2009-2010.



**Figur 47.** Sinkbalanse for Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2009-2010.



**Figur 48.** Aluminiumbalanse for Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2009-2010.



**Figur 49.** Sulfatbalanse for Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2009-2010.

Tabell 17 gir en oversikt over beregnede transportverdier for alle syv undersøkelsesperiodene som er gjennomført. I tabell 18 er samlet årlig materialtransport for alle år etter at Wallenberg pst kom i drift.

**Tabell 17.** Materialbalanse for Wallenberg gruve for samtlige undersøkelsesperioder.

<b>Stasjon</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Al</b>
	<b>tonn</b>	<b>tonn</b>	<b>tonn</b>	<b>tonn</b>	<b>kg</b>	<b>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
A. Stallgata 2008-2009	234	30	3,1	2,7	11	8,2
A. Stallgata 2009-2010	310	42	4,0	3,2	14	11
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
B. Nordre 2008-2009	143	30	1,4	0,7	3	4,0
B. Nordre 2009-2010	180	42	1,7	0,8	3	5,2
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
C. Grøft 2008-2009	549	107	7,8	5,5	21	24
C. Grøft 2009-2010	829	166	11,9	8,5	33	38
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
Astrup pst 2008-2009	54	5,8	1,6	3,6	13	1,2
Astrup pst 2009-2010	40	4,3	1,2	2,7	9,4	0,9
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
Wallenberg pst. 2008-2009	998	90	2,4	11,7	31	16
Wallenberg pst. 2009-2010	1054	90	2,1	11,0	29	16



**Tabell 18.** Materialtransport ved Wallenberg pst 1992-2010.

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
2008-2009	998	90,4	2,43	11,7	30,6	1,90	0,082	0,36	18,0	16,1	468184
2009-2010	1054	90,0	2,07	11,0	28,0	2,03	0,117	0,37	19,0	15,8	474165

### 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. Når en vet hvor mye metaller som samles opp i grøfta i Stallgata og en vet hvor mye som føres inn i gruva kan en derved gi et anslag over hvor effektivt dreneringstiltaket på Løkkensiden er, dvs tiltaksplanen til Løkken Gruber som fikk full virkning fra 1992.

I tabell 19 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 drensvann 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. I 2008-2009 var det nødvendig å lede avløpet fra grøfta i Stallgata og drensvannet fra Nordre berghald direkte til Raubekken i den perioden som pumpa i Wallenberg pumpestasjon ikke var i drift pga driftshavari. I figur 50 er årstransporten for kobber i Raubekken fremstilt grafisk.

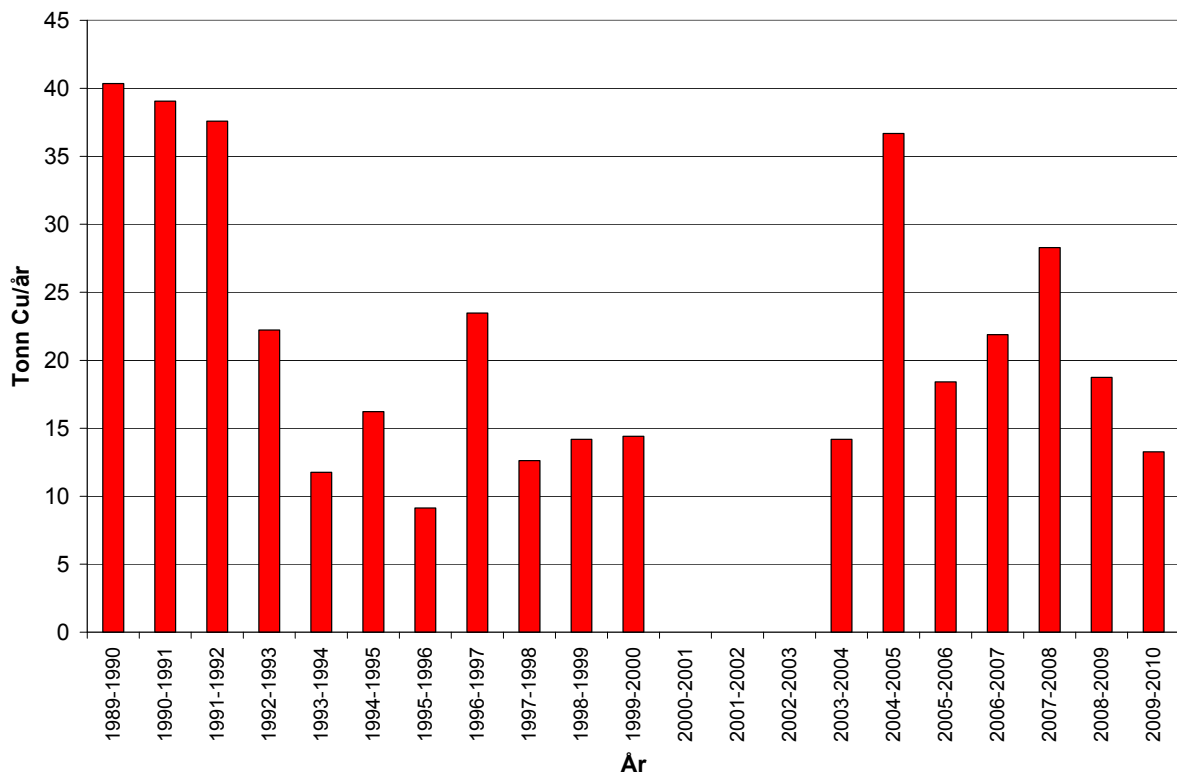
**Tabell 19.** Materialtransport i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2010.

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
2008-2009	4022	79,7	107	18,7	48,6	136
2009-2010	3652	56,6	81	13,3	40,3	106

I tabell 20 har en sammenlignet årstransporten i Raubekken med tilførselen fra Bjørnlivatn i undersøkelsesperioden. Resultatene fram til 1.9.2010 viser at Løkkensiden fortsatt er den dominerende forurensningskilde i området, men at tilførselene fra gruva via Bjørnlibekken bidrar med en del sulfat og økende mengder aluminium, kadmium, kobber og sink.

**Tabell 20.** Transport i Raubekken og ved utløp av Bjørnlivatn i 2009-2010.

Stasjon	SO <sub>4</sub>	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Kg
Raubekken	3652	56,6	81	13,3	40,3	106
Utløp Bjørnlivatn	1803	21,8	21	4,3	19,1	51,3
Differanse (= Løkkensiden)	1849	34,8	60	9,0	21,2	55



**Figur 50.** Årlig transport av kobber i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2010.

Ved hjelp av materialet i tabell 20 og tilsvarende beregninger for foregående perioder kan en anslå effektiviteten til dreneringstiltaket i %. I tabell 21 under er gjort et slikt anslag.

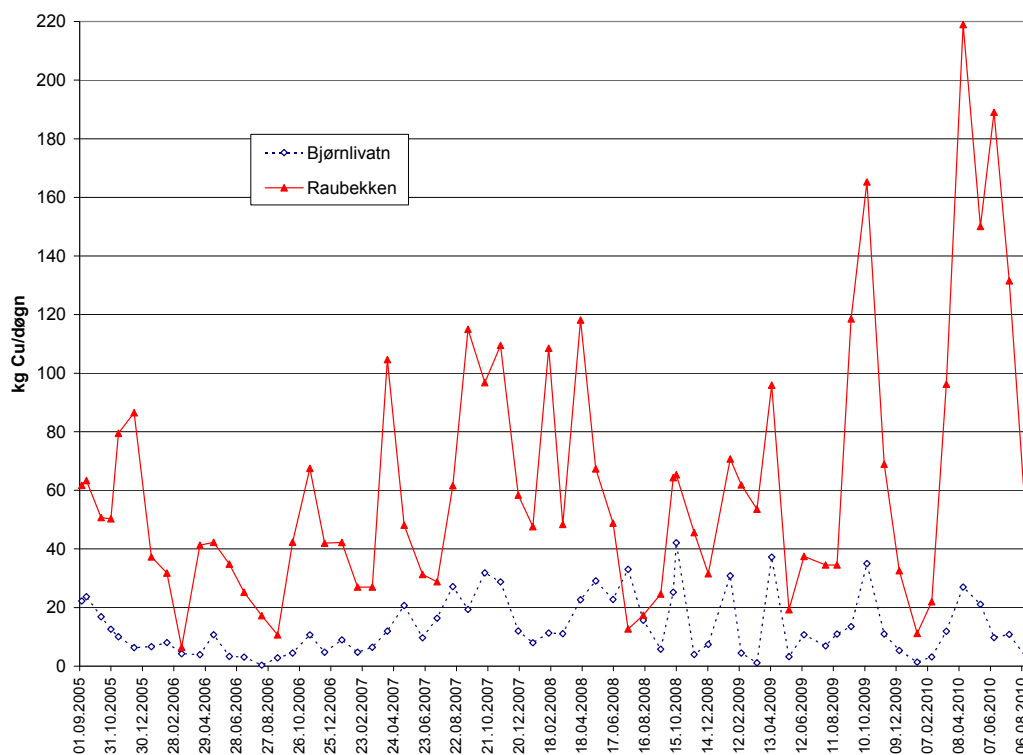
**Tabell 21.** Virkningsgrad til dreneringstiltak på Løkkensiden.

	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
Oppsamlingsgrad i % i 2008-2009	12,2	17,4	40,4	24,0	9,3	13,8
Oppsamlingsgrad i % i 2009-2010	20,9	32,3	58,0	39,0	15,9	24,1

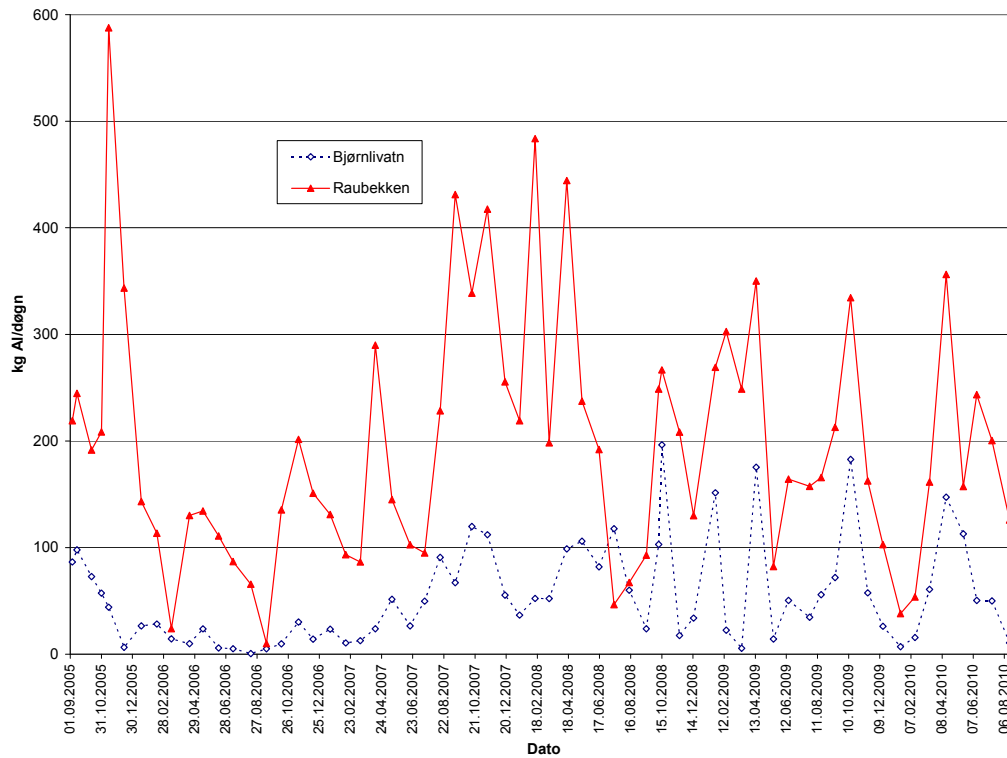
En ser at tiltaket greier å samle opp ca 24-40 % av avrenningen av kobber til Raubekken på Løkkensiden. En har da ikke korrigert for de periodene hvor nødoverløp til Raubekken har pågått. Tilførslene fra Bjørnlivatnsiden bidrar med mye sulfat og en del aluminium. Den dårlige virkningsgraden for sink og kadmium skyldes tilførslene 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 51 har en vist hvordan den momentane transporten av kobber var ved hver prøvetaking i tidsrommet 1.9.2005-1.9.2010 ved utløpet Bjørnlivatn og i Raubekken. En ser at betydningen av tilførslene fra Bjørnlivatn-siden er høy i deler av året, men at bidraget fra Løkkensiden fortsatt betyr mest og særlig når det er stor utvasking fra avfallet på Løkken-siden. I 2009-2010 var øyeblikkstransporten forholdsvis høy ved noen anledninger. Av og til er det vanskelig å sammenligne beregnede transportverdier fordi prøvetakingsstidspunktene ikke er sammenfallende (ikke tatt på samme dag). Det vil bli endret i 2010-2011 da prøvene vil bli tatt av samme observatør.

I tabell 22 har en gjort en sammenstilling av hvilken betydning tilførslene fra Bjørnlivatn-området har for totaltransporten i Raubekken. Beregningen er fremstilt i prosent. En ser at tilførslene fra Bjørnlivatn har fått økt betydning etter 2005 og særlig for metaller som aluminium, sink og kadmium. Selv om totaltransporten var en del mindre i Raubekken siste år er det likevel viktig å være klar over forholdene i Bjørnlivatn slik at nødvendige beredskapstiltak kan iverettes når det er nødvendig.



**Figur 51.** Momentane transportverdier for kobber i Raubekken og ved utløpet av Bjørnlivatn 2005-2010.



**Figur 52.** Momentane transportverdier for aluminium i Raubekken og ved utløpet av Bjørnlivatn 2005 – 2010.

**Tabell 22.** Den %-vise betydningen av tilførselene fra Bjørnlivatn av totaltransporten i Raubekken.

	SO <sub>4</sub>	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2005-2006	35,7	17,2	7,9	17,9	30,1	29,2
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2006-2007	34,9	19,1	9,1	22,3	30,2	35,6
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2007-2008	39,0	31,5	21,6	31,3	36,4	38,4
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2008-2009	32,2	26,9	17,9	24,7	31,8	34,6
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2009-2010	49,4	38,5	25,8	32,6	47,4	48,4

## 5. Samlet vurdering

Forurensningssituasjonen i Løkken gruveområde 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 de to siste måleperiodene fra 2008 til 2010 var forurensningstransporten både fra den vannfylte gruva og fra området totalt en del lavere enn i året 2007-2008. Dette har sammenheng med redusert avrenning fra området og dermed redusert belastning på den vannfylte gruva med forurenset drensvann fra Løkkensiden.

Når gruva får redusert belastning øker oppholdstiden og evnen til å heve pH-verdien i inngående vann tiltar. Dette har størst betydning for adsorpsjonen av kobberioner. Siden pH-verdiene i utgående vann fra gruva var noe høyere enn i de foregående år førte dette til reduserte utslipp av kobber. Gruva har fortsatt kapasitet til å fjerne kobber fra inngående vann, men kapasiteten er sterkt redusert sett i forhold til slik situasjonen var på 1990-tallet. Kobberkonsentrasjonen i utgående vann er sterkt avhengig av pH. Når pH faller under 3,5 merker en at kobberkonsentrasjonene øker sterkt. NIVAs pH-målinger viser imidlertid noe for lave verdier i forhold til sann verdi på utslippstidspunktet fordi jerninnholdet i prøven oksiderer og felles ut (hydrolyserer) i prøveflaskene før analyse. Denne reaksjonen medfører utvikling av syre. En har nå montert en monitor ved kalkingsstasjonen for å ha bedre kontroll med utviklingen i pH-verdiene.

Jerninnholdet i utgående vann fra gruva er fortsatt høyt og tendensen er økende verdier sett i forhold til situasjonen på midten av 1990-tallet, men det er årlige variasjoner avhengig av hvor mye gruva belastes. Den økende tendensen er det tydeligste tegnet på at tiltaksplanen fra 1992 er i ferd med å svikte. Dersom det inntreffer støtbelastninger på gruva med surt vann fra Løkkensiden over lengre perioder, vil en mest sannsynlig kunne observere et pH-fall som fører med seg en kraftig økning i konsentrasjonene til jern, kobber og aluminium i utgående vann. Jerninnholdet i utgående vann vil i hovedsak foreligge som toverdige ioner. Av disse årsaker har en nå ferdigstilt en kalkingsstasjon i Fagerlia for å kunne dosere kalk til utgående vann dersom dette skulle vise seg nødvendig.

Ut fra et beredskapssynspunkt ser vi det som en fordel om jerninnholdet oksideres før kalket avløp sendes ut i Fagerlivatn. Det vil da være lettere å kontrollere tilstanden ved utløpet av Bjørnlivatn fordi en ikke får en etterreaksjon ute i innsjøene som følge av at toverdige jern oksiderer der og felles ut som treverdige. Denne prosessen utvikler syre. I en undersøkelse som NIVA gjennomførte i juni måned (Iversen et al, 2010) ble ulike oksidasjonsteknikker testet på stedet. Slik vi vurderer det vil det bli mest kostnadseffektivt å dosere peroksid til gruvevannet før kalk tilsettes. Reaksjonen er spontan og medfører også reduserte kostnader til kalk. Peroksid er et vanlig kjemikalium som brukes av flere bransjer i Norge.

For tiden ligger pH-verdiene ved utløpet av Bjørnlivatn i området 3,3 -3,4, noe som skyldes oksidasjon av toverdige jern ute i Fagerlivatn/Bjørnlivatn med påfølgende utfelling (hydrolyse) av treverdige jernhydroksid.

Selv om tilførslene fra Bjørnlivatn-siden har økt en del de seinere år er situasjonen likevel slik at det er avrenningen fra Løkkensiden som fortsatt betyr mest for tilførslene til Orkla. I 2009-2010 var samlede metalltilførsler til Orkla en del lavere enn i de foregående år. Dette skyldes mindre avrenning fra området. Det er imidlertid verdt å legge merke til at den relative betydningen av tilførslene fra Bjørnlivatn for metalltransporten i Raubekken er økende. Dette må en ta i betraktning dersom det inntreffer situasjoner med økt avrenning fra Løkken gruveområde. Det er gjort forsøk på å anslå virkningsgraden til oppsamlingstiltaket på Løkkensiden. Slike anslag er usikre fordi en bare kan måle anslagene indirekte, men de indikerer likevel at mer enn halvparten av metallavrenningen på Løkkensiden ikke fanges opp av dreneringstiltaket. Lekkasje er sannsynligvis størst når det gjelder drensvann fra Nordre berghald.

Det arbeides for tiden med å lage en ny tiltaksplan for Løkken gruveområde. Uavhengig av hva en velger som tiltaksløsning ser vi det som nødvendig å gjennomføre tiltak på Løkkensiden for å gjøre oppsamlingen av forurenset drensvann fra velteområdet på Løkkensiden mer effektiv, samt å lede bort uforurenset overflatevann fra området. Disse arbeidene anbefales gjennomført så snart det er mulig.

Etter at tiltaksplanen til Løkken Gruber ble satt i drift i 1992 har alltid årsmiddelverdien for kobber ligger under 10 µg/l i Orkla ved målestasjonen på Vormstad. En kan imidlertid påvise episoder der kobberkonsentrasjonen er over 10 µg/l. Siste år inntreffer en slik episode i mars måned. Som oftest inntreffer slike episoder om vinteren eller tidlig på våren. De nye kravene fra KLIF tilsier at kobberkonsentrasjonen til enhver tid skal være lavere enn 10 µg/l i Orkla ved Vormstad. Dette innebærer at de nye tiltakene som skal gjennomføres må føre til en ytterligere reduksjon i metallavrenningen fra Løkken gruveområde.

## 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.

Iversen, E.R., 2009. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune. Undersøkelser i 2007-2008. NIVA-rapport, O-26310, L.nr. 5749-2009, 60 s.

Iversen, E.R., 2009. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune. Undersøkelser i 2008-2009. NIVA-rapport, O-28381, L.nr. 5855-2009, 60 s.

Iversen, E.R. og Vogelsang, C., 2010. Oksidasjon v jern i gruvevann fra Wallenberg pumpestasjon, Løkken Verk, Meldal kommune. NIVA-rapport, l.nr. 6006-2010, O-10275, 28 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 2009-2010**

Tabell 23. Analyseresultater. Stasjon A Stallgata pumpestasjon 2009-2010.

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> pumpe fra forrige avlesn.
14.09.2009	2,49	462	3892	359	128	528	51,3	42,5	0,180	0,038	7,00	0,479	1,78	143	61,8	663520	
14.10.2009	2,56	381	3024	257	92,2	414	39,9	30,4	0,133	0,030	4,78	0,320	1,31	106	47,5	665239	1719
16.11.2009	2,44	479														694147	28908
15.12.2009	2,59	419	3443	365	113	389	47,9	51,9	0,213	0,030	6,87	0,427	1,56	120	53,8	695857	1710
18.01.2010	2,54	466	4042	374	147	525	47,7	34,4	0,164	0,036	8,08	0,501	1,76	155	53,9	697133	1276
15.02.2010	2,53	425	3713	352	135	433	41,2	30,5	0,143	0,030	7,90	0,430	1,58	138	48,9	698011	878
15.03.2010	2,45	518	5030	351	176	720	51,7	33,5	0,158	0,041	8,48	0,542	2,09	187	54,9	699199	1188
16.04.2010	2,51	451	3922	278	121	638	54,6	41,1	0,160	0,044	5,82	0,410	1,83	150	46,6	711877	12678
19.05.2010	2,66	461	3832	337	127	529	55,4	37,5	0,177	0,052	6,65	0,462	1,77	146	54,7	729255	17378
14.06.2010	2,51	491	4401	364	149	595	60,5	50,8	0,220	0,039	7,92	0,526	2,08	158	57,2	731098	1843
13.07.2010	2,57	448	4102	362	131	538	61,8	57,2	0,235	0,056	7,50	0,532	2,04	159	58,1	737560	6462
16.08.2010	2,39	473	3991	357	132	518	53,6	42,9	0,189	0,034	7,39	0,480	1,74	140	60,2	742003	4443
Aritm.middel	2,52	456	3945	341	132	530	51,4	41,2	0,179	0,039	7,13	0,464	1,78	146	54,3		
Maks.verdi	2,66	518	5030	374	176	720	61,8	57,2	0,235	0,056	8,48	0,542	2,09	187	61,8		
Min.verdi	2,39	381	3024	257	92	389	39,9	30,4	0,133	0,030	4,78	0,320	1,31	106	46,6		
Årssum:																	78483

Tabell 24. Analyseresultater. Stasjon B Drensledning fra Nordre bergald 2009-2010.

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	Vannf l/s
14.09.2009	2,43	371	2766	159	74,4	562	27,2	16,7	0,058	0,030	3,14	0,170	1,16	84,1	32,4	0,81
01.10.2009	2,68	195	835	114	28,3	62,3	11,0	8,72	0,030	<0,1	1,60	0,090	0,40	27,3	19,5	2,79
14.10.2009	2,09	886	10000	247	238	2430	92,7	42,4	0,170	<0,1	8,29	0,500	4,04	301	55,3	1,47
29.10.2009	2,33	524	4970	179	120	1170	48,1	23,5	0,088	0,041	4,38	0,270	2,11	140	33,6	0,73
17.11.2009	2,32	606	6737	183	152	1600	57,6	23,7	0,106	0,060	5,17	0,309	2,61	182	36,0	0,21
01.12.2009	2,34	552	5329	175	128	1330	50,9	18,5	0,085	0,039	4,39	0,255	2,09	151	33,8	0,22
15.12.2009	2,35	464	4251	151	100	965	39,0	16,3	0,069	0,030	3,65	0,220	1,66	122	28,3	0,24
04.01.2010	2,25	583	6018	176	136	1490	51,0	18,2	0,083	0,054	4,54	0,270	2,18	171	34,3	0,10
26.03.2010	2,46	472	4731	135	115	1160	41,8	19,5	0,110	0,046	4,06	0,220	1,83	152	25,4	1,15
15.04.2010	2,54	332	2695	107	67,3	625	28,1	16,3	0,061	0,030	2,56	0,140	1,15	84,6	19,0	4,04
30.04.2010	2,59	301	2231	101	49,5	391	22,4	12,9	0,054	0,020	2,02	0,120	0,85	57,9	18,7	5,00
19.05.2010	2,49	459	4102	155	98,6	890	43,1	19,0	0,087	0,050	3,52	0,209	1,58	119	28,8	1,53
01.06.2010	2,05	1022	13952	301	309	3430	123,0	53,3	0,220	0,089	10,10	0,640	5,53	379	63,7	0,31
15.06.2010	2,28	544	5419	191	132	1250	51,6	27,1	0,110	0,042	4,96	0,300	2,29	159	36,7	0,64
30.06.2010	2,45	403	3503	154	90,2	754	35,7	17,9	0,074	0,035	3,35	0,199	1,41	116	30,2	1,96
14.07.2010	2,63	270	1793	148	49,4	273	19,0	14,1	0,056	0,030	2,34	0,130	0,75	54,1	25,1	1,96
30.07.2010	2,20	541	5359	184	131	1260	52,1	22,2	0,100	0,037	4,65	0,277	2,08	155	38,8	0,73
16.08.2010	2,13	638	6916	200	164	1710	61,8	24,4	0,113	0,043	5,43	0,337	2,62	193	44,5	0,40
Aritm.middel	2,37	509	5089	170	121	1186	47,6	21,9	0,093	0,042	4,34	0,259	2,02	147	33,6	1,35
Maks.verdi	2,68	1022	13952	301	309	3430	123,0	53,3	0,220	0,089	10,10	0,640	5,53	379	63,7	5,00
Min.verdi	2,05	195	835	101	28,3	62,3	11,0	8,72	0,030	0,020	1,60	0,090	0,40	27,3	18,7	0,10

Tabell 25. Analyseresultater. Stasjon C. Drensgroft i Gammelgruva 2009-2010.

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	Vannf l/s
14.09.2009	2,48	702	8862	331	395	1690	133	99,1	0,367	0,10	13,8	1,10	5,84	398	40,2	1,46
01.10.2009	2,45	670	7754	289	324	1500	109	76,3	0,300	<0,1	11,8	0,85	4,84	327	39,1	4,47
14.10.2009	2,50	732	9341	282	410	1880	133	91,6	0,356	0,11	14,0	0,98	6,07	413	38,0	2,19
29.10.2009	2,45	843	12186	311	551	2470	173	121	0,462	0,12	17,5	1,20	8,03	545	40,4	1,71
17.11.2009	2,51	952	13204	285	609	2580	185	140	0,541	0,14	19,0	1,20	8,83	592	36,0	1,25
01.12.2009	2,53	936	13413	315	647	2740	204	141	0,569	0,10	19,9	1,30	9,18	637	39,2	1,42
15.12.2009	2,49	975	14251	303	673	2850	215	148	0,583	0,13	20,3	1,30	9,56	659	38,7	1,76
04.01.2010	2,45	1009	14820	322	722	2940	224	158	0,635	0,16	21,6	1,36	9,97	694	38,8	1,53
18.01.2010	2,40	1086	16018	322	779	3150	238	167	0,656	0,17	22,7	1,41	10,70	751	38,8	1,50
01.02.2010	2,45	893	12725	271	627	2490	193	140	0,539	0,13	19,0	1,20	8,73	613	31,9	1,73
15.02.2010	2,50	799	10539	229	530	2070	161	118	0,455	0,12	16,1	0,99	7,33	511	26,9	1,76
01.03.2010	2,55	625	7784	172	385	1500	113	87,6	0,335	0,08	11,6	0,07	5,29	373	21,3	1,68
15.03.2010	2,44	1137	17964	345	861	3600	254	190	0,741	0,17	25,9	1,65	12,20	832	40,1	1,29
26.03.2010	2,44	1263	23054	339	1020	5060	323	215	0,847	0,20	32,2	2,14	15,50	1070	44,5	1,63
15.04.2010	2,48	903	13683	294	600	3050	190	126	0,484	0,13	19,6	1,33	9,30	634	41,6	4,15
30.04.2010	2,52	693	9243	278	346	1771	120	84,8	0,323	0,09	12,8	0,90	5,61	367	35,8	5,13
19.05.2010	2,63	700	8533	237	396	1580	116	77,1	0,342	0,11	11,5	0,786	4,97	404	31,3	2,84
01.06.2010	2,42	904	13084	287	627	2580	187	141	0,547	0,11	19,2	1,20	8,98	599	35,5	1,74
15.06.2010	2,46	932	13383	307	640	2580	192	145	0,565	0,11	19,7	1,20	9,08	618	36,8	1,73
30.06.2010	2,46	779	11078	314	509	2110	154	123	0,449	0,11	16,1	1,10	7,45	499	36,6	2,28
14.07.2010	2,47	823	12335	327	527	2400	170	129	0,474	0,12	17,0	1,20	8,10	525	39,5	2,39
30.07.2010	2,30	875	12284	322	563	2380	169	112	0,467	0,11	16,0	1,02	7,07	576	37,6	2,00
16.08.2010	2,34	871	12099	310	563	2340	168	115	0,470	0,10	15,9	1,01	7,01	574	37,6	1,51
Gj.snitt	2,47	874,0	12506	295	578	2492	179	128	0,500	0,12	18,0	1,15	8,25	574	36,8	2,14
Maks.verdi	2,63	1263	23054	345	1020	5060	323	215	0,847	0,20	32,2	2,14	15,50	1070	44,5	5,13
Min.verdi	2,30	625	7754	172	324	1500	109	76,3	0,300	0,08	11,5	0,07	4,84	327	21,3	1,25

Tabell 26. Analyseresultater. Avløp fra Wallenberg pumpestasjon i 2009-2010.

Dato	Telleverk m <sup>3</sup>	Utpumpet fra forrige avlesn.	pH	Kond mS/m	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Pb	
					mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
	162627																
14.09.2009	169743	7116	4,16	340	2512	421	192	42,5	244	5,72	29,7	0,080	5,03	0,209	0,931	27,0	0,043
21.09.2009	187658	17915	2,68	384													
29.09.2009	206553	18895	2,93	288													
05.10.2009	209507	2954	3,44	342													
14.10.2009	231670	22163	4,35	321	2371	397	179	36,6	227	4,11	27,2	0,070	4,70	0,195	0,849	25,5	0,036
19.10.2009	244662	12992	4,01	307													
27.10.2009	264882	20220	4,31	304													
03.11.2009	282787	17905	4,24	308													
09.11.2009	297990	15203	4,54	306													
16.11.2009	313980	15990	4,89	310	2240	411	174	26,3	201	2,74	23,1	0,057	4,37	0,181	0,784	21,4	0,030
25.01.2010	8535	8535	2,87	362	2617	417	174	47,9	234	6,33	30,5	0,079	4,97	0,424	0,943	28,6	0,057
01.02.2010	27809	19274	2,95	350	2476	410	157	52,3	230	5,79	30,7	0,079	4,84	0,319	0,947	30,0	0,150
15.03.2010	40266	12457															
29.03.2010	50205	9939	2,79	359													
06.04.2010	66400	16195	2,87	360													
12.04.2010	82311	15911	3,16	388	2374	391	148	49,9	234	4,23	29,7	0,071	4,62	0,318	0,897	28,7	0,050
19.04.2010	100403	18092	4,51	314	2317	385	148	48,1	240	3,90	29,0	0,068	4,57	0,275	0,873	28,0	0,042
27.04.2010	122091	21688	2,65	406													
03.05.2010	137821	15730	2,75	365													
10.05.2010	155705	17884	4,70	295													
19.05.2010	178126	22421	5,81	270	1668	429	160	6,60	99,8	0,788	8,22	0,016	3,03	0,263	0,471	15,8	0,010
09.06.2010	185462	7336	6,54	82,2													
14.06.2010	199465	14003	4,82	316	2117	437	185	26,0	186	5,79	19,7	0,056	4,27	0,236	0,744	22,8	0,030
21.06.2010	219304	19839	3,02	347													



Tabell 28. Analyseresultater. Utløp Bjørnlivvatn 2009-2010.

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	Vannf l/s
14.09.2009	3,26	135,6	721,6	159	42,2	10,3	5,53	1,94	8,39	<0,01	0,022	1,47	0,063	0,250	7,36	80,7
14.10.2009	3,28	136,0	754,5	158	41,9	10,7	9,66	2,05	8,28	0,01	0,024	1,46	0,063	0,247	7,72	197,6
16.11.2009	3,31	147,2	826,3	180	47,6	10,8	11,50	2,07	8,74	0,01	0,025	1,60	0,068	0,266	8,24	61,6
15.12.2009	3,30	150,2	838,3	182	48,2	9,92	11,70	2,04	8,67	<0,01	0,024	1,62	0,069	0,266	8,50	30,5
18.01.2010	3,29	147,0	823,4	185	49,3	10,2	9,52	2,03	8,67	0,01	0,024	1,63	0,069	0,264	8,57	7,82
15.02.2010	3,35	151,0	877,2	190	51,2	10,4	12,50	2,09	8,99	0,01	0,025	1,67	0,071	0,275	8,83	17,3
15.03.2010	3,39	143,0	802,4	185	48,1	9,35	9,99	1,84	8,49	<0,01	0,023	1,59	0,068	0,255	8,22	75,2
16.04.2010	3,40	132,1	706,6	151	42,8	9,00	10,30	1,65	7,54	<0,01	0,019	1,36	0,060	0,225	7,31	189,3
19.05.2010	3,39	118,0	631,7	139	39,6	8,18	6,48	1,53	6,83	0,01	0,018	1,21	0,054	0,208	6,76	159,8
14.06.2010	3,54	119,9	670,7	146	41,2	7,73	5,72	1,50	7,05	<0,01	0,018	1,28	0,056	0,216	6,66	75,4
13.07.2010	3,38	129,0	739,5	166	46,1	7,36	9,39	1,60	8,03	0,02	0,019	1,38	0,065	0,240	6,65	78,6
16.08.2010	3,24	136,8	745,5	168	44,6	6,72	3,94	1,60	7,28	0,01	0,019	1,41	0,062	0,24	7,06	18,3
Gj.snitt	3,34	137,2	761,5	167	45,2	9,22	8,85	1,83	8,08	<0,01	0,022	1,47	0,064	0,246	7,66	82,7
Maks.verdi	3,54	151,0	877,2	190	51,2	10,8	12,5	2,09	8,99	0,01	0,025	1,67	0,071	0,275	8,83	197,6
Min.verdi	3,24	118,0	631,7	139	39,6	6,72	3,94	1,50	6,83	<0,01	0,018	1,21	0,054	0,208	6,65	7,82

**Tabell 29.** Analyseresultater. Raubekken ved inntak kraftverk. Stikkprøver tatt i 2009-2010.

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 µg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
14.09.2009	6,33	23,2	88,6	26,5	5,54	1,94	0,358	1,08	3,0	0,201	0,009	0,032	1,66	2,72	1270
12.10.2009	6,02	26,2	102,1	29,1	6,02	2,53	0,441	1,25	3,5	0,220	0,010	0,036	1,87	3,02	1530
18.11.2009	5,06	37,9	165,9	43,5	9,90	4,48	0,670	1,90	5,3	0,361	0,018	0,057	2,07	3,97	420
14.12.2009	6,59	18,8	59,3	19,9	3,98	1,98	0,248	0,628	2,0	0,140	0,006	0,019	1,17	2,68	601
13.01.2010	7,19	36,0	72,2	27,9	4,99	2,20	0,330	0,649	2,0	0,140	0,007	0,018	1,51	3,73	200
16.02.2010	6,06	31,2	127,2	34,6	7,89	3,41	0,468	1,40	3,7	0,277	0,010	0,042	2,06	3,57	182
16.03.2010	4,61	55,4	268,6	67,7	16,60	5,00	0,796	2,98	7,9	0,570	0,026	0,088	3,97	5,11	374
14.04.2010	5,81	23,9	98,8	26,7	6,19	1,79	0,327	1,10	3,0	0,207	0,009	0,033	1,49	2,65	2304
18.05.2010	4,97	22,4	99,1	21,4	5,21	1,07	0,274	1,02	2,0	0,179	0,010	0,029	1,04	2,17	1703
21.06.2010	5,97	21,1	84,4	23,3	5,65	1,22	0,256	0,947	2,0	0,180	0,007	0,028	1,22	2,15	2310
14.07.2010	6,38	21,0	79,6	24,2	5,35	1,33	0,244	0,873	2,0	0,171	0,008	0,026	1,10	2,16	1744
16.08.2010	6,58	27,1	103,3	28,6	6,14	3,09	0,476	1,09	3,0	0,223	0,01	0,035	1,81	3,41	472
Gj.snitt	5,96	28,7	112,4	31,1	6,96	2,50	0,407	1,24	3,3	0,239	0,011	0,037	1,75	3,11	1092
Maks.verdi	7,19	55,4	268,6	67,7	16,60	5,00	0,796	2,98	7,9	0,570	0,026	0,088	3,97	5,11	2310
Min.verdi	4,61	18,8	59,3	19,9	3,98	1,07	0,244	0,628	2,0	0,140	0,006	0,018	1,04	2,15	182



**Tabell 30.** Analyseresultater. Mengdeproportionale blandprøver fra Raubekken ved inntak kraftverk 2009-2010.

Prøvetakingsperiode	Ant.døgn	Al mg/l	Ca mg/l	Cd mg/l	Co mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Tot-S mg/l	Si mg/l	Zn mg/l
24.11.2009 - 14.12.2009	20	1,99	35,5	0,0052	0,046	0,547	2,51	8,12	0,301	0,015	<0,01	45,2	3,67	1,51
14.12.2009 - 13.01.2010	30	1,44	36,9	0,0042	0,046	0,582	1,68	8,30	0,299	0,016	<0,01	46,2	1,74	1,55
13.01.2010 - 16.02.2010	33	6,27	37,8	0,0043	0,049	0,577	11,1	9,20	0,324	0,016	<0,01	49,3	4,00	1,61
16.02.2010 - 16.03.2010	28	2,76	35,1	0,0036	0,038	0,478	5,05	7,15	0,259	0,010	<0,01	43,1	2,16	1,30
16.03.2010 - 14.04.2010	29	2,63	49,4	0,0058	0,062	0,561	3,61	11,50	0,411	0,019	<0,01	64,3	4,46	2,07
14.04.2010 - 18.05.2010	34	0,32	27,2	0,0030	0,035	0,314	0,196	6,42	0,222	0,010	<0,01	27,3	2,74	1,21
18.05.2010 - 21.06.2010	34	0,26	19,9	0,0020	0,024	0,176	0,31	4,62	0,156	0,008	<0,01	23,4	2,35	0,77
21.06.2010 - 14.07.2010	23	1,30	29,0	0,0030	0,035	0,409	1,51	6,86	0,226	0,010	0,01	35,3	2,89	1,19
14.07.2010 - 16.08.2010	32	1,03	30,3	0,0030	0,038	0,310	1,33	6,98	0,238	0,010	<0,01	35,5	2,95	1,17
16.08.2010 - 25.08.2010	9	4,48	27,9	0,0030	0,033	0,554	6,11	6,54	0,229	0,010	<0,01	32,4	3,48	0,86
25.08.2010 - 15.09.2010	21	2,27	32,8	0,0035	0,041	0,466	2,91	8,02	0,283	0,010	<0,02	40,0	3,15	1,25
15.09.2010 - 01.10.2010	16	1,34	24,5	0,0020	0,026	0,260	1,4	5,66	0,171	0,007	<0,01	30,6	2,76	0,93
01.10.2010 - 14.10.2010	13	1,70	34,8	0,0044	0,044	0,667	1,87	8,09	0,278	0,014	<0,01	46,0	3,68	1,48

**Tabell 31.** Analyseresultater. Orkla ved Vormstad 2009-2010.

<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>
14.09.2009	3,96	8,67	120	63,3
12.10.2009	6,45	16,1	89	57,5
18.11.2009	4,04	10,8	58	33,9
14.12.2009	3,52	6,62	66	45,1
13.01.2010	2,94	6,21	55	30,8
16.02.2010	5,23	16,3	69	40,5
16.03.2010	11,9	42,7	130	76,4
14.04.2010	5,91	18,3	315	131
18.05.2010	3,65	4,56	404	198
21.06.2010	3,78	6,25	200	141
14.07.2010	3,01	6,10	160	84,1
16.08.2010	3,04	5,33	73	30,5
Gj.snitt	4,79	12,3	145	77,7
Maks.verdi	11,9	42,7	404	198
Min.verdi	2,94	4,56	55	30,5

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)