

# Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune

Undersøkelser i perioden 1.9.2010 – 31.8.2011



Norsk institutt for vannforskning

# RAPPORT

**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 1.9.2010 – 31.8.2011	Løpenr. (for bestilling) 6268-2011	Dato 19.1.2012
	Prosjektnr. Undernr. O-10402	Sider 67
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for mineralforvaltning	Oppdragsreferanse 06/00803-29 Best. nr. 26/2010
---	---

**Sammendrag**

I 2005 ble kontrollprogrammet for Løkken gruveområde betydelig forsterket etter at eksisterende tiltak på Løkken viste klare tegn på å svikte. Resultatene fra kontrollprogrammet i det hydrologiske året 2010-2011 viser at den ugunstige utviklingen fortsetter. Det står nå surt vann i de øverste 3 nivåene i Wallenberg gruve. 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 2010-2011 ble metalltransporten anslått til 17 tonn kobber, 40 tonn sink, 94 tonn jern, 77 tonn aluminium og 111 kg kadmium. Vannkvaliteten i Orkla er fortsatt tilfredsstillende i forhold til målsettingen fra 1991 (årsmiddel <10 µg Cu/l). De nye kravene som sier at kobberkonsentrasjonen ved Vormstad alltid skal være lavere enn 10 µg Cu/l indikerer at nye tiltak i Løkken gruveområde må ha høyere virkningsgrad enn i dag.

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



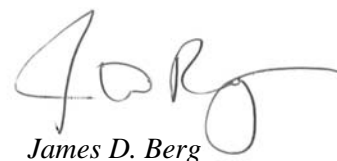
Eigil Rune Iversen

Prosjektleder



Helge Liltved

Forskningsleder



James D. Berg

Direktør for teknologi og innovasjon

ISBN 978-82-577-6003-8

O-10402

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

Undersøkelser i perioden 1.9.2010 – 31.8.2011

---

## Forord

Undersøkelsene i Løkken gruveområde i 2010-2011 er 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 takker Orkla Industrimuseum og Meldal kommune for all assistanse under driften av målestasjonene og for den rutinemessige prøvetaking.

Oslo, 19. januar 2012

*Egil Rune Iversen*

---

# Innhold

<b>Innhold</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>9</b>
<b>2. Undersøkelsesopplegg</b>	<b>10</b>
2.1 Prøvetakingsstasjoner	10
2.2 Prøvetaking og analyse	10
<b>3. Resultater</b>	<b>12</b>
3.1 Hydrologi og klima	12
3.2 Vannkvalitet på Løkkensiden	14
3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon	14
3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald	16
3.2.3 Stasjon C. Drensrør i Gammelgruva	19
3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatn-siden	21
3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt	21
3.3.2 Utløp Fagerlivatn	29
3.3.3 Utløp Bjørnlivatn	30
3.3.4 Astrup gruveområde	34
3.4 Vassdragsstasjoner	37
3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk	37
3.4.2 Orkla ved Vormstad	40
<b>4. Massebalanser</b>	<b>42</b>
4.1 Vannbalanse	42
4.1.1 Bjørnlivatn – Raubekken	42
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve	44
4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve	49
4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene	54
<b>5. Samlet vurdering</b>	<b>59</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>61</b>
<b>Vedlegg A. Analyseresultater 2010 – 2011</b>	<b>62</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 beskriver tilstanden slik den har utviklet seg i perioden 1.9.2010-31.8.2011, er en fortsettelse av dette programmet. Resultatene viser at pH-verdiene i utgående vann fra gruva fortsatt er lave. Vi legger da mest vekt på situasjonene når pumpestasjonen i Wallenberg sjakt pumper vann fra selve gruva og som er lite fortynnet med infiltrasjonsvann fra rasområdet i Fagerliåsen. Sett i forhold til situasjonen for 10 år tilbake er utslippene av jern og aluminium økende, men varierer en del fra år til år avhengig av belastningen på gruva. Aluminiumkonsentrasjonene i utgående vann fra gruva er i likhet med kobberkonsentrasjonene avhengig av pH-verdiene i den vannfylte gruva. Erfaringene fra tidligere episoder med surt vann viser at kobberkonsentrasjonene øker kraftig ved pH-verdier under 3.

Inngående vann fra Løkkensiden beveger seg nå gjennom de tre øverste nivåene i gruva fram til Wallenberg sjakt. Dette ser en ved at pH-verdien ved nivå 300 har falt betydelig samtidig som metallkonsentrasjonene har økt betydelig etter flytting av innløpet til Gammelsjakta i 2005.

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 er kalkingsstasjonen i Fagerlia forsterket. 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. Det ble testet en beredskapskalking høsten 2011. Resultatene fra denne vil bli kommentert i neste årsrapport.

Selv om betydningene av tilførselene fra Bjørnlivatnområdet er økende for forurensningstilstanden, er det fortsatt slik at avrenning fra Løkkensiden er største forurensningskilde i gruveområdet. Mer enn halvparten av metallavrenningen fra Løkkensiden fanges ikke opp av dreneringstiltaket fra 1992 og det anbefales å forbedre dette og føre bort uforurenset overflatevann fra velteområdet på Løkken.

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.

Når det gjelder måleprogrammet i Orkla må det bemerkes at dette er utilstrekkelig for en fullgod beskrivelse av situasjonen. De kontinuerlige registreringene i Raubekken med mengdeproporsjonal prøvetaking viser at forurensningstransporten fra Løkkenområdet kan endre seg mye over relativt korte tidsrom. Det er ikke alltid at prøvetakingsprogrammet i Orkla fanger opp slike forhold. Sett i et lengre tidsperspektiv gir pågående program likevel et godt bilde av den langsiktige utvikling.

For det hydrologiske året 2010-2011 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.	1258	49,1	255,6	16,3	11,8	50,6
Ut av Wallenberg pst.	1220	28,7	127,6	4,6	14,9	44,0
Ut av Bjørnlivatn	2110	23,4	16,9	5,3	21,0	56,2
Transport i Raubekken	3711	76,5	93,5	16,9	40,3	111
Differanse (=Løkkensiden)*	1601	53,1	76,6	11,6	19,3	74,1

\*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

## Summary

Title: Loadings of Heavy Metals in the Løkken Mining Area in 2010-2011

Year: 2011

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6003-8

The abandoned Loekken pyrite mine in Meldal municipality has been the most polluting pyrite mine in Norway over a long period. 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 rose to 5.5 - 6. In 2002-2005 pH in the outcoming water dropped from 6 to below 3 in periods. Elevated concentrations of copper, zinc, aluminium and ferrous iron were observed as well. At the end of 2005 the acid drainage was diverted to an alternative shaft. This led to a positive effect in the following year. However, in 2007 the pH in the outcoming water dropped to about pH 3 again causing a substantial raise in the copper and aluminium concentrations. Since 1995 the loadings of ferrous iron from the mine has tripled.

Studies carried out in the period 2005-2011 show that the acid drainage from the dumps is moving through the three upper levels of the mine. Consequently, the retention time is in the range of one to two years. The theoretical retention time in the flooded mine is about 8 years. At the end of 2011 it has become obvious that the flooded mine has lost its capacity to neutralise 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 falling pH-values below 3.

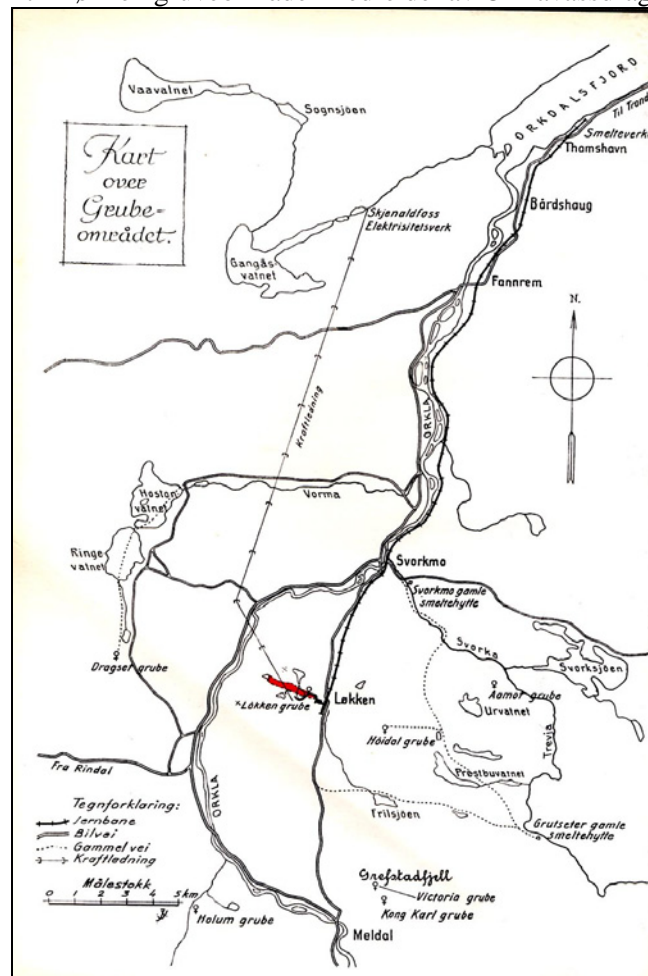
The situation showed some improvements in 2009 and 2010 due to reduced run-off from the dumps. However, in 2011 the situation worsened again. The changing metal run-off from the mine does not change any of the conclusions from the previous investigations. New mitigative measures are discussed. A liming treatment of the outcoming minewater has been implemented.



# 1. Innledning

Forurensningsproblemene på Løkken tiltok sterkt for omkring 100 år siden og kort tid etter at stordriften på kis startet. De første miljøundersøkelser ble startet allerede på 1920-tallet i regi av gruveselskapet. 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 gruedriften ble nedlagt i 1987, ble det gjennomført flere forurensningsbegrensende tiltak. Det viktigste var å ta i bruk den vannfylte Wallenberg gruve som et "rensaneanlegg" for forurenset 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. Programmet er revidert hvert år etterpå og forsterket med kontinuerlig overvåking av vannkvalitet og vannføring ved flere målepunkter. Den foreliggende rapporten gir en beskrivelse av undersøkelser som er utført i det hydrologiske året 2010-2011. 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 forurensningsproblematikken i gruveområdet. Figur 1 viser på en kartskisse beliggenheten til Løkken gruveområde i nedre del av Orklavassdraget.



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

## 2. Undersøkelsesopplegg

### 2.1 Prøvetakingsstasjoner

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

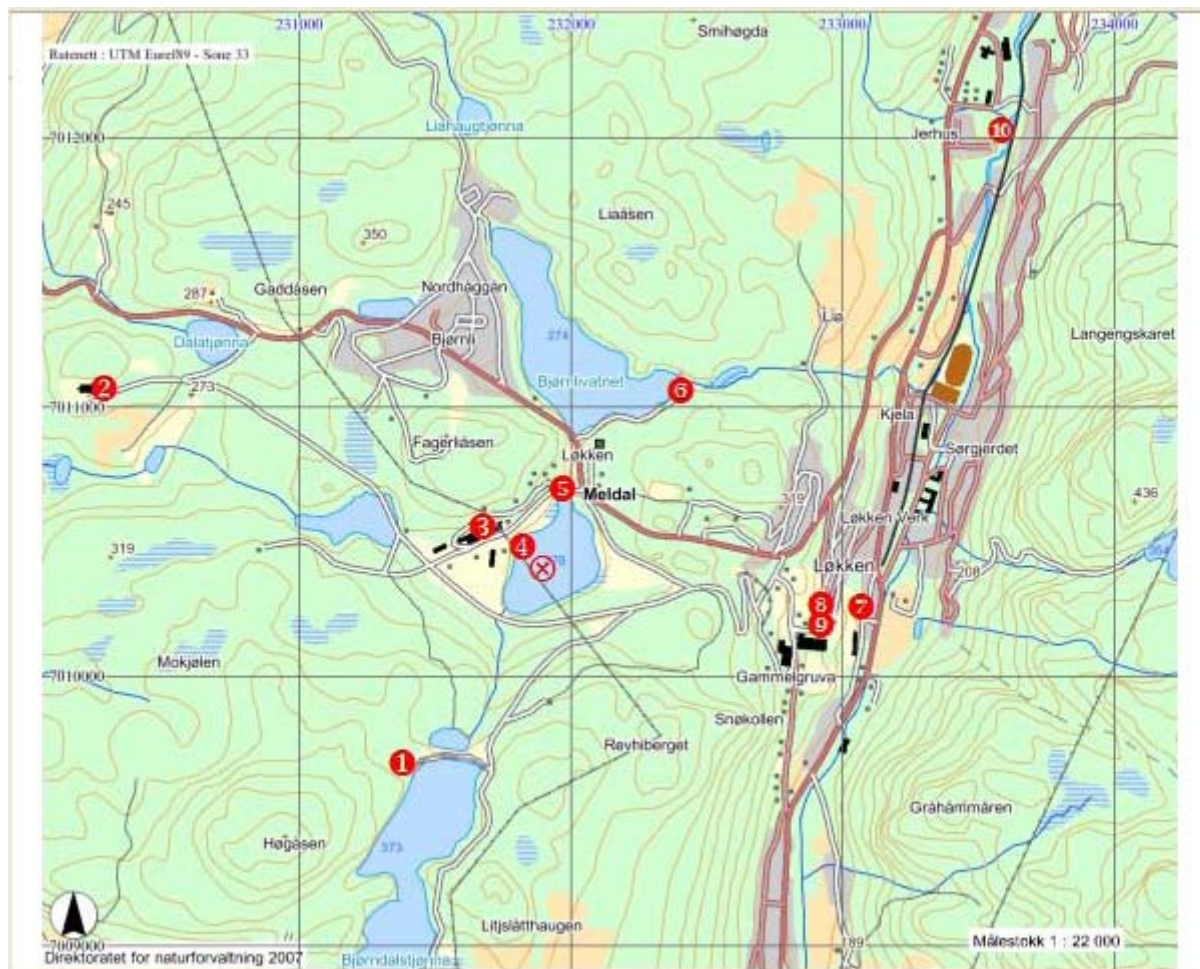
**Tabell 1.** Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2010-2011.

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. Stikkprøver 2 x mnd.
C. Grøft i Gammelgruva (sig fra tipp med magnetittmalm)	Kontinuerlig registrering av vannmengde. Stikkprøver 2 x mnd.
Gruvevann fra nivå 311, pumpeump Astrup	Prøvetaking bestemmes av Nammo NAD. Utumpet 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 ved inntak kraftverk	Månedlig stikkprøve, manuell avlesning av vannstandsmerke av KVO. Kontinuerlig vannstandslogging. Vannmengdeproporsjonal blandprøvetaking.
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 2010-2011 har Meldal kommune hatt ansvaret for prøvetakinger ved Wallenberg pumpestasjon, utløp Bjørnlivatn, i Raubekken, i Orkla 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. 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 drens vann i alle år etter 1992. Tungmetallanalysene i Orkla er utført vha ICPMS-teknikk.



**Figur 2.** Kart over gruveområdet med markering av prøvetakingsstasjoner i perioden 2005-2011.

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

## 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

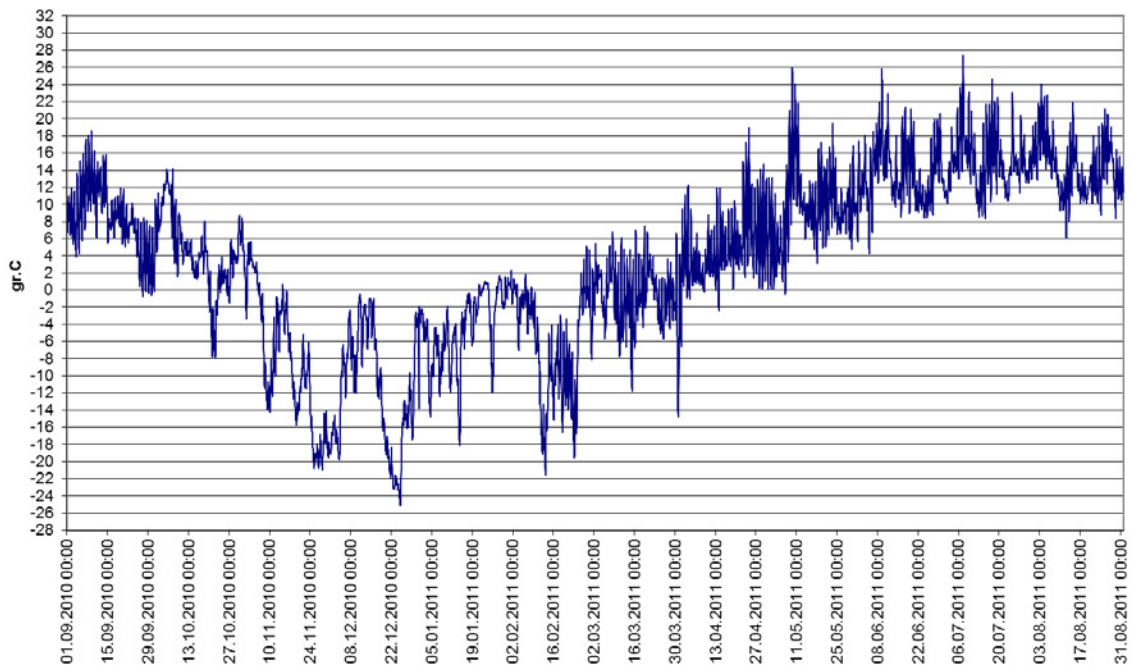
Temperatur og nedbør har stor betydning for vannbalansen på gruva. I dette området viser avrenningskoeffisientene store lokale variasjoner (NVE, 1987). I denne undersøkelsen har vi benyttet nedbørdata for den nærmeste meteorologiske stasjonen til Det norske meteorologiske institutt (DNMI), 66620 Rennebu. Figur 3 viser månedlige nedbørhøyder og normaler for perioden 2010-2011.



**Figur 3.** Månedlige nedbørhøyder og normaler ved DNMI 66620 Rennebu i 2010-2011.

Sett i forhold til normalene falt det mye nedbør i månedene januar 2011, mars 2011 og i sommermånedene juni, juli og august 2011. Det falt minst nedbør i månedene november 2010 og februar 2011. I året 1.9.2010 – 31.8.2011 falt det 111 % 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 2010-2011. En ser at det var spesielt kaldt i perioden november - desember 2010. Det var kaldest den 25.12.2010 (-25,1 gr.C).



**Figur 4.** Lufttemperatur ved Gammelgruva i 2010-2011.



**Figur 5.** Inngangen til Gammelgruva.

## 3.2 Vannkvalitet på Løkkensiden

### 3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon

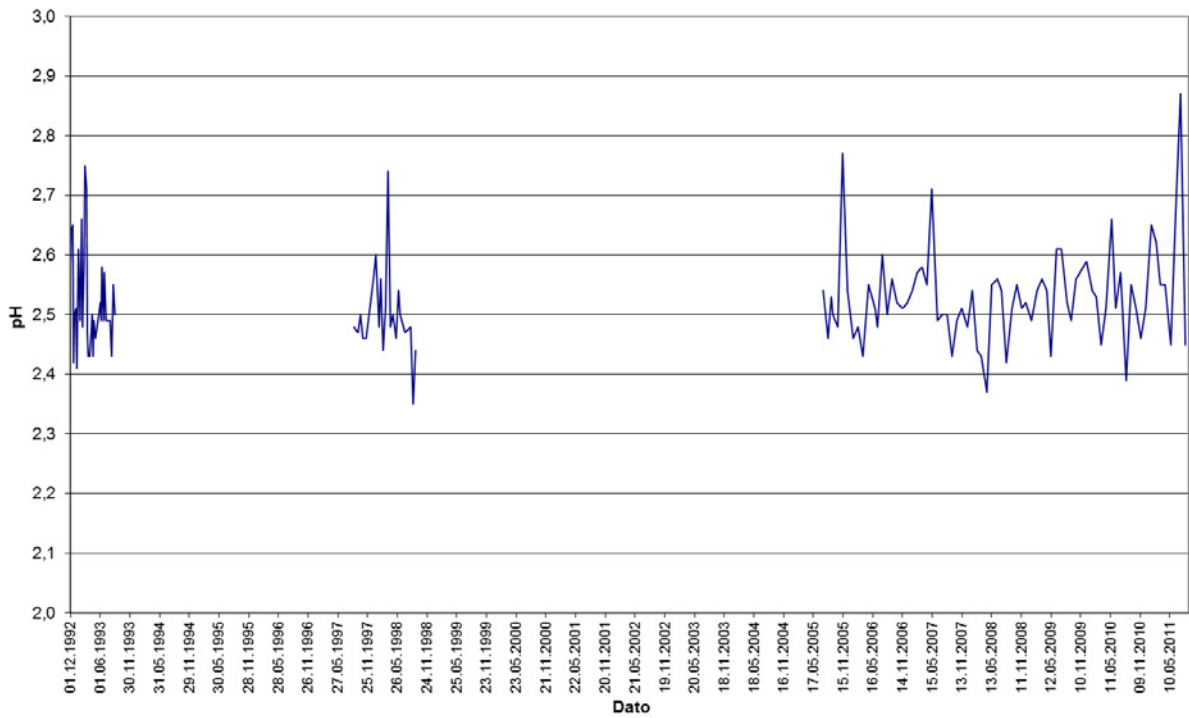
Analyseresultatene for prøver som er tatt i 2010-2011 er samlet i tabell 21 i vedlegg A bak i rapporten. I tabell 3 er det gjort en sammenligning mellom de årlige middelverdiene for alle måleperiodene som er gjennomført etter at tiltaksplanen ble satt i drift.

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

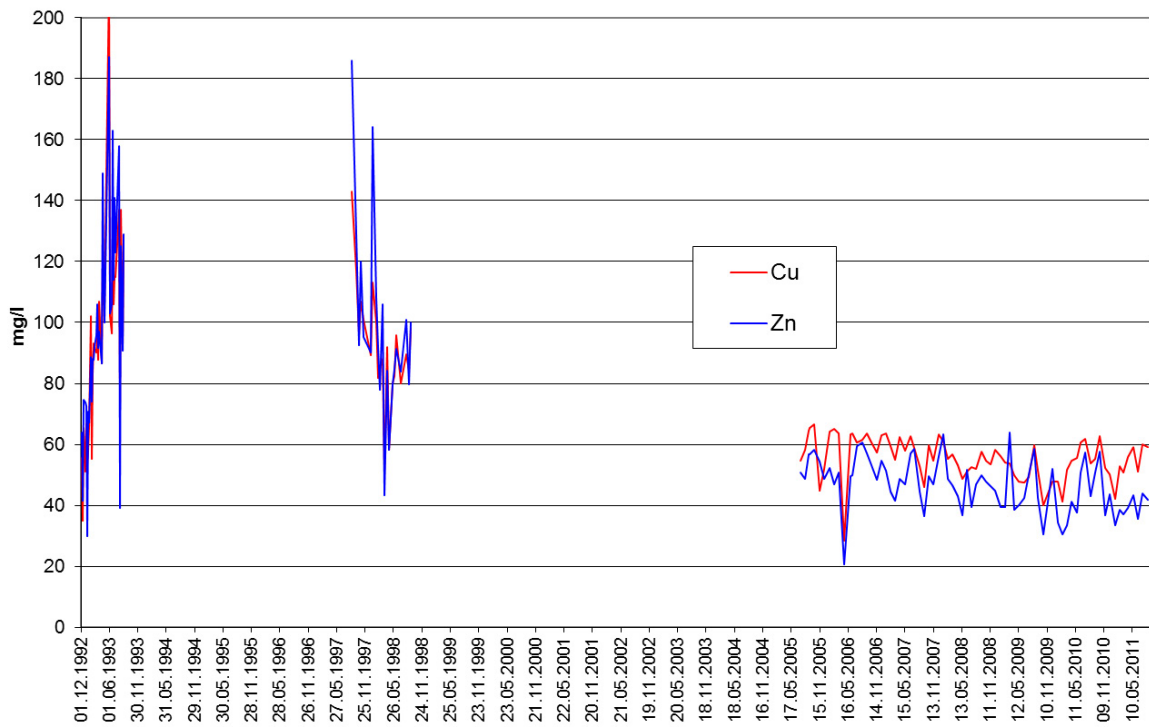
Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,53	466	4783	343	172	818	93,3	97,2	0,369	8,90	0,55	2,48	201	58,1
1997-1998	2,50	493	4566	374	141	738	80,7	81,8	0,338	7,49	0,51	2,46	170	49,0
2005-2006	2,53	469	4221	337	134	622	58,8	51,1	0,208	7,45	0,51	2,03	156	53,7
2006-2007	2,55	486	4452	356	139	623	59,8	50,5	0,203	7,62	0,52	2,03	157	58,2
2007-2008	2,48	476	4364	363	131	587	54,4	47,1	0,198	7,17	0,48	1,87	146	59,1
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
2010-2011	2,57	455	4024	348	129	567	54,2	41,8	0,183	6,90	0,46	1,77	145	55,3

Figur 6 viser at pH-verdiene er forholdsvis stabile, men at tungmetallverdiene er lavere i årene etter 2005 da det pågående kontrollprogram startet enn i de to foregående måleperiodene. Tendensen for tungmetallkonsentrasjonene sett over hele perioden 1992-2011 ser ut til å ha en avtakende karakter. Dette bekreftes også bl.a. av sulfatverdiene. Mye tyder derfor på at omfanget av forvitningsprosessene i gruveavfallet på Løkkensiden er avtakende.

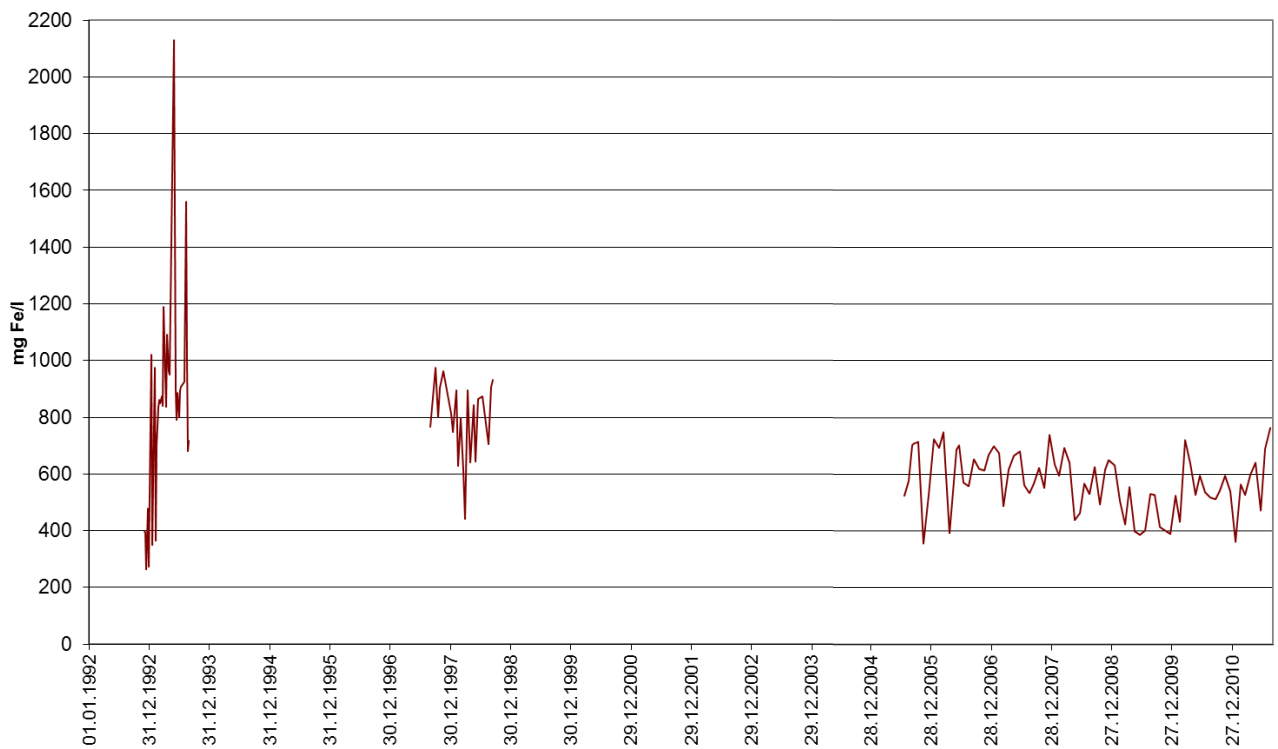
Av andre forhold som kan ha betydning kan nevnes at overdekkingsarbeidene som ble gjort av Løkken Gruber i sin tid også kan ha gitt langsiktig positiv effekt. Det har i årenes løp også etablert seg mer vegetasjon i gruveområdet, særlig på Nordre berghald. Denne tippen ble overdekket av mest morene og dessuten påført mye kalk. 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 utvaskingen ved store nedbørmengder.



Figur 6. pH-verdier ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2011.



Figur 7. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2011.



**Figur 8.** Jernkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2011.

### 3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald

Analyseresultater for prøver som er tatt i 2009-2011 er samlet i tabell 22 bakerst i rapporten i vedlegg A. I tabell 4 under er beregnet årlige middelveier for alle undersøkelsesperiodene som er gjennomført.

**Tabell 4.** Årlige middelveier 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	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
1992-1993	2,38	539,8	6663	203	196,1	238	1740	80,3	40,6	0,185	6,42	0,39	3,07	32,2
1997-1998	2,36	612,7	7817	183	216,8	259	2049	93,3	45,1	0,255	5,98	0,33	3,98	29,0
2005-2006	2,44	422,2	3901	144	95,8	116	893	40,1	19,2	0,075	3,61	0,22	1,70	26,8
2006-2007	2,43	467,4	4566	160	110,0	131	1043	45,4	21,3	0,079	4,04	0,24	1,92	30,6
2007-2008	2,33	488,5	4983	166	118,1	138	1142	47,7	21,2	0,084	4,15	0,25	2,04	32,1
2008-2009	2,33	534,0	5497	184	135,8	157	1248	52,9	25,8	0,102	4,81	0,29	2,24	35,8
2009-2010	2,37	509,1	5089	170	121,3	147	1186	47,6	21,9	0,093	4,34	0,26	2,02	33,6
2010-2011	2,35	523,9	5389	172	126,0	153	1359	49,3	23,2	0,096	4,37	0,26	2,08	32,5

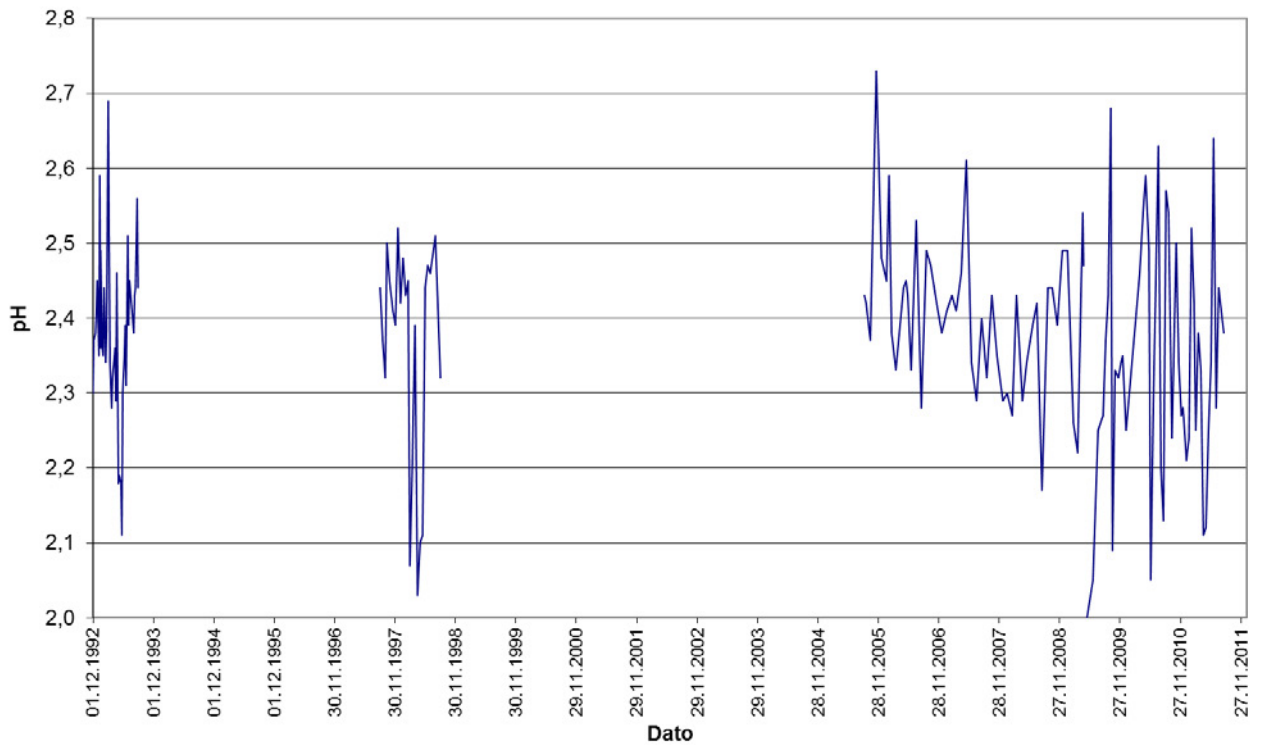
Som for drensvannet fra Stallgata pumpestasjon har det vært relativt beskjedne endringer i pH-verdiene siden 1992. Som for stasjon A er metallkonsentrasjonene i perioden 2005-2011 er betydelig lavere enn i de to første undersøkelsesperiodene. Dette gjelder særlig jern, kobber, sink og kadmium. Det samme kan påvises for sulfat. Etter at en økte prøvetakingsfrekvensen til 2 stikkprøver pr. måned ser en imidlertid at metallkonsentrasjonene kan variere forholdsvis mye. Tilsynelatende kan det se ut som om metallkonsentrasjonene har vært økende de tre siste år. Det er vanskelig å vurdere betydningen av



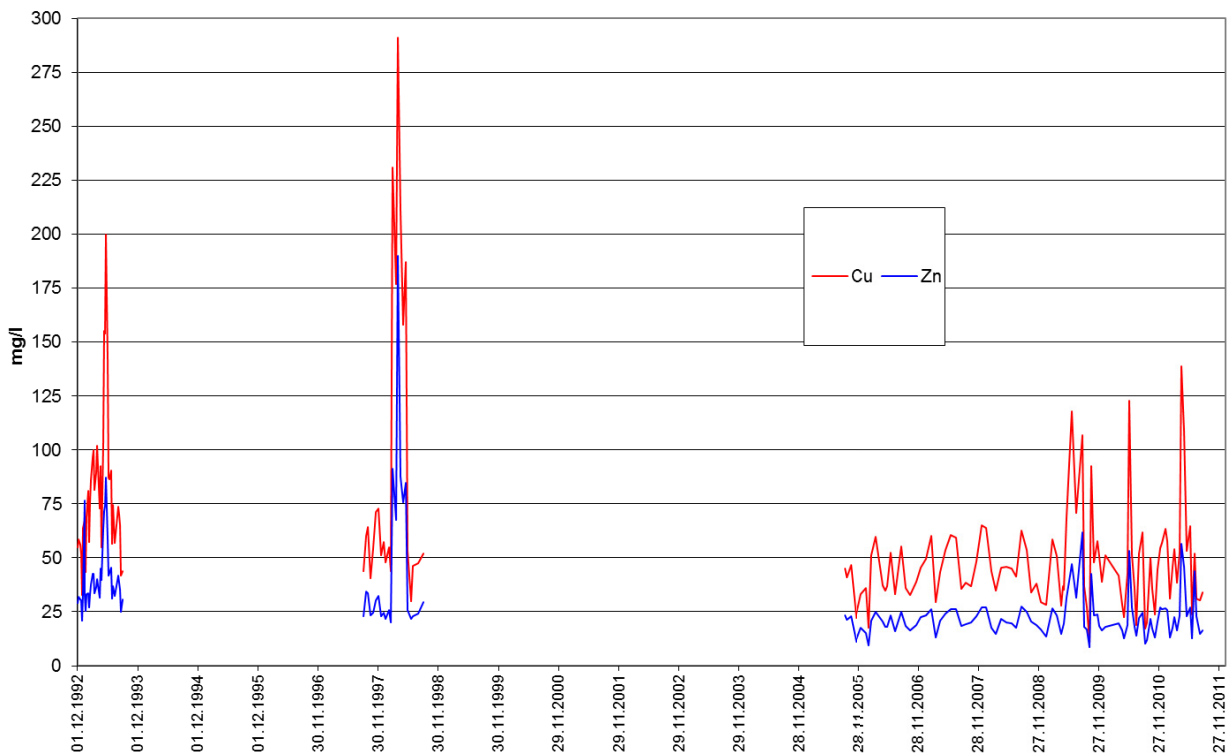
denne kilden da store deler av avrenningen fra tippet ikke samles opp. Dette kan en se i underkant av tippet der det strømmer ut mye surt sigevann. I fjorårets undersøkelse ble det påvist at metallkonsentrasjonene i dette vannet var betydelig høyere enn i det vannet en samler opp. Vi gjengir under et foto av dette sigevannet som ble vist i fjorårets rapport. Det er mulig at endringer i spredningsveiene for sigevannet er årsaken til de konsentrasjonsendringer som er påvist. En tettere oppfølging vil si mer om dette.



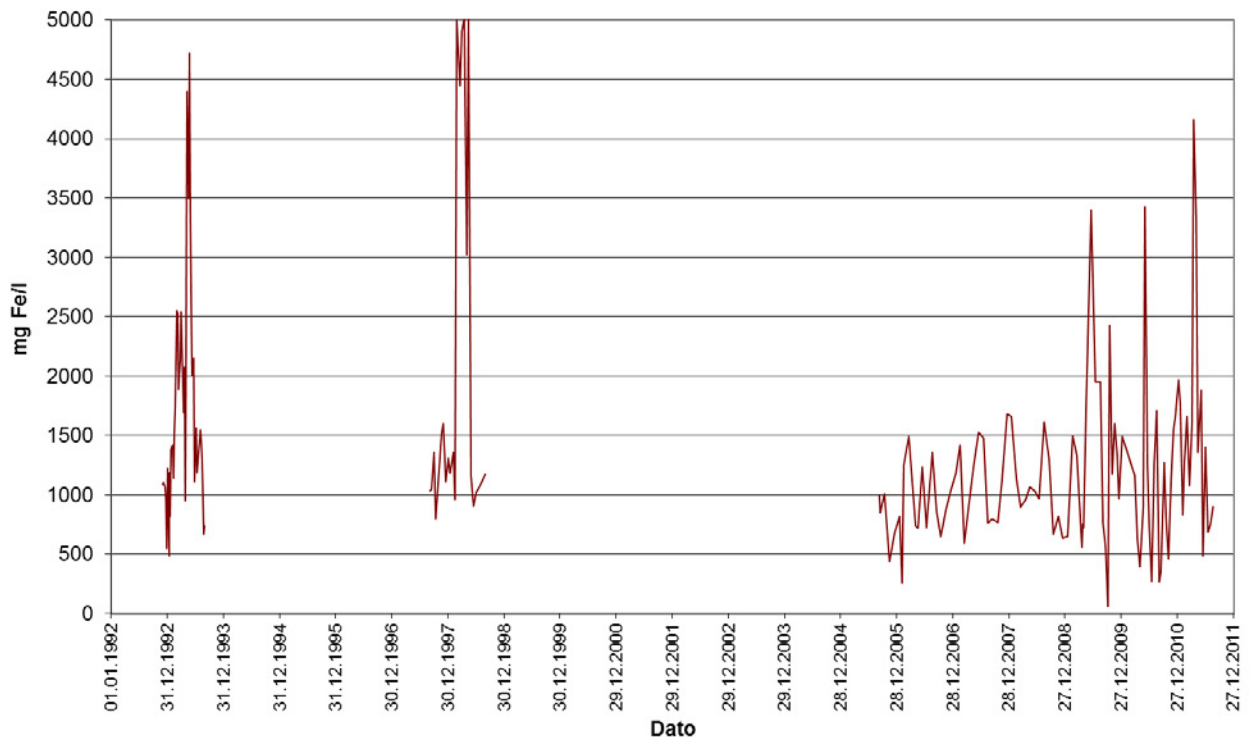
**Figur 9.** Sigevann i grøft under Nordre berghald i april 2010.  
Foto: Arne Veidel, NIVA.



**Figur 10.** pH-verdier ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2011.



**Figur 11.** Kobber- og sinkverdier ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2011.



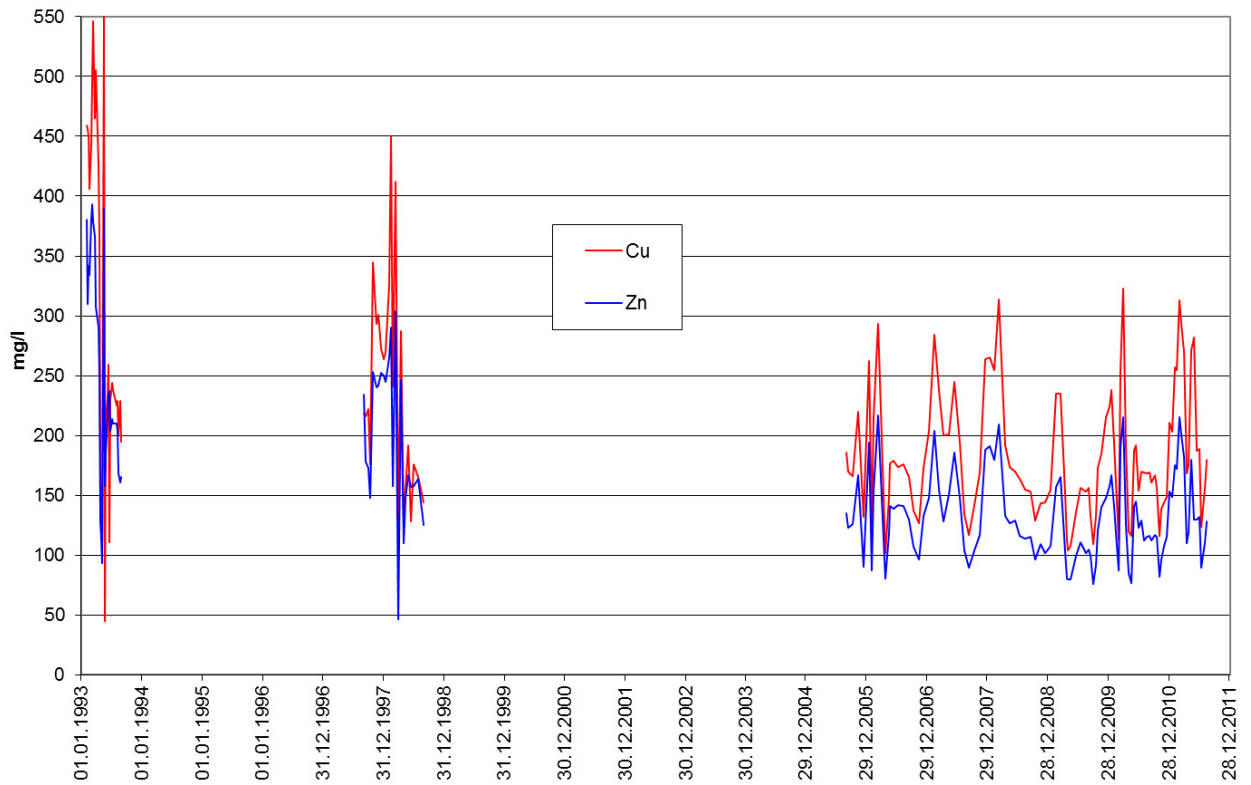
Figur 12. Jernkonsentrasjoner ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2011.

### 3.2.3 Stasjon C. Drensgrøft i Gammelgruva

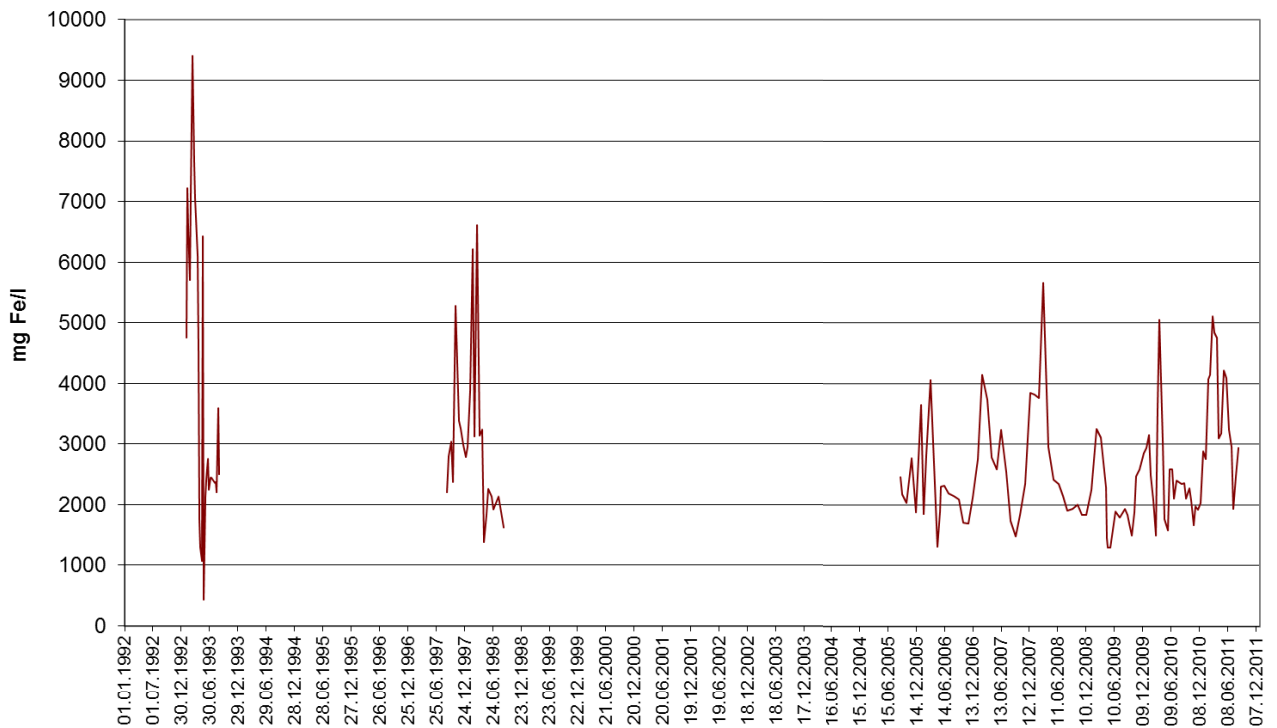
Resultatene for 2009-2010 er samlet i tabell 23 i vedlegg A bak i rapporten. Tabell 5 gir en oversikt over beregnede årsmiddelverdier for alle undersøkelsesperiodene som er gjennomført. Resultatene for perioden 2005 – 2011 viser samme trend som for de to andre stasjonene, men i litt mindre grad. Situasjonen etter 2005 synes å ha forandret seg relativt lite når en tar hensyn til de variasjoner som klima og nedbør forårsaker. Konsentrasjonsvariasjonene i løpet av året (Cu og Zn, figur 13 og Fe, figur 14) er noe større enn for to andre stasjonene.

Tabell 5. Årlige middelverdier for hydrologiske år for prøver fra Stasjon C, Grøft i Gammelgruva.

Hyd. År	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1992-1993	2,45	915,5	17108	348	706	807	4119	309	252	0,88		20,1	1,19	9,79	38,6
1997-1998	2,47	928,4	14964	311	668	753	3068	239	198	0,77		18,0	1,17	9,26	37,2
2005-2006	2,51	839,5	12169	299	558	572	2390	182	137	0,53		17,9	1,13	8,15	37,4
2006-2007	2,53	892,4	13703	295	607	624	2597	192	141	0,54		19,0	1,20	8,56	37,4
2007-2008	2,46	930,6	14384	280	652	659	2880	198	141	0,54	0,12	19,6	1,22	9,26	36,2
2008-2009	2,45	756,8	10476	286	467	468	2001	151	108	0,41	0,18	15,1	1,07	6,81	35,8
2009-2010	2,47	874,0	12506	295	578	574	2492	179	128	0,50	0,12	18,0	1,15	8,25	36,8
2010-2011	2,48	932,9	14107	295	644	636	3045	197	135	0,54	0,15	19,4	1,25	9,28	35,4



Figur 13. Kobber- og sinkobservasjoner ved Stasjon C, Drensrøft i Gammelgruva, 1992-2011.



Figur 14. Jernobservasjoner ved Stasjon C, Drensrøft i Gammelgruva, 1992-2011.

### 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. Resultatene fra siste års prøvetaking er samlet i tabell 24 i vedlegg A bak i rapporten. Pumpestanden er registrert ved hver prøvetaking. Tabell 6 gir en oversikt over beregnede tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år.

**Tabell 6.** Wallenberg pumpestasjon. Tidsveiede årsmiddelverdier hydrologiske år.

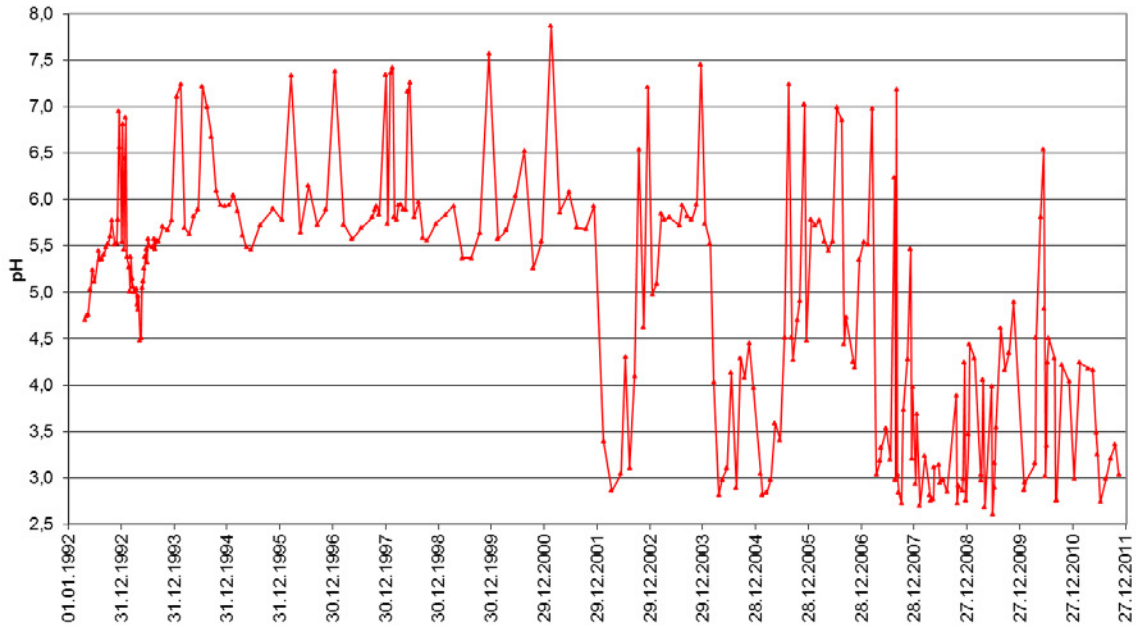
År	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Pb mg/l	Volum m <sup>3</sup>
1992-1993	5,47	304,5	2210	436,7	258,6	3,73	101,4	3,78	24,3	0,049	7,71	0,18	0,78	14,3		582048
1993-1994	6,18	253,2	1664	402,0	188,3	3,72	68,3	1,92	14,3	0,023	7,76	0,09	0,51	12,7		458600
1994-1995	5,85	289,8	1859	454,3	186,6	3,50	79,8	2,79	17,8	0,070	8,90	0,12	0,68	13,8		631492
1995-1996	6,14	231,5	1313	367,3	141,9	2,97	63,2	1,52	12,4	0,017	6,06	0,12	0,30	11,5		513821
1996-1997	5,98	248,5	1628	397,2	162,4	4,90	85,9	1,83	14,1	0,015	6,38	0,14	0,55	13,4		550965
1997-1998	6,56	232,2	1507	362,4	155,7	4,16	90,7	1,62	14,3	0,026	5,84	0,12	0,58	12,4		681638
1998-1999	5,63	298,3	2055	458,8	195,8	5,07	149,5	1,59	19,8	0,032	6,55	1,23	0,74	12,7		481092
1999-2000	6,15	232,0	1561	355,4	147,6	3,40	97,6	1,08	12,2	0,022	4,58	0,11	0,53	12,3		676796
2000-2001	6,04	272,7	1903	402,6	187,0	1,91	109,3	0,86	12,4	0,016	4,78	0,11	0,54	12,7		363598
2001-2002	4,16	332,6	2408	426,2	196,3	33,3	197,9	7,71	27,8	0,053	6,57	0,20	0,92	20,2	0,042	685408
2002-2003	5,60	280,3	1798	400,2	174,9	10,4	126,1	1,36	14,8	0,024	4,92	0,14	0,61	15,3	0,011	381328
2003-2004	4,79	283,0	1928	368,9	156,3	23,2	148,3	4,86	19,4	0,046	4,75	0,16	0,72	17,4	0,020	623033
2004-2005	3,73	325,2	2420	373,5	162,3	45,6	226,4	9,54	31,1	0,084	5,40	0,21	1,01	23,1	0,041	618505
2005-2006	5,50	239,9	1546	345,4	133,2	10,9	115,8	1,63	12,9	0,026	3,59	0,17	0,55	14,1	0,011	599112
2006-2007	4,54	288,9	2190	388,9	144,7	37,9	195,6	8,32	25,1	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	33,6	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	25,7	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	25,5	0,066	4,49	0,27	0,84	25,2	0,051	474165
2010-2011	3,65	324,6	2459	392,7	140,7	57,8	257,1	9,19	30,0	0,089	4,52	0,22	0,94	30,0	0,049	496081

Figur 15 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.

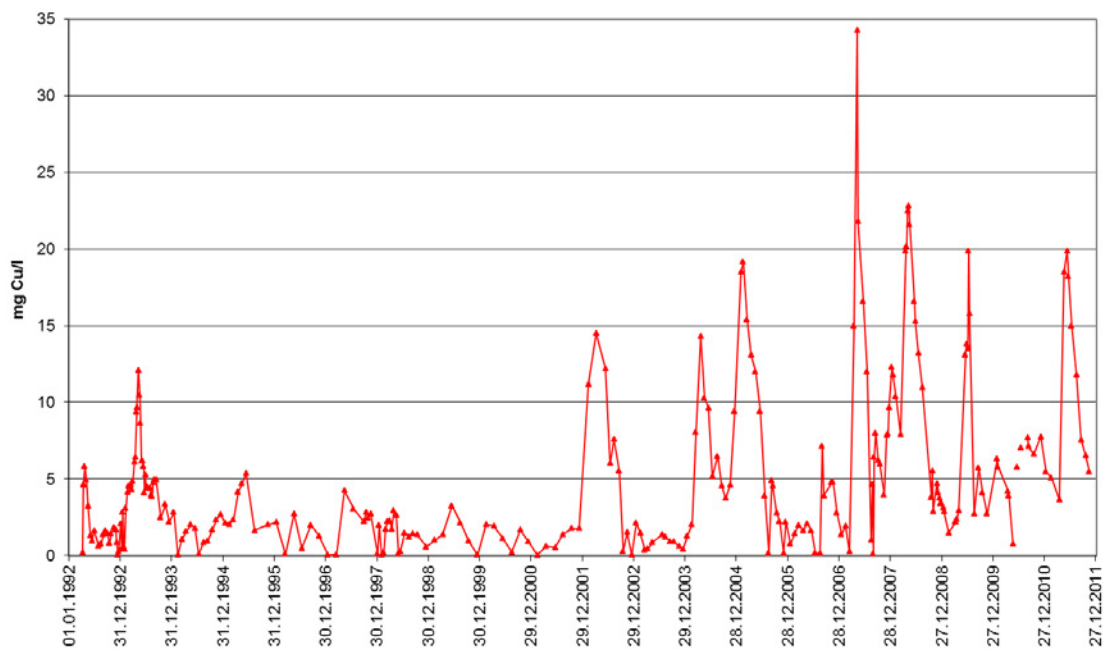
Våren 2004 fikk en et nytt pH-fall som varte fram til flyttingen av inngående vann til Gammelsjakta høsten 2005. Ut over høsten 2005 og vinteren 2006 steg pH igjen. Våren 2006 ble det et betydelig pH-fall igjen. Bortsett fra episoder med pumping av mer ionefattig overflatevann har pH vært vedvarende lav omkring 3 siden våren 2006.

pH måles av prøvemottaket ved NIVAs laboratorium. Verdiene kan til dels være vesentlig lavere ved mottak ved laboratoriet enn på prøvetakingstidspunktet pga oksidasjon og hydrolyse av toverdige jern i prøveflasken, dvs den samme prosess som pågår ute i Fagerlivatn og Bjørnlivatn.

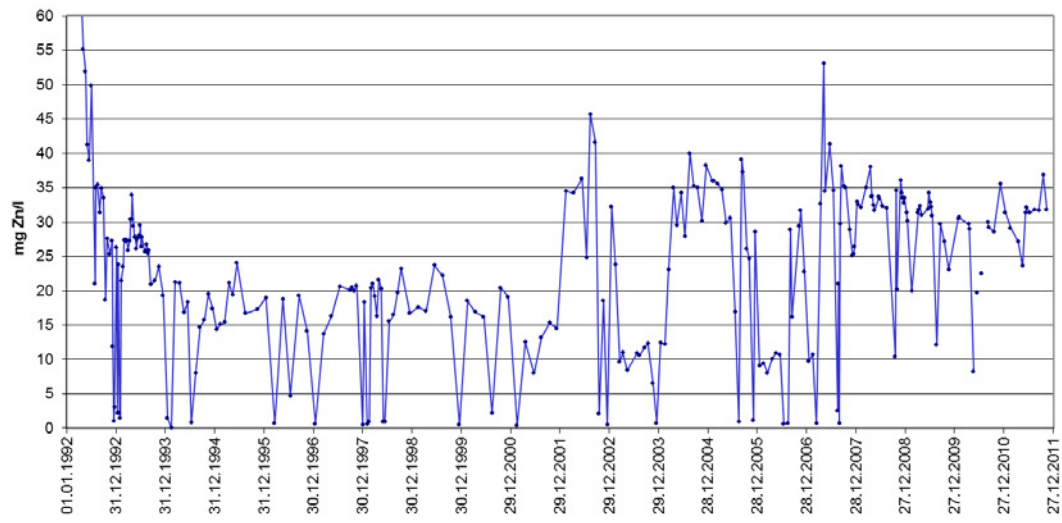
Når pH faller ned mot 3, ser en at dette medfører betydelig økning i metallkonsentrasjonene. Figur 16, figur 17, figur 18, figur 19 og figur 20 viser hvordan konsentrasjonene av kobber, sink, jern, sulfat og aluminium har utviklet seg siden 1992.



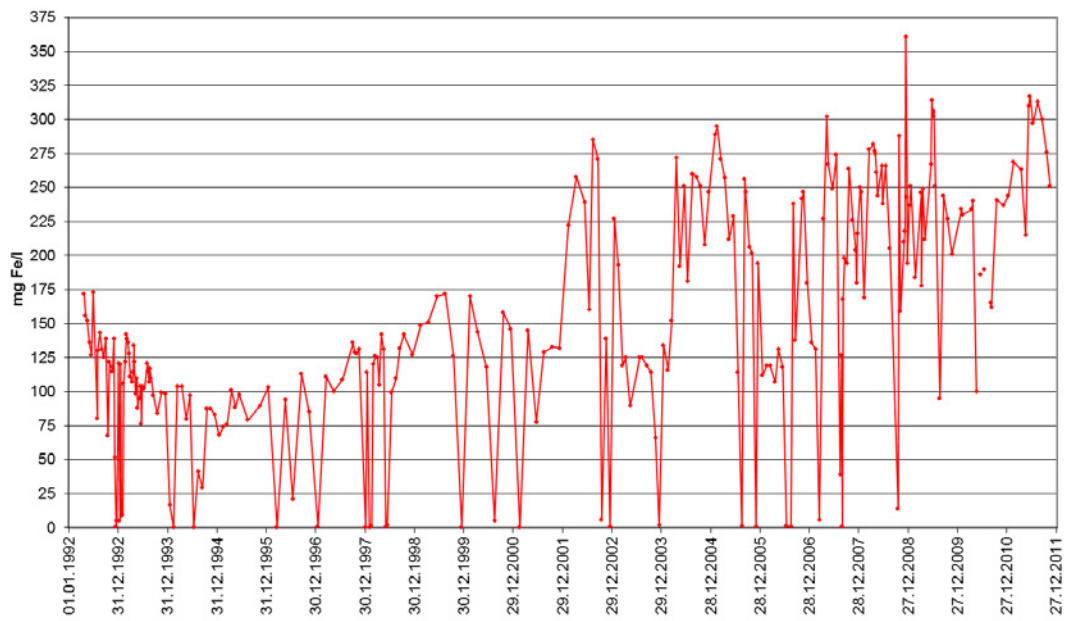
**Figur 15.** Laboratoriemålinger av pH i prøver fra Wallenberg pumpeasjon 1992-2011.



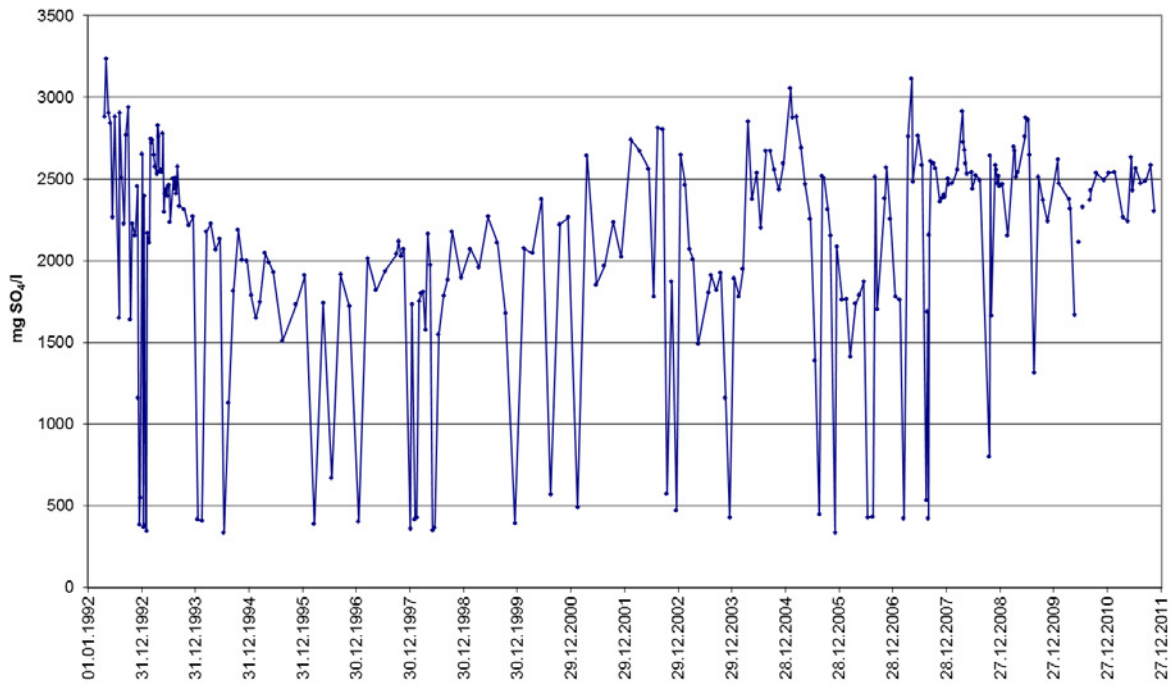
**Figur 16.** Kobberkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpeasjon 1992-2011.



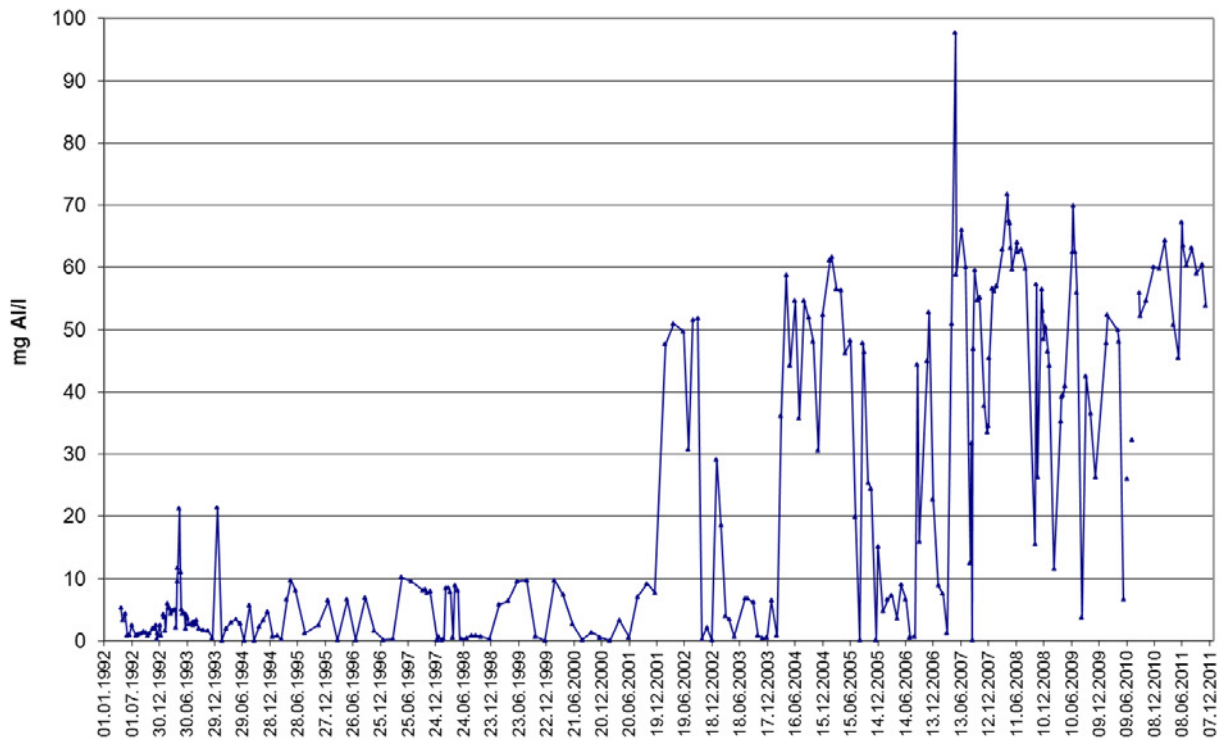
Figur 17. Sinkkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992- 2011.



Figur 18. Jernkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2011.



**Figur 19.** Sulfatkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2011.



**Figur 20.** Aluminiumkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2011.

Erfaringene fra de siste årene er at en får økte konsentrasjoner i utgående vann i perioder når belastningen på gruva er stor. En merker effektene tydeligst når det gjelder aluminium- og jernkonsentrasjoner, men også for kobber. Som nevnt i foregående rapporter er det tydelig at gruvas «rensekapasitet» er avtakende. Periodene med de høyeste kobberkonsentrasjonene er mer kortvarige enn hva som er tilfelle med jern. Dette viser at gruva fortsatt har noe evne til å ta opp kobber. I 2011

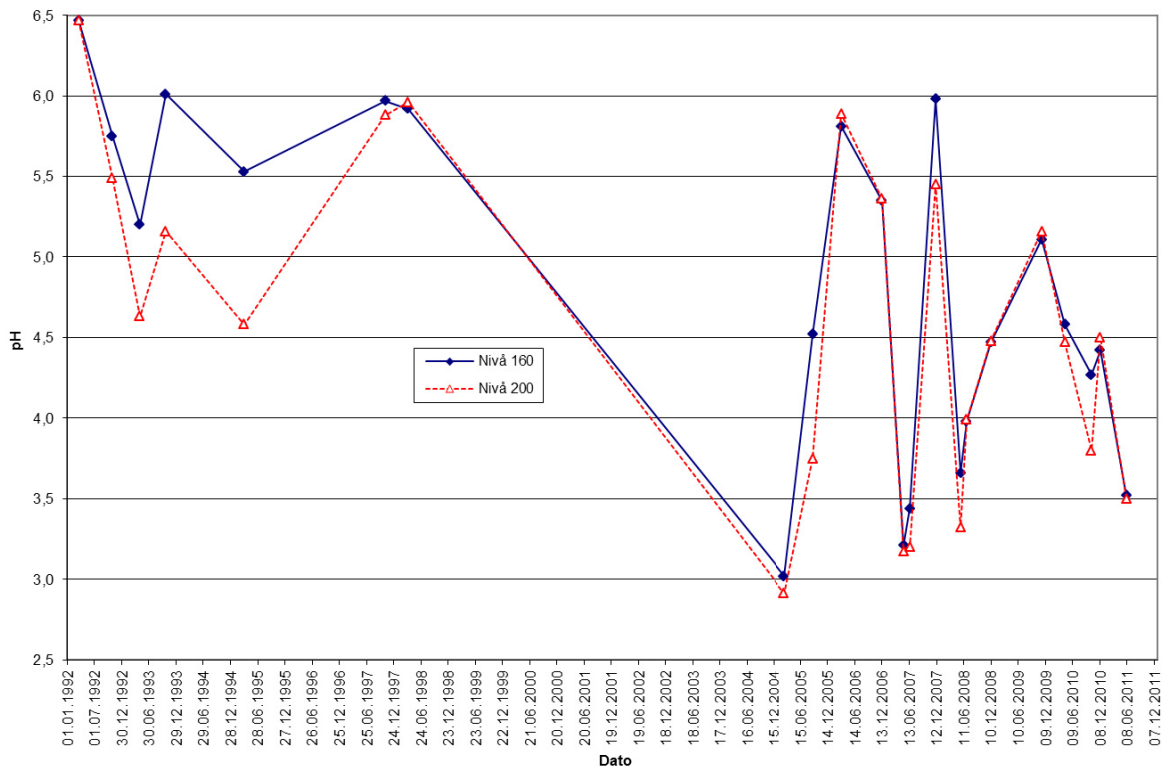


ble de høyeste konsentrasjonene påvist etter vårfloppen og utover høsten som følge av mye nedbør i denne perioden.

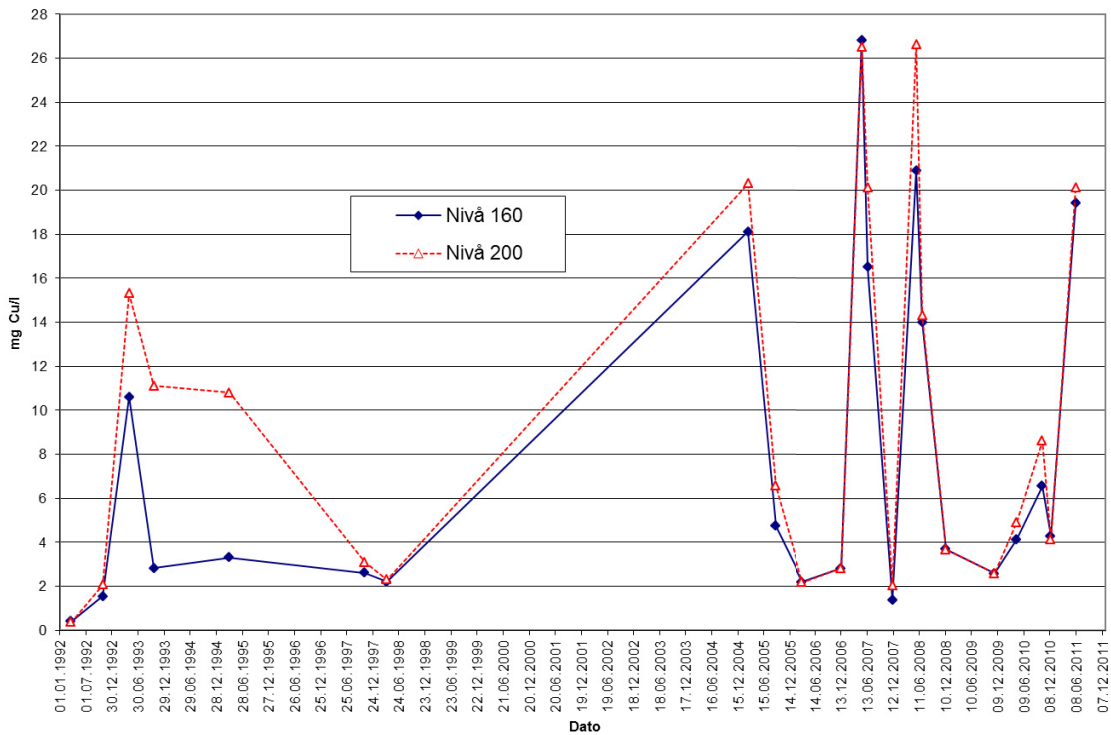
Prøvetaking ved hovednivåene i gruva i Wallenberg sjakt gir også mye informasjon om tilstanden. I året 2010-2011 ble det tatt tre prøveserier. I oktober 2010 ble det tatt prøver ved de tre øverste nivåene, mens det i desember 2010 og juni 2011 ble det tatt prøver ved alle nivåer. Analyseresultatene er samlet i vedlegg bak i rapporten.

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 (1992-2011). Resultatene viser at pH-verdiene er synkende og metallkonsentrasjonene er økende. Når det tilsynelatende er betydelige forskjeller i resultatene fra gang til gang skyldes dette tilførsler av 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.

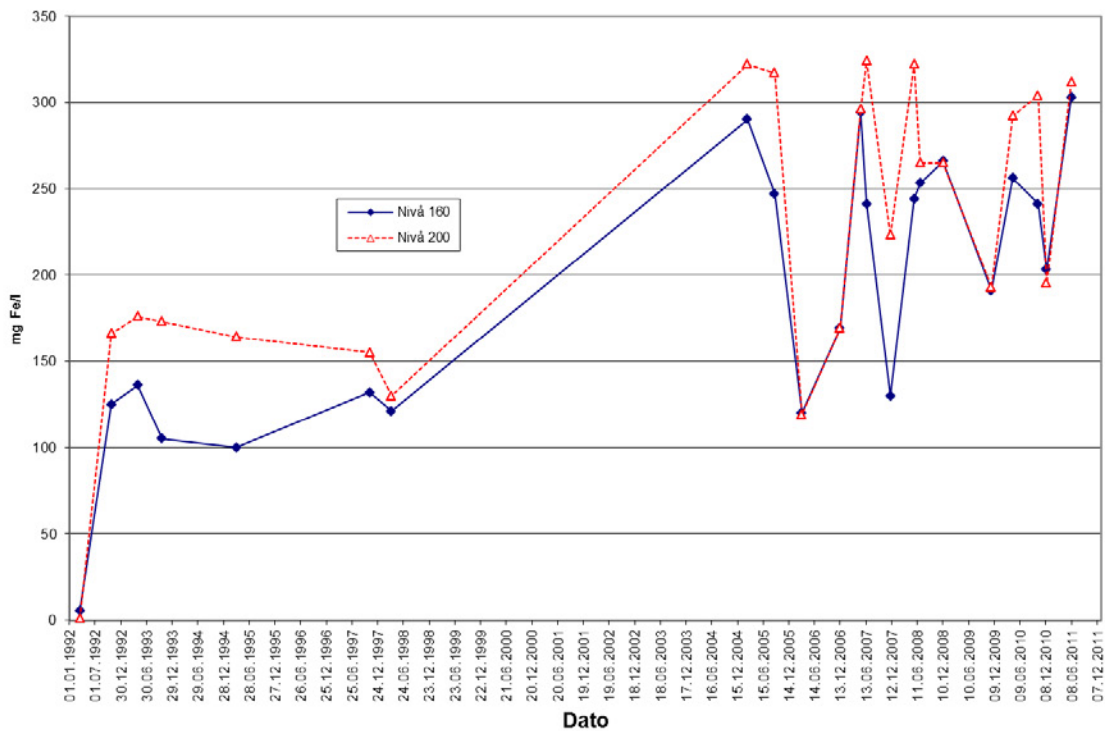
Figur 24, figur 25 og figur 26 viser utviklingen ved nivå 300 for pH, kobber, sink og jern. Resultatene viser store endringer etter at alle tilførsler fra Løkkensiden ble ledet til Gammelsjakt i 2005. Ved nivå 300 var vannkvaliteten surere og hadde et høyere metallinnhold enn ved de to nivåene ovenfor. Dette viser at omleggingen av innløpet førte til at hovedtyngden av tilførslene fra Løkkensiden for tiden beveger seg mot Wallenberg sjakt på nivå 300. Nivåene under 300 er ennå ikke påvirket av tilførslene fra Løkkensiden.



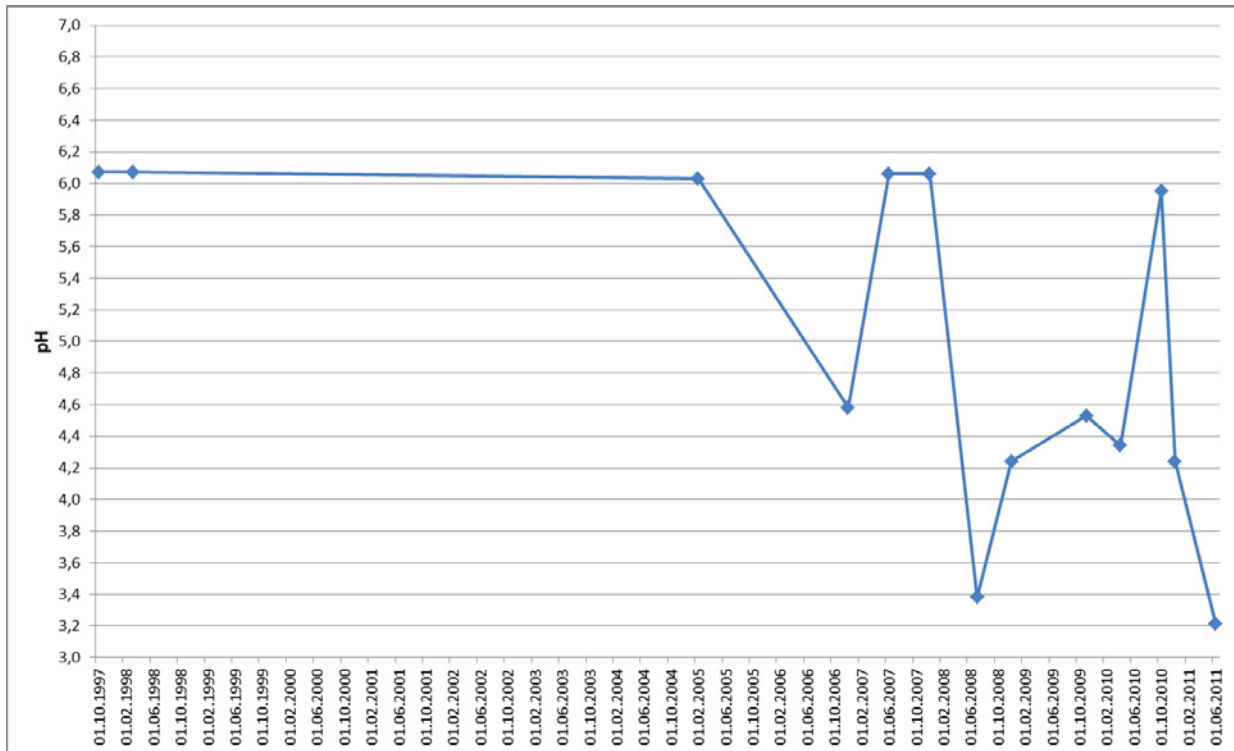
**Figur 21.** pH-observasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2011.



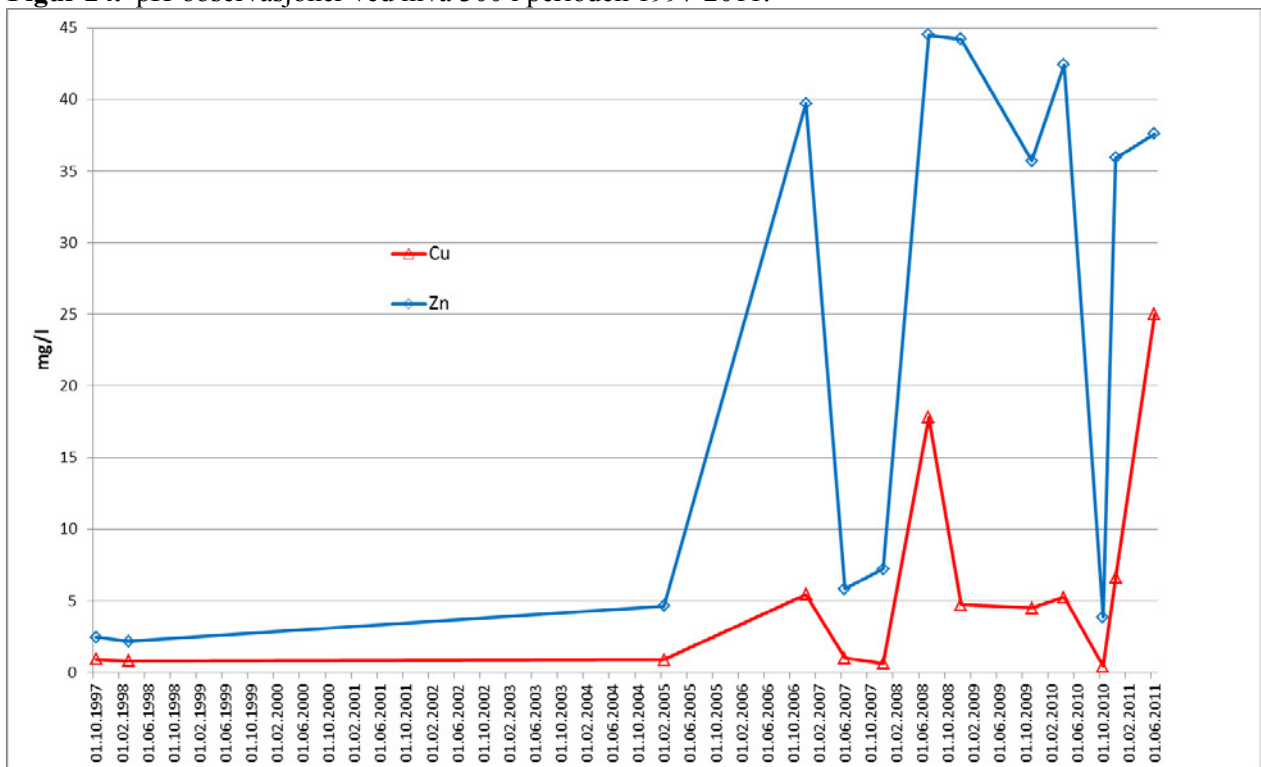
Figur 22. Kobberkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2011.



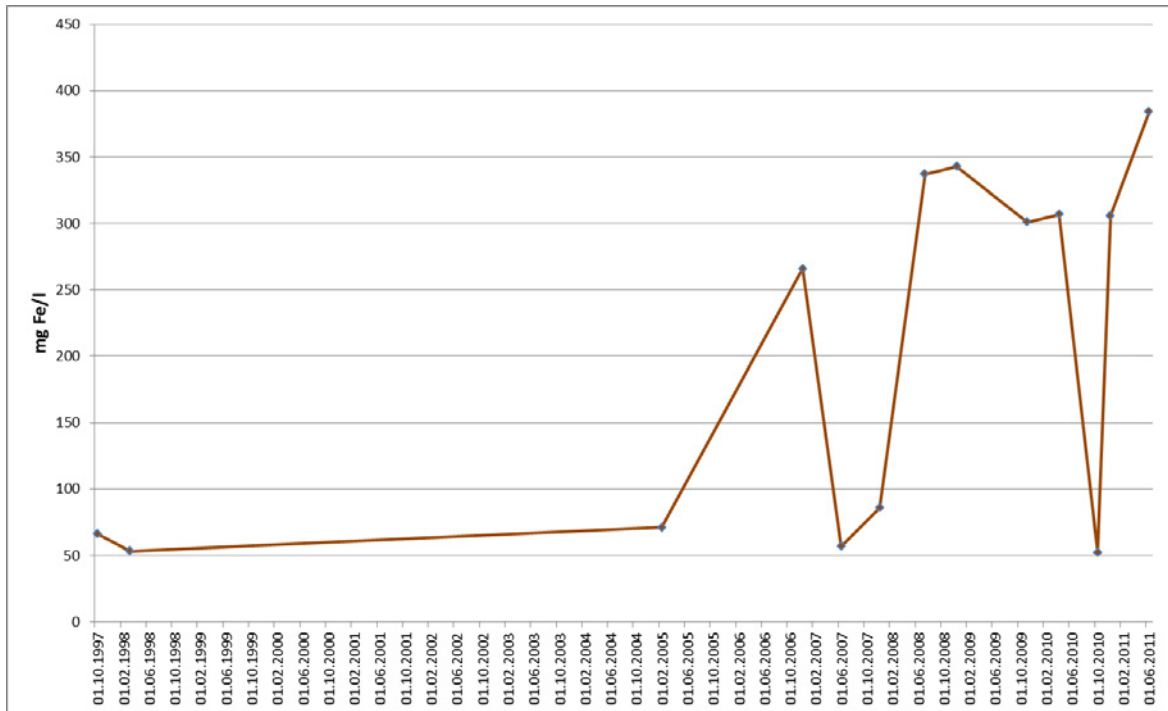
Figur 23. Jernkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2011.



Figur 24. pH-observasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2011.

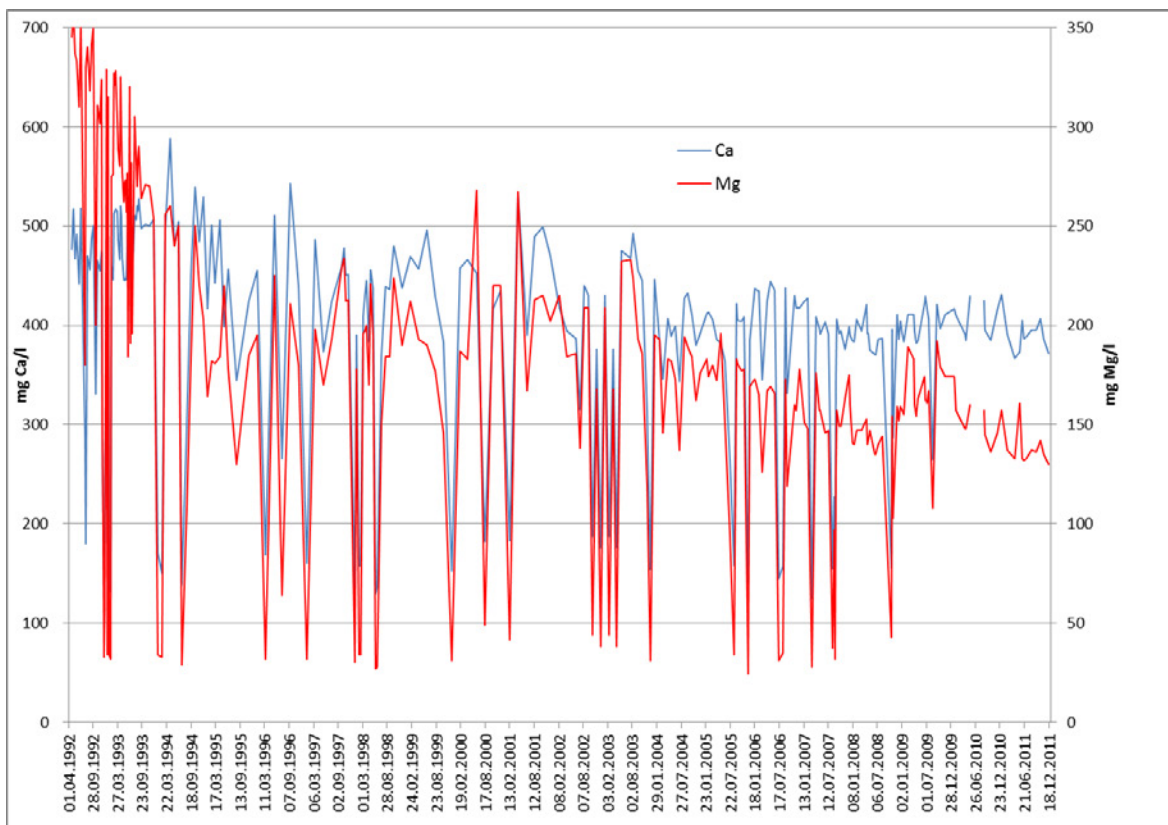


Figur 25. Kobber- og sinkobservasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2011.



Figur 26. Jernobservasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2011.

Årsaken til synkende pH-verdier i Wallenberg gruve skyldes at flatene med grønnstein som regulerer pH gradvis dekkes med jernslam. Grønnstein inneholder mye magnesium. Figur 27 viser utviklingen i kalsium- og magnesiumkonsentrasjonene ved Wallenberg pst.



Figur 27. Kalsium- og magnesiumkonsentrasjoner ved Wallenberg pst 1992-2011.

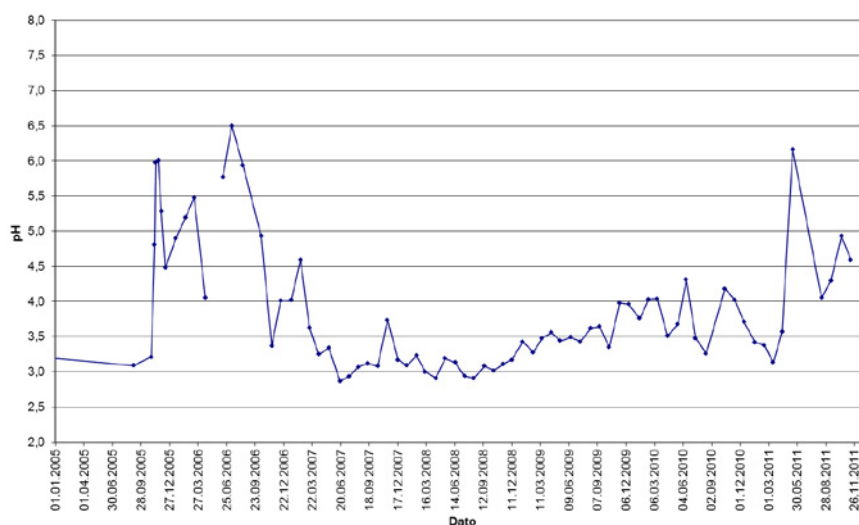
Resultatene viser at både kalsium- og magnesiumkonsentrasjonene har avtatt gradvis i alle år og avtar fortsatt. Magnesium har avtatt mest. På figuren må en se bort fra de meget lave konsentrasjonene en får når det hovedsakelig pumpes ut rent infiltrasjonsvann som kommer inn gjennom rasområdet i Fagerlia. Fallende pH-verdier i gruva som følge av nedslamming av grunnsteinsflater fører igjen til økt forvitring som følge av at mindre av jerninnholdet i inngående vann felles ut. De økende jernmengder angriper kisflatene i gruva, en reaksjon som utvikler syre og som frigjør økende mengder toverdigg jern. Økt surhet fører også til økt utløsning av aluminium fra sideberget.

### 3.3.2 Utløp Fagerlivatn

Gruvevannet fra Wallenberg pumpestasjon føres til Fagerlivatn. Mesteparten av jernet i gruvevannet har hittil foreligget som toverdigg. Ute i vannmassene i Fagerlivatnet oksiderer det toverdigg jernet til treverdigg. Treverdigg jern felles ut som hydroksid (hydrolyse) i vannmassene. Denne reaksjonen medfører et pH-fall. I november 2005 ble Fagerlivatn overflatekalket for å teste denne metoden som tiltak mot akutt forurensning. I 2010-2011 er det gjennomført tiltak ved kalkingsstasjonen for utgående gruvevann ved at vann fra Fagerlivatn tas inn i kalkingsstasjonen og tilført kalk også når det ikke pågår utslipp av gruvevann. I denne forbindelse har en fulgt opp vannkvaliteten i Fagerlivatn jevnlig og spesielt utviklingen i pH-verdiene. Tabell 7 gjengir analyseresultatene for 2010-2011 mens figur 27 viser observasjonsmaterialet for pH for hele perioden 2005-2011.

**Tabell 7.** pH- og konduktivitetsverdier ved utløpet av Fagerlivatn i 2010-2011.

Prøve tatt	pH	Kond mS/m
15.09.2010	3,90	171
14.10.2010	4,18	159,4
15.11.2010	4,02	153
13.12.2010	3,71	165,9
17.01.2011	3,42	173
15.02.2011	3,38	193
15.03.2011	3,13	197
13.04.2011	3,57	86,2
16.05.2011	6,16	131
15.08.2011	4,05	159



**Figur 28.** pH-verdier ved utløpet av Fagerlivatn 2005-2011.

Overflatekalkingen ga en midlertidig effekt. Økt kalktilsetning i kalkingsstasjonen bidrar til å heve pH i Fagerlivatn. Dette bidrar igjen til at oksidasjonen av toverdige jern i Fagerlivatn går raskere slik at større andeler av metallinnholdet i vannmassene felles ut der i stedet for i Bjørnlivatn. Det vil ta noe tid å innhente erfaringsgrunnlaget fra endringene i det kontinuerlige kalkingsopplegget.

### 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 8 er det samlet beregnede årsmiddelverdier for hydrologiske år for de årene som NIVA har datamateriale for. Resultatene viser at spesielt jernkonsentrasjonene avtok etter at driften opphørte i 1987. Da Wallenberg pumpestasjon kom i drift i april 1992, medførte dette økte utslipp av sink. pH-verdiene økte fram til programmet ble avsluttet våren 1995. Sommeren 1997 ble det i en stikkprøve målt pH 6,75.

Etter at prøvetakingene ved utløpet av Bjørnlivatn ble gjenopptatt i 2005, har en observert fallende pH-verdier økte jernkonsentrasjoner i Bjørnlivatn igjen som følge av økte utslipp fra Wallenberg pumpestasjon. Jernkonsentrasjonene var spesielt høye i 2007-2008 og i 2008-2009 som følge av store utslipp fra gruva. I de to siste årene har kobber- og jernkonsentrasjonene avtatt noe fordi gruva har vært mindre belastet sett i forhold til de foregående. pH-verdiene har vært forholdsvis lave de siste årene og variert i området 3,2 - 3,5 som årsmiddel.

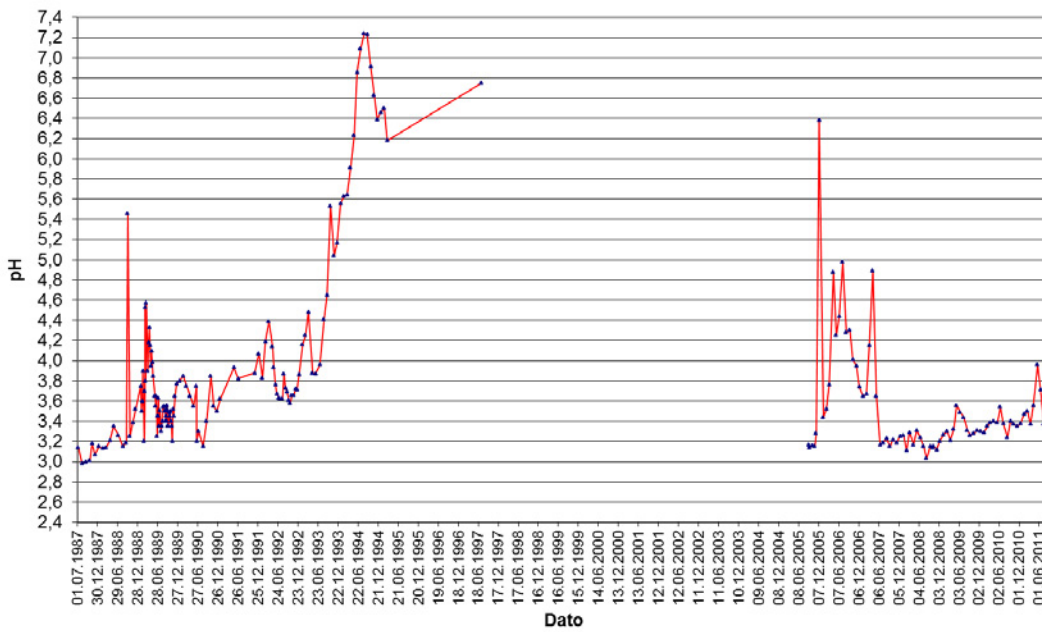
Figur 28 viser alle pH-observasjoner som er gjort ved utløpet av Bjørnlivatn etter at driften opphørte den 1.7.1987. pH-verdiene er for tiden betydelig lavere enn de var ved avslutningen av Løkken Grubers kontrollprogram i 1995. Overflatekalking av Fagerlivatn senhøstes 2005 ga en midlertidig pH-økning også i Bjørnlivatn. Likeledes var det noen mindre tilførsler fra gruva i 2006 som følge av redusert belastning og omlegging av innløpet til Gammelsjakta, noe som ga økt oppholdstid i gruva for dreinsvannet fra Løkken-siden. Fra sommeren 2007 sank pH-verdiene igjen.

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 de to siste årene har kobberverdiene vært en del lavere som følge av mindre utslipp fra gruva.

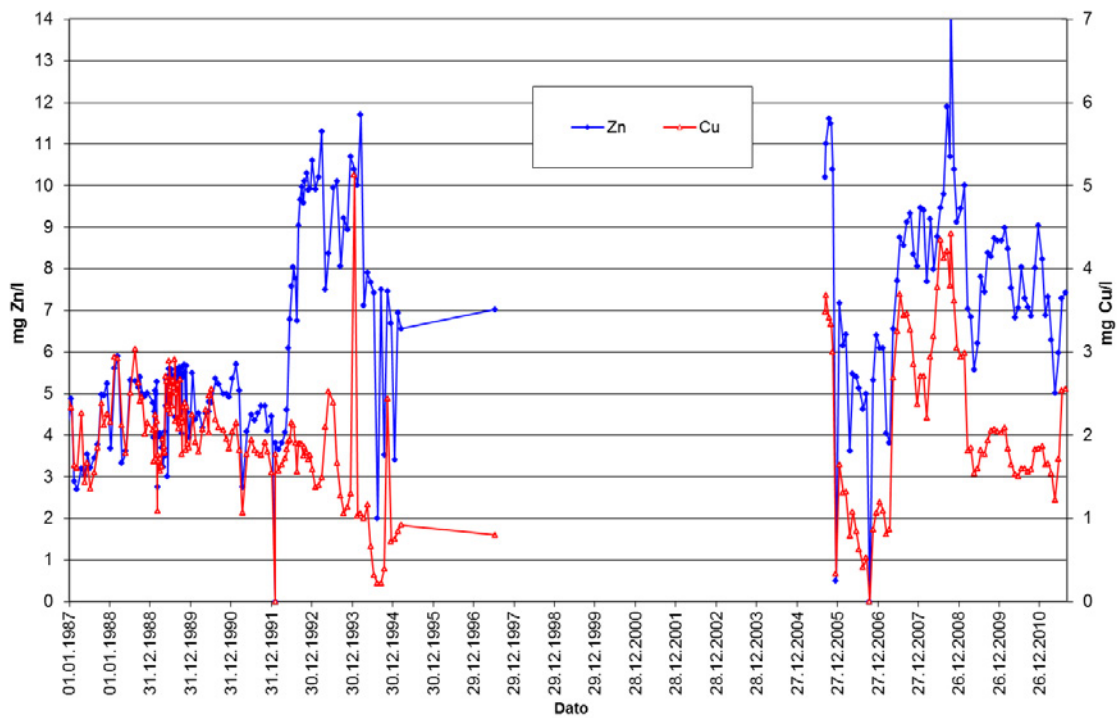
Analyseresultatene for 2010-2011 er samlet i tabell 25 i vedlegg A bak i rapporten.

**Tabell 8.** Utløp Bjørnlivatn. Tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år 1972-2011.

År	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
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	<0,01	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	<0,01	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	0,01	0,028	1,43	0,065	0,266	8,11	74,6
2008-2009	3,29	130,19	726,4	144,4	37,47	12,03	10,71	2,59	8,68	0,01	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	<0,01	0,022	1,47	0,064	0,245	7,64	83,1
2010-2011	3,48	126,2	714,6	158,4	40,0	7,91	5,72	1,79	7,10	<0,01	0,019	1,27	0,058	0,217	7,15	90,9

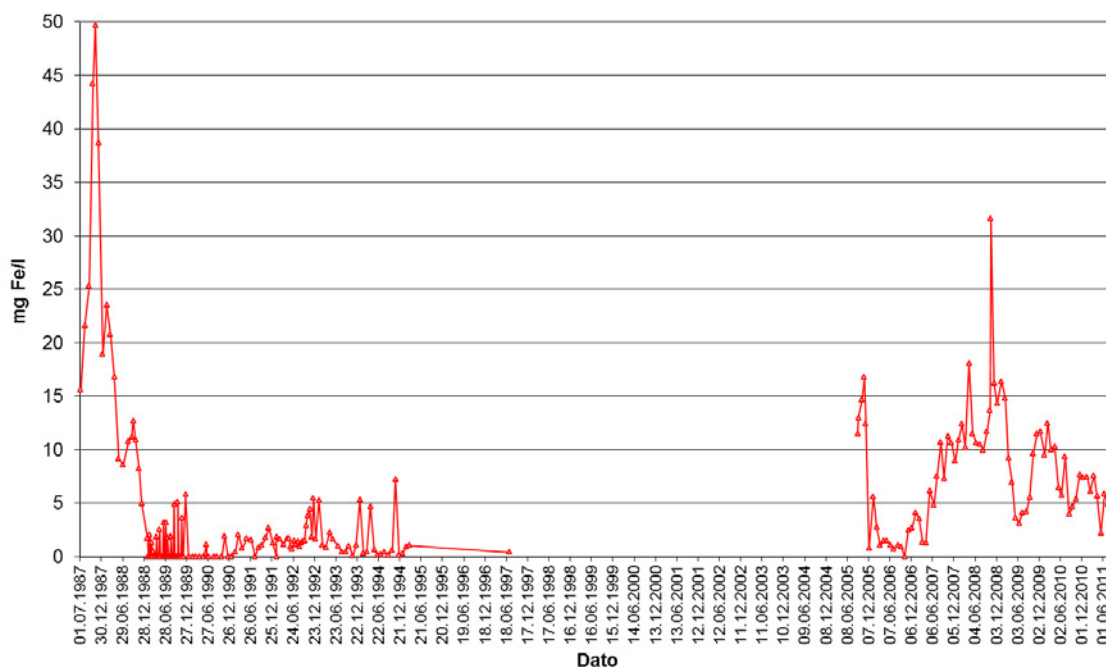


Figur 29. pH-verdier ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2011.



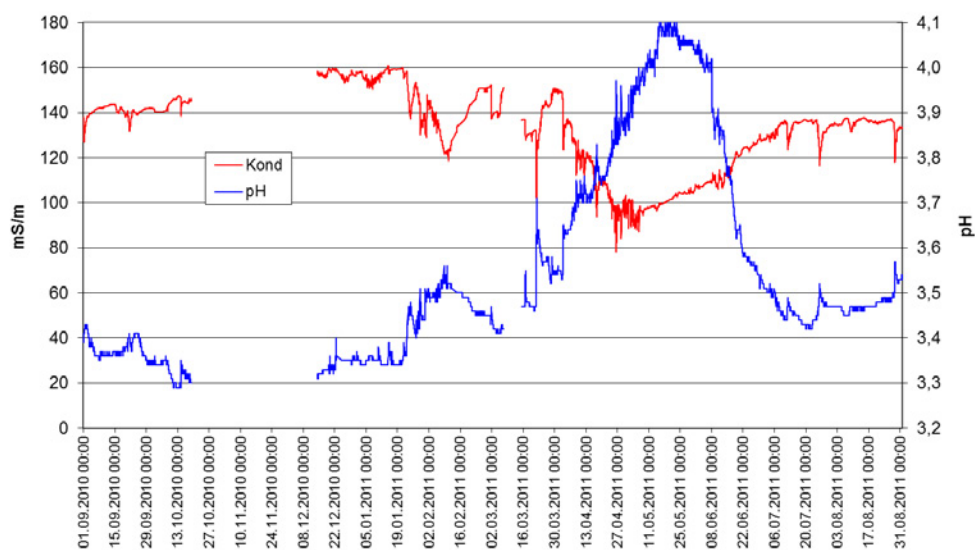
Figur 30. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2011.





**Figur 31.** Jernkonsentrasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2011.

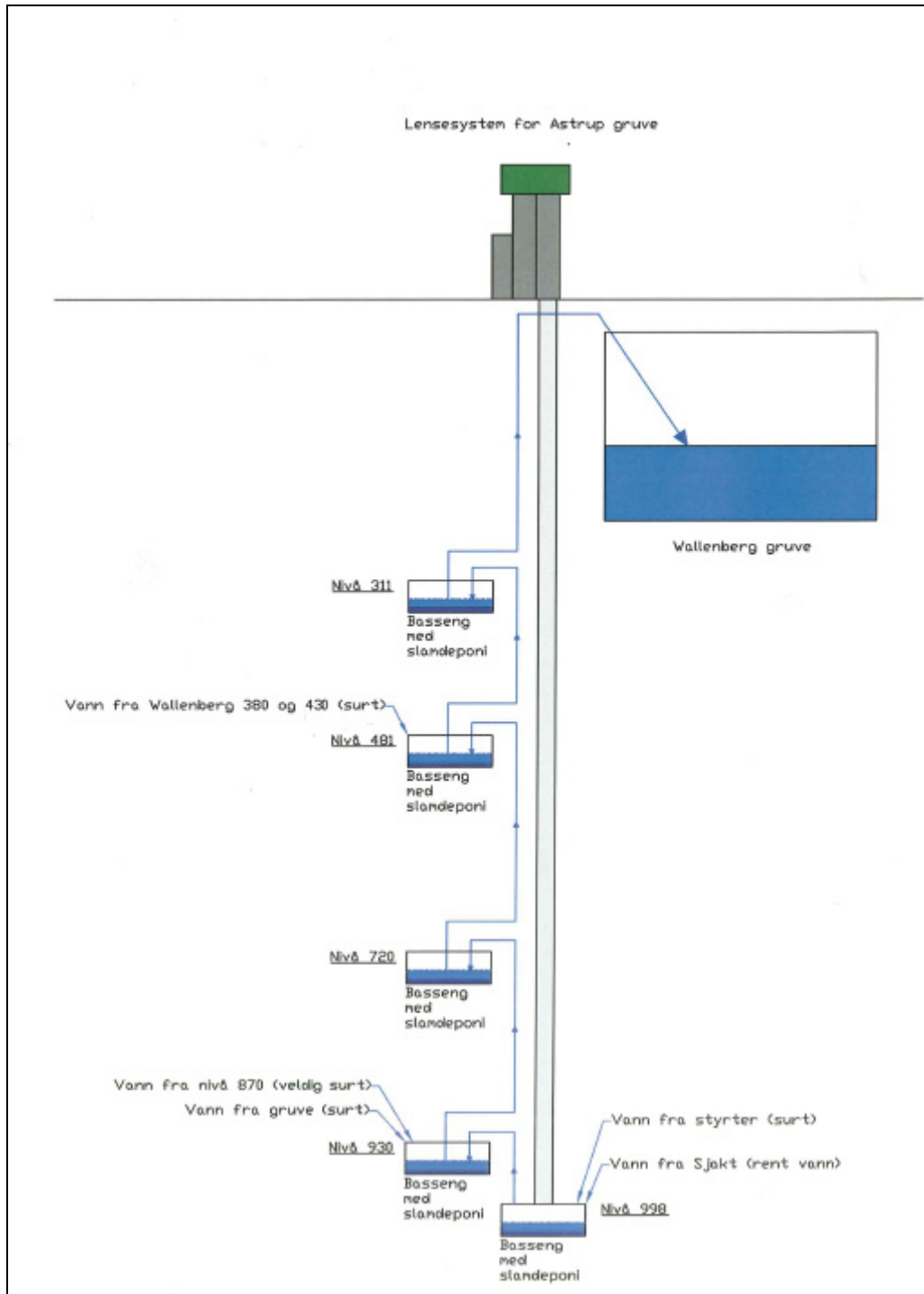
Kobber- og jernkonsentrasjonene viste stort sett en avtakende tendens fram til 1995. Ved oppstart av pågående undersøkelsesprogram i 2005 var kobber- og jernkonsentrasjonene relativt høye. De falt en del etter kalkingen i november 2005 og etter at inngående drens vann til gruva ble ledet til Gammel-sjakt. 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- og konduktivitetmålingene ved målestasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn i 2010-2011,



**Figur 32.** Kontinuerlige pH- og konduktivitetmålinger ved utløpet av Bjørnlivatn 2010-2011.

### 3.3.4 Astrup gruveområde

NIVA foretok analyse av gruvevannet fra Astrup gruve mens driften pågikk. Vannet var sterkt surt med betydelige tungmetallkonsentrasjoner. Gruvevannet ble i noen tid pumpet direkte inn i Wallenberg gruve gjennom en av proppene på nivå 380. Etter en tid ble vannet pumpet opp til overflaten og ført ned i en skråsjakt som fører ned til nivå 380. Figur 32 viser en prinsippskisse over lensesystemet i Astrup gruve

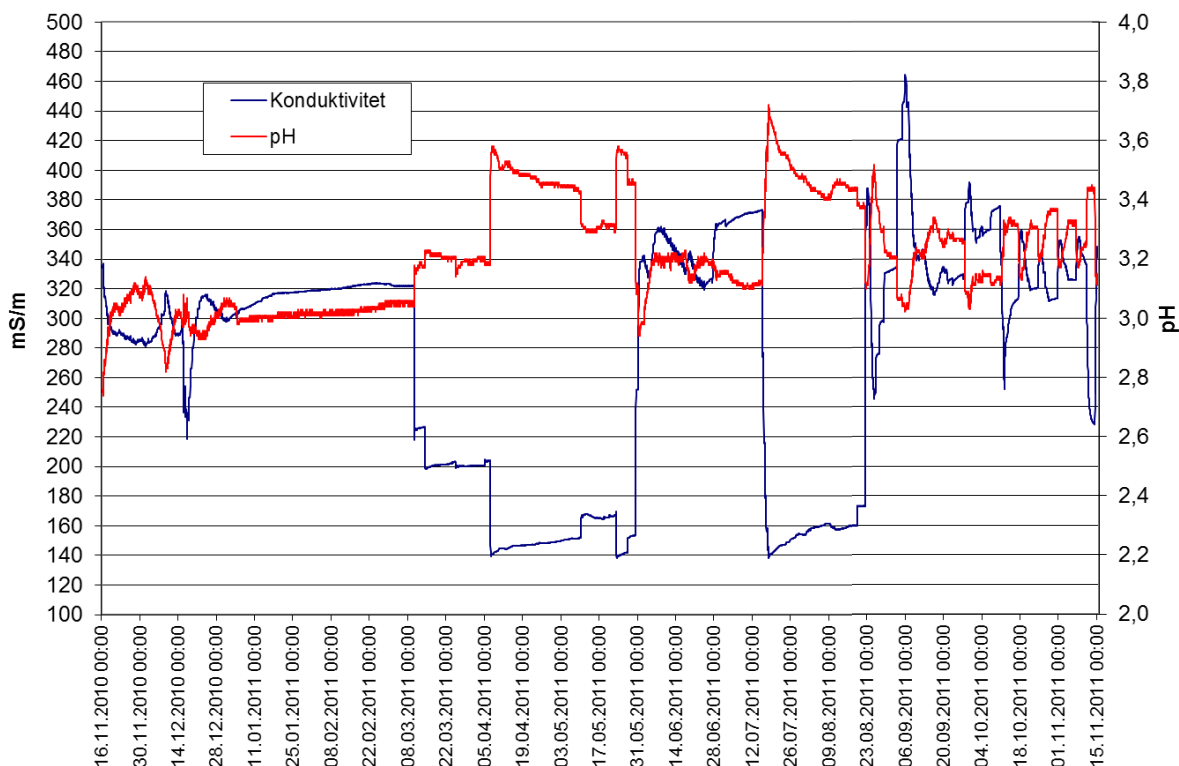


**Figur 33.** Prinsipp for lensesystemet i Astrup gruve (kilde: Nammo NAD).

Vannet som pumpes opp fra Astrup gruve kommer fra flere kilder og løftes via flere pumpesumper opp til den øverste ved nivå 311 der alt gruvevann samles før det pumpes opp til overflaten. Vannkvaliteten i de enkelte kildene er svært forskjellig og varierer fra rent vann som kommer ned sjaktveggene til meget surt, tungmetallholdig vann. Tungmetallinnholdet i vannet har ingen sammenheng med virksomheten til Nammo NAD, men skyldes forvitningsprosesser på overflaten av mineralene i gruva.

NIVA har foretatt analyse for Nammo NAD av utgående vann fra gruva og ved flere av enkeltkildene siden 1995. I tidligere utslippsberegninger har vi benyttet aritmetiske middelerverdier for prøver tatt ved nivå 311 i perioden 1995-2007 og multiplisert med utpumpet vannmengde for beregning av materialtransport til Wallenberg gruva. I denne undersøkelsen har vi gjennomført en månedlig prøvetaking i sumpen på nivå 311 og benytter derfor en middelerverdi for disse prøvene som utgangspunkt for beregning av materialtransport sammen med utpumpet vannmengde.

For å få et supplerende inntrykk av hvordan vannkvaliteten varierer ble det i tillegg montert en sonde i sumpen for registrering av pH og konduktivitet med logging av data hver time. Figur 34 viser de kontinuerlige målingene.



**Figur 34.** pH- og konduktivitetsmålinger i sump ved nivå 311.

Resultatene for de kontinuerlige målingene viser pH-verdier i området 3,0 – 3,6. pH-verdiene er lavest når konduktiviteten er høyest. Registreringene viser at vannkvaliteten kan endre seg brått ved tilførsler av rent overflatevann som under våren 2011 og under en nedbørrik periode i juli-august 2011.

Analyseresultatene for 2010-2011 er samlet i tabell 26 i vedlegg A. Prøvene fra nivå 311 ble analysert etter samme program som de øvrige prøver. I tillegg ble det også analysert mht organisk stoff, samt nitrogenforbindelser og fosfor som vi antar kan ha sammenheng med virksamheten til Nammo NAD.

Nitrogeninnholdet foreligger i det vesentligste som ammonium. Innholdet av organisk karbon er lavt. Dersom en benytter middelverdien for totalnitrogen på 2,15 mg N/l og utpumpet vannmengde på 17 287 m<sup>3</sup>/år, gir dette et utslipp av totalnitrogen på ca. 37 kg N/år, noe som tilsvarer 8,5 personekvivalenter dersom en legger KLIFs retningslinjer (12 g N/pe.døgn) til grunn (SFT, 1983). En tilsvarende beregning for fosfor gir et utslipp på 4,7 kg P/år, noe som tilsvarer 5,1 personekvivalenter (1 pe = 2,5 P/pe.døgn). Foruten sprengstoff i ammunisjonen kan også utslipp fra dieseldrevne kjøretøyer i gruva være kilder. Utslipet vurderes som beskjedent. Ammonium kan kompleksbinde kobber i gruvevannet slik at det teoretisk kan tenkes en konkurranse mellom opptak av kobber på kisflater i gruva og kompleksbinding av kobber. Da mengdene er forholdsvis beskjedne, har vi ikke gått videre med noen beregninger i denne sammenheng.

Det er også gjennomført utvidet analyseprogram for to prøvesnitt i Wallenberg sjakt. Resultatene er gjengitt i tabell 27 i vedlegg A. Resultatene tyder på at fosforinnholdet i utgående vann fra Astrup sedimenterer i Wallenberg gruve. Dette er som forventet da fosforinnholdet i gruvevannet fra Astrup antas å være partikulært bundet til jern. Ammoniuminnholdet i Wallenberg sjakt tyder på at ammonium passerer gjennom gruva, noe som følgelig representerer et utslipp på omkring 8 personekvivalenter N.

### 3.4 Vassdragsstasjoner

#### 3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk

Analyseresultatene for året 2010-2011 er samlet i tabell 28 i vedlegget bak. I tabell 9 er gjort en beregning av tidsveiede årlige middelverdier for hydrologiske år fra 1989/1990. Fra sommeren 2005 har det vært kontinuerlige vannføringsmålinger i Raubekken. Årsmiddelvannføringen er beregnet vha døgnmiddelvannføringene.

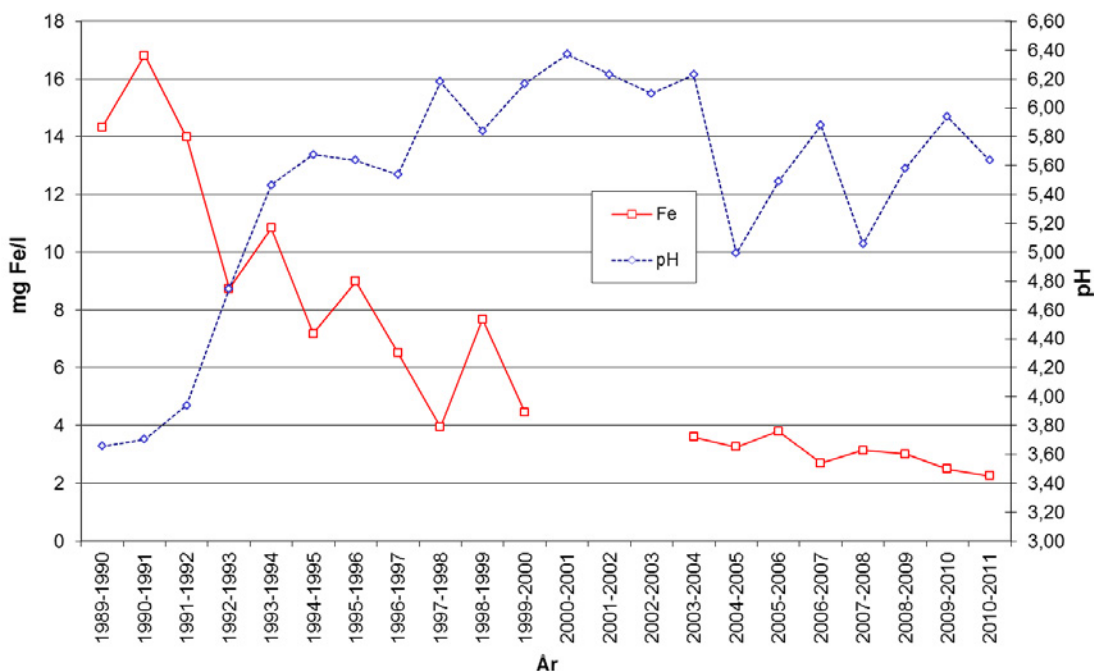
Etter at tiltaksplanen ble satt i kraft i 1992, bedret vannkvaliteten seg. pH-verdiene økte gradvis fram til 2003/2004. Det har vært noen episoder med økte tilførsler fra Løkkensiden som følge av brudd på drensledninger eller styrte utslipp av overskuddsvann pga problemer med innløpet i gruva. Disse har vært relativt kortvarige og har stort sett skjedd mens fortykningssituasjonen i bekken også var god. Disse episodene har kun gitt seg ubetydelige utslag i årsmiddelverdiene mht konsentrasjoner.

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

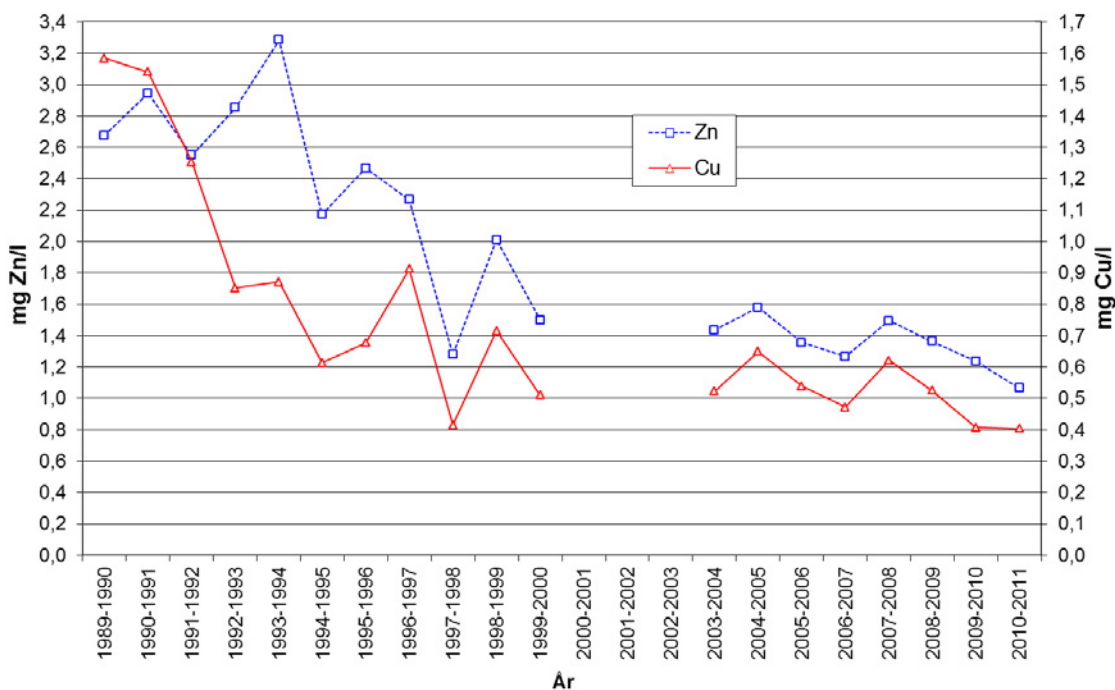
**Tabell 9.** Tidsveiede årlige middelverdier for stasjonen i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2011.

Hyd.år	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	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
2010-2011	5,64	24,5	101,6	27,23	5,91	1,70	2,25	0,40	1,07	2,9	1493

Høsten 2009 ble stasjonen i Raubekken oppgradert med kontinuerlige målinger av pH og konduktivitet, samt mengdeproporsjonal blandprøvetaking. Analyseresultatene for blandprøvene for året 2010-2011 er samlet i tabell 29 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 35.** Årsmiddelverdier for pH og jern i Raubekken 1989-2011.

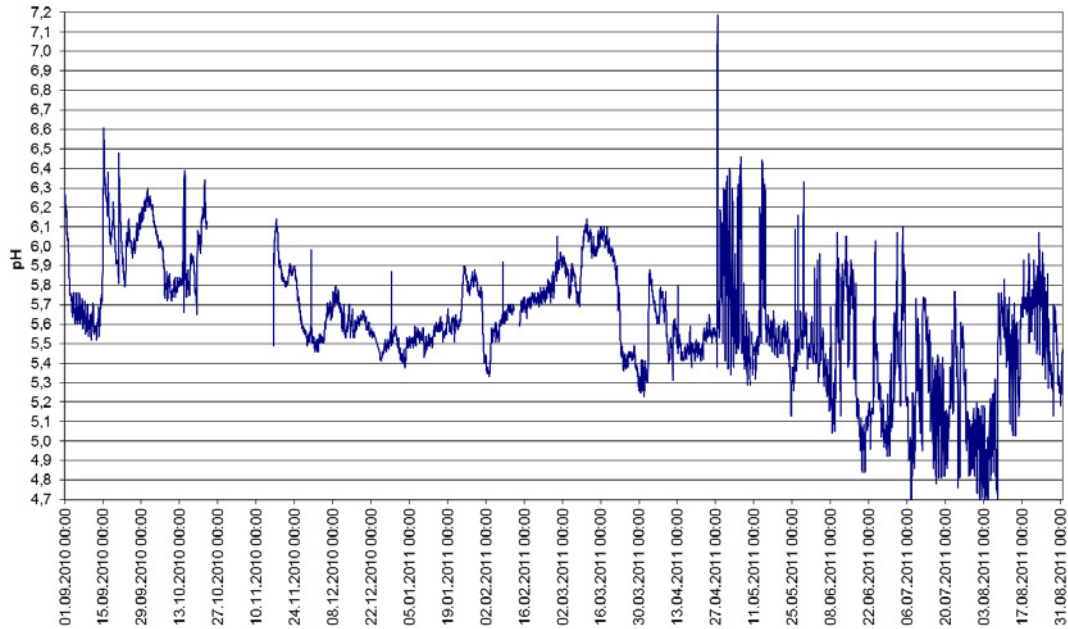


**Figur 36.** Årsmiddelverdier for kobber og sink i Raubekken 1989-2011.

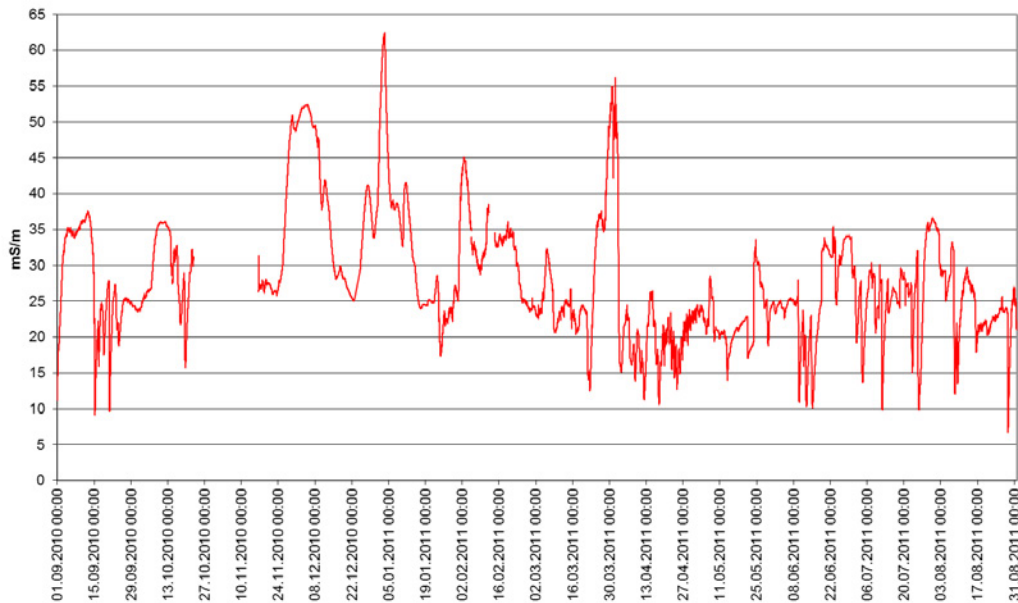
Etter at siste tiltaksplan ble satt i drift i 1992 har pH-verdiene økt og metallverdiene avtatt. Nødoverløp til Raubekken i 2004-2005 og i 2007-2008 førte til lavere pH-verdier og noe høyere metallverdier. I de to siste år har avrenningen fra området generelt vært lavere. Dette har ført til

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 37 viser en utskrift av de kontinuerlige pH-målingene i Raubekken i 2010-2011. Måleverdiene er rådata og omfatter også verdier når det har vært foretatt kalibreringer. Periodevis store variasjoner forekommer når det faller mye nedbør. Figur 38 viser tilsvarende verdier for konduktivitet.



**Figur 37.** Kontinuerlige pH-målinger i Raubekken i 2010-2011.

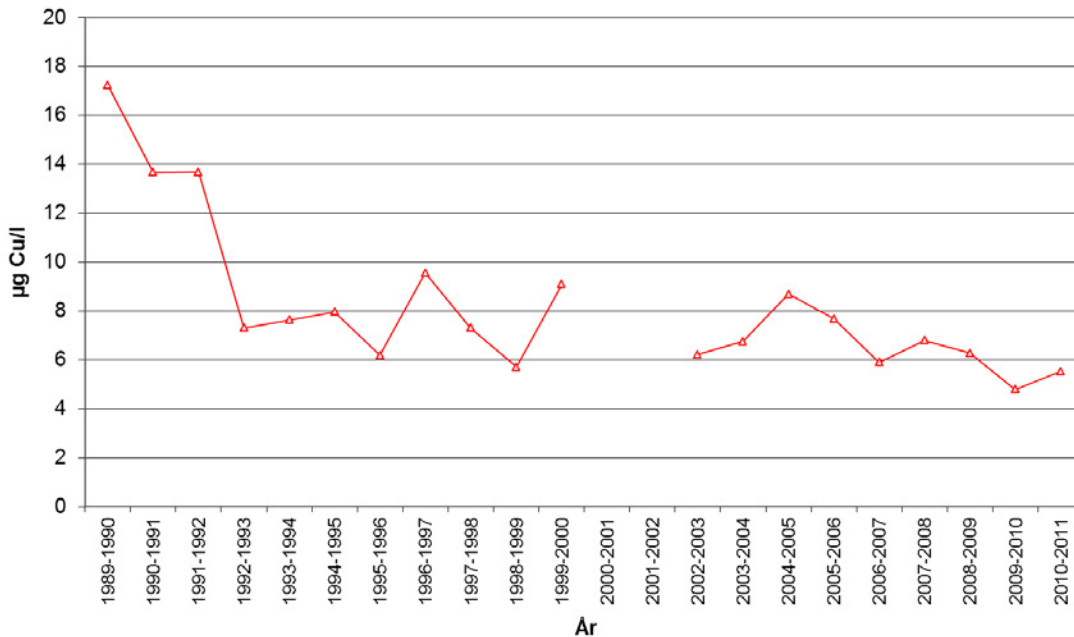


**Figur 38.** Kontinuerlige konduktivitetmålinger i Raubekken i 2010-2011.

Ioner som kalsium, magnesium og sulfat betyr mye for variasjonen i konduktiviteten. Disse ionene kommer fra utvasking av forvitningsprodukter fra avfallet på Løkkensiden og fra utslipp fra gruva via Wallenberg pumpestasjon. Plutselige fall i konduktiviteten skyldes mye nedbør og fortykning.

### 3.4.2 Orkla ved Vormstad

Prøvene av Orkla ved Vormstad tas under Øyum bru. Her er tilførselene fra Raubekken godt innblandet i Orkla. Stasjonen ble opprettet av gruveselskapet i sin tid og en har analysmateriale fra en lang rekke år tilbake. Av den grunn har KLIF valgt å knytte mål for vannkvalitet (Cu) til denne stasjonen. I denne rapporten tar vi med analysmateriale tilbake til 1989. Tiltaksplanen til Løkken Gruber fikk sin fulle virkning i april 1992 da utslippene fra Wallenberg pumpestasjon startet. I tabell 30 i vedlegget bak er samlet resultatene for prøvetakingene i 2010-2011. I tabell 10 er beregnet tidsveiede årsmiddelverdier for noen viktige metaller for hydrologiske år fra 1989. I figur 39 er årsmiddelverdien for kobber fremstilt grafisk.



**Figur 39.** Tidsveiede årsmiddelverdier for kobber i Orkla ved Vormstad 1989-2011.

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

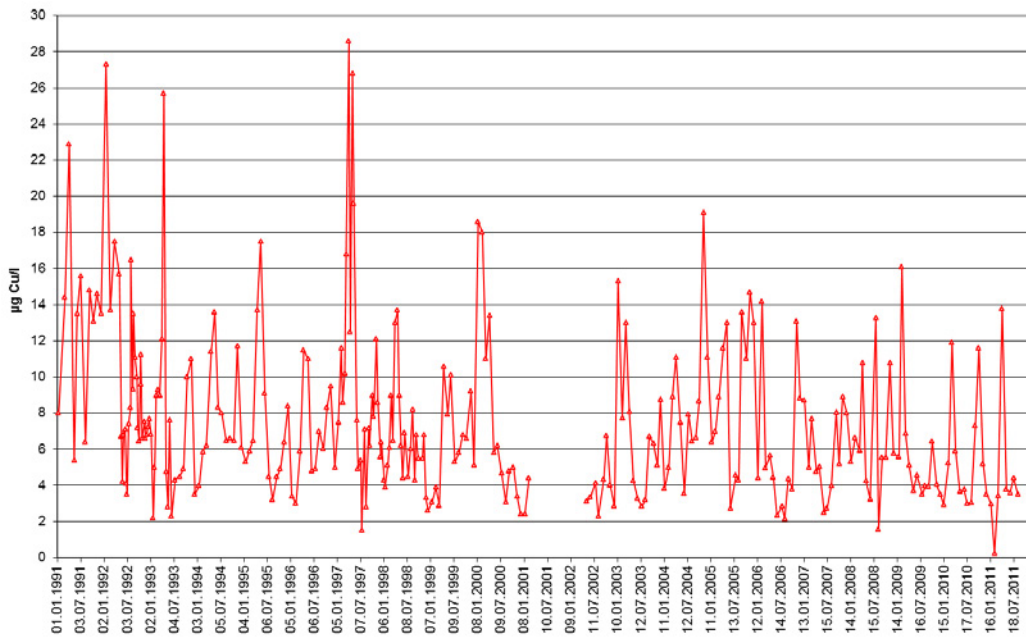
Når det gjelder å vurdere faren for eventuelle uønskede biologiske effekter, er det også viktig å ha tilsyn med øyeblikksverdiene. Figur 40 viser observasjonsmaterialet for kobber i årene 1991-2011. Figuren viser at en har hatt flere episoder med verdier over 10 µg/l kobber. I de senere år ser en at nødutslipp av drensvann fra Løkken-siden fra 2002 som følge av gjenettingsproblemer og omlegging av innløp i Gammelgruva førte til kobberverdier over 10 µg/l i perioder. I 2010-2011 hadde en kobberverdi over 10 µg/l i oktober måned 2010 (11,6 µg/l) og i april 2011 (13,8 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 10.** Tidsveiede årsmiddelerverdier, 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
2010-2011	131	5,5	18,8	71,9

**Figur 40.** Kobberobservasjoner i Orkla ved Vormstad 1991-2011.

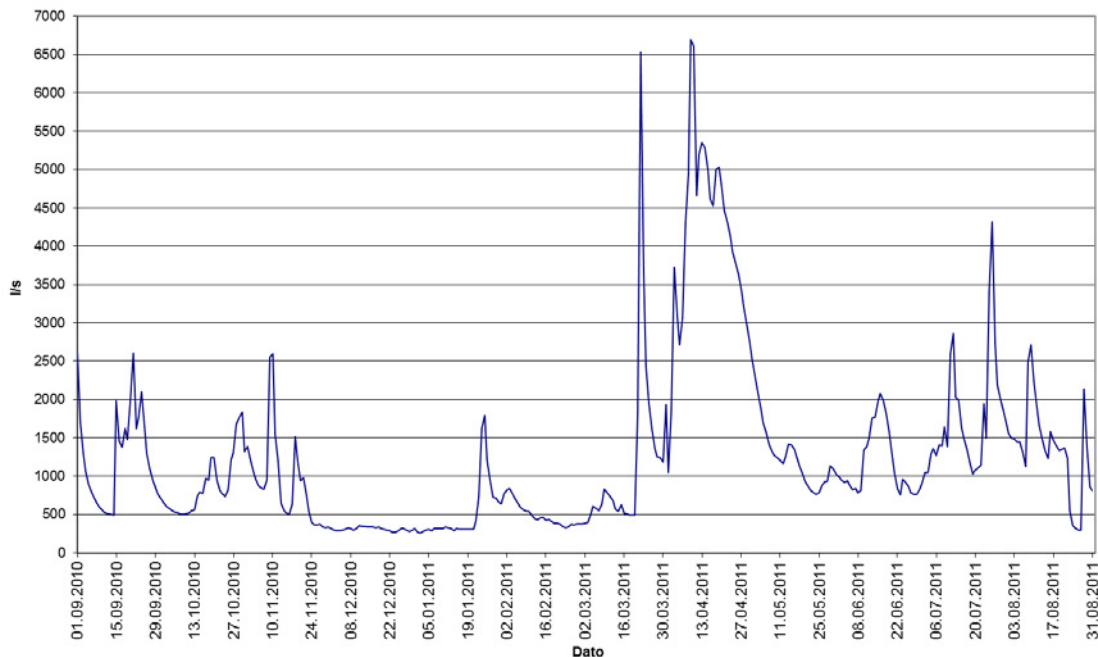
## 4. Massebalanser

### 4.1 Vannbalanse

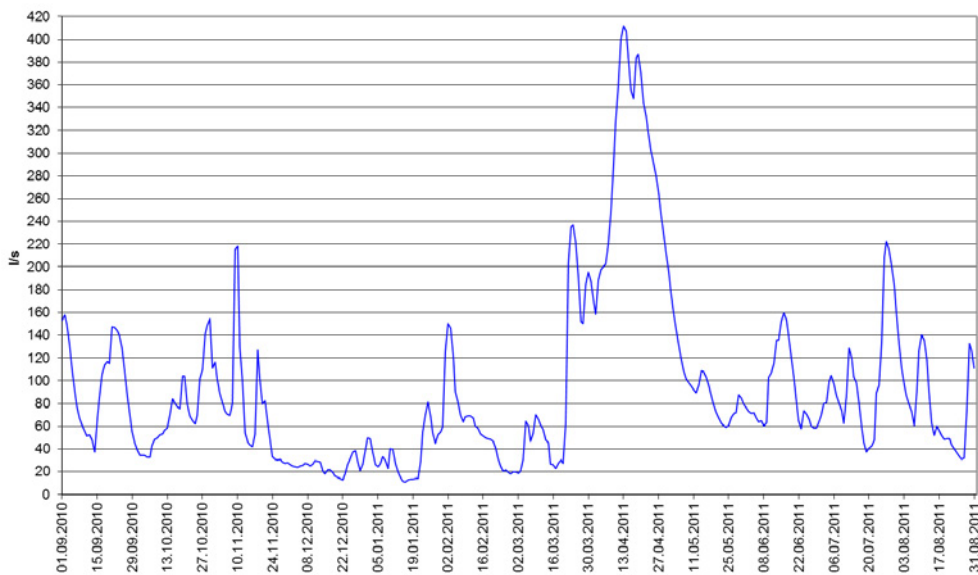
#### 4.1.1 Bjørnlivatn – Raubekken

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 41 viser forløpet av vannføringsobservasjonene i 2010-2011. På grunn av ekstrem flom og skade på profilen var det brudd i målingene i perioden 11. -26.4.2011 og 20.6 – 6.7.2011. I disse avbruddene ble vannføringen anslått med utgangspunkt i målingene ved utløpet av Bjørnlivatn.

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 42 viser hvordan døgnmiddelvannføringen varierte i året 2010-2011 ved utløpet av Bjørnlivatn.



**Figur 41.** Døgnmiddelvannføringer i Raubekken i 2010 – 2011.



**Figur 42.** Døgnmiddelvannføring ved utløpet av Bjørnlivatn i 2010 – 2011.

Begge bekker er typiske flombekker der vannføringen kan variere mye i løpet av korte tidsrom. Vannføringen ved utløpet av Bjørnlivatn er påvirket av tilførsene fra Wallenberg pumpestasjon som ble satt i drift i april 1992. Det var flere flomtopper i løpet av det siste året. Den høyeste vannføringen i Raubekken ble målt den 9.4.2011. Da ble det målt ca. 6,7 m<sup>3</sup>/s som døgnmiddelvannføring. Ved utløpet av Bjørnlivatn ble høyeste vannføring målt den 13.4.2011. Døgnmiddelvannføringen den dagen ble målt til 412 l/s. De høyeste vannføringene inntreffer ofte i perioder med mildvær med regn og snøsmelting. Laveste vannføring ved utløpet av Bjørnlivatn ble observert til 10,8 l/s den 16.1.2011. 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 5-8 % av samlet avrenning i Raubekken i følge målingene som er gjennomført siden 1.9.2005.

**Tabell 11.** Avrenning fra Bjørnlivatn og i Raubekken i perioden 2005 – 2011.

		<b>Raubekken</b>					
		<b>2005-2006</b>	<b>2006-2007</b>	<b>2007-2008</b>	<b>2008-2009</b>	<b>2009-2010</b>	<b>2010-2011</b>
Avrenning	m <sup>3</sup>	34186727	46423605	45596457	35661959	32612735	39926757
Gj.snitt	l/s	1084	1472	1442	1131	1046	1489
Max	l/s	7700	7855	7027	6913	7626	6695
Min	l/s	55	75	198	361	125	296
Median	l/s	684	1139	1109	735	849	923
		<b>Bjørnlivatn</b>					
		<b>2005-2006</b>	<b>2006-2007</b>	<b>2007-2008</b>	<b>2008-2009</b>	<b>2009-2010</b>	<b>2010-2011</b>
Avrenning	m <sup>3</sup>	2184444	2891154	2795943	1784318	2373096	2953079
Gj.snitt	l/s	66,1	91,7	102,1	57,7	75,3	93,6
Max	l/s	296	291	281	246,5	265	411,9
Min	l/s	2,48	12,8	8,3	4,36	6,6	10,8
Median	l/s	50,4	80,9	71,6	41,3	60,8	69,3

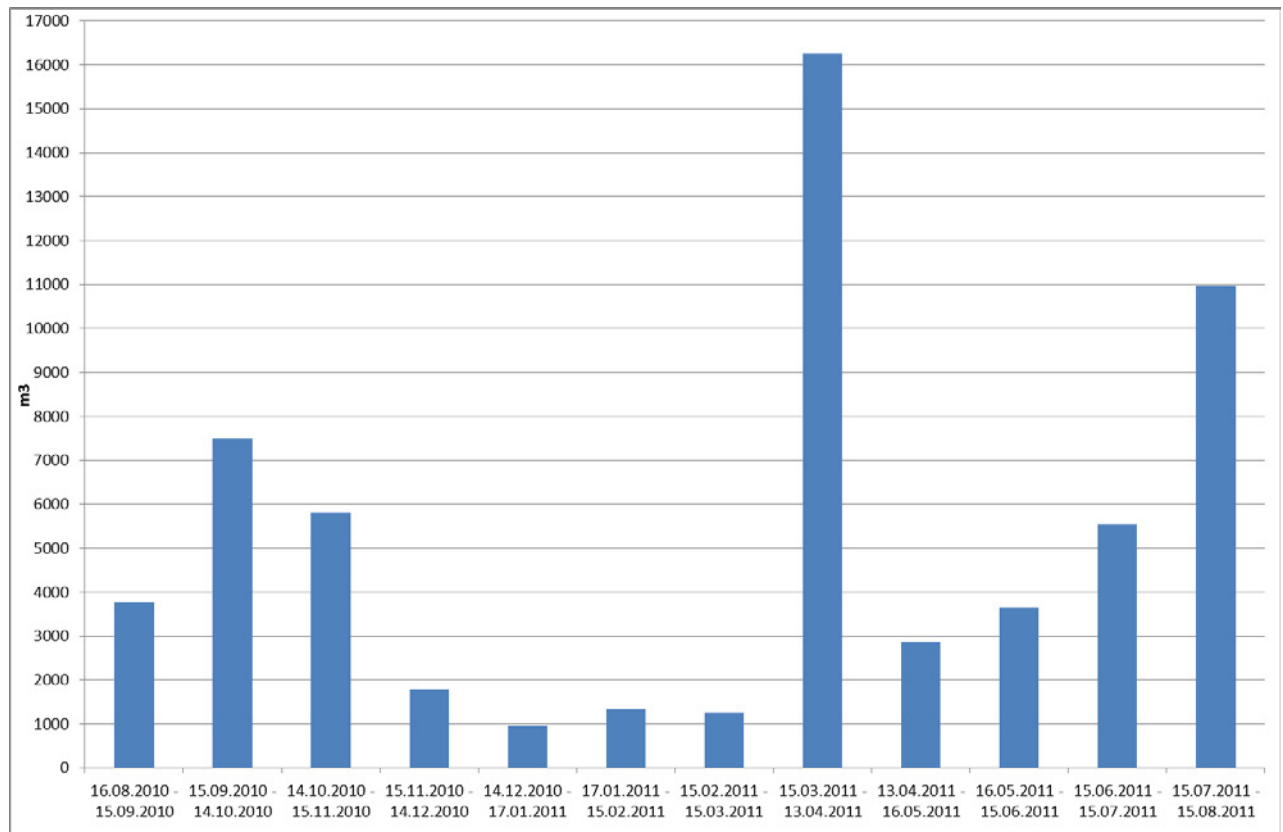
#### 4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve

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 43 viser grafisk utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking i perioden 2010-2011. Det ble pumpet mest vann i september-oktober 2010, under vårfloppen omkring 1.4.2011 og i juli-august 2011. I tabell 12 er beregnet årsvolumer for de periodene en har data for.

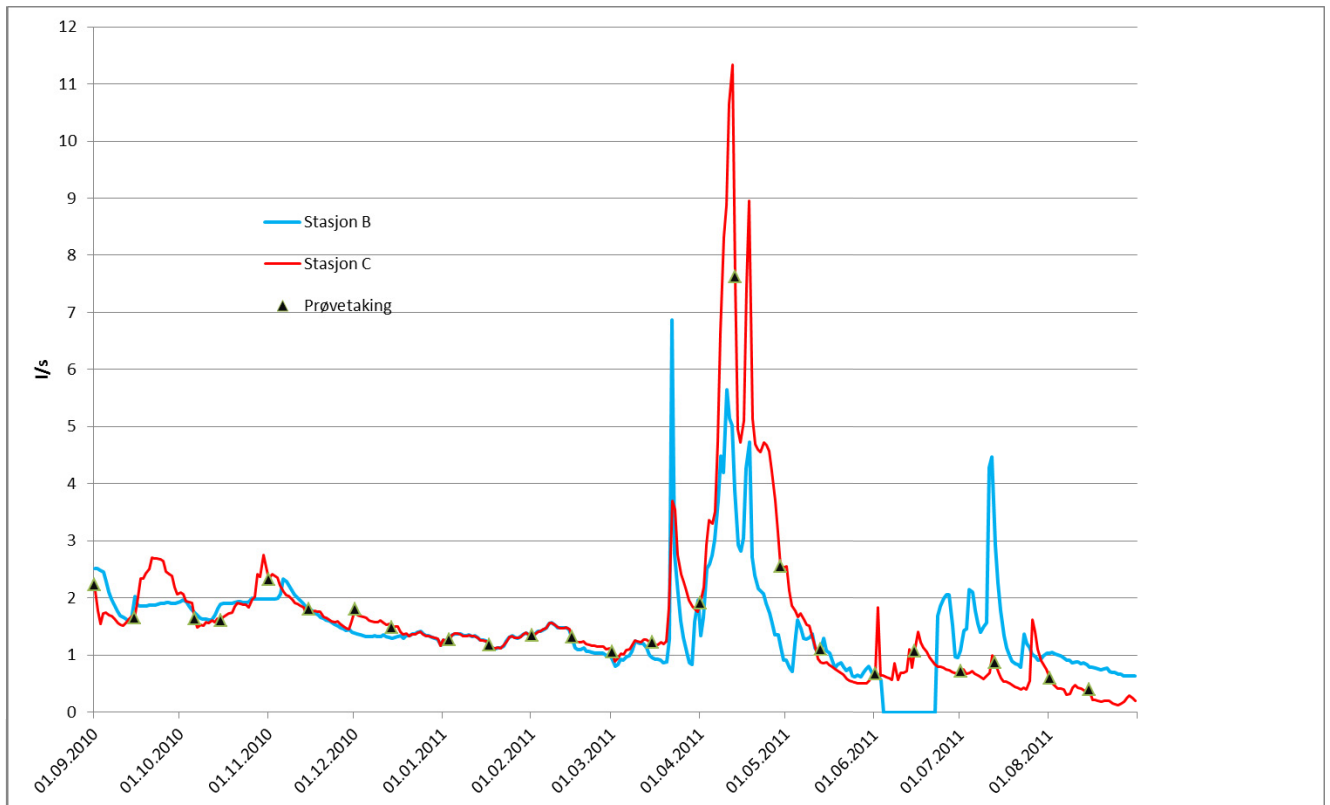


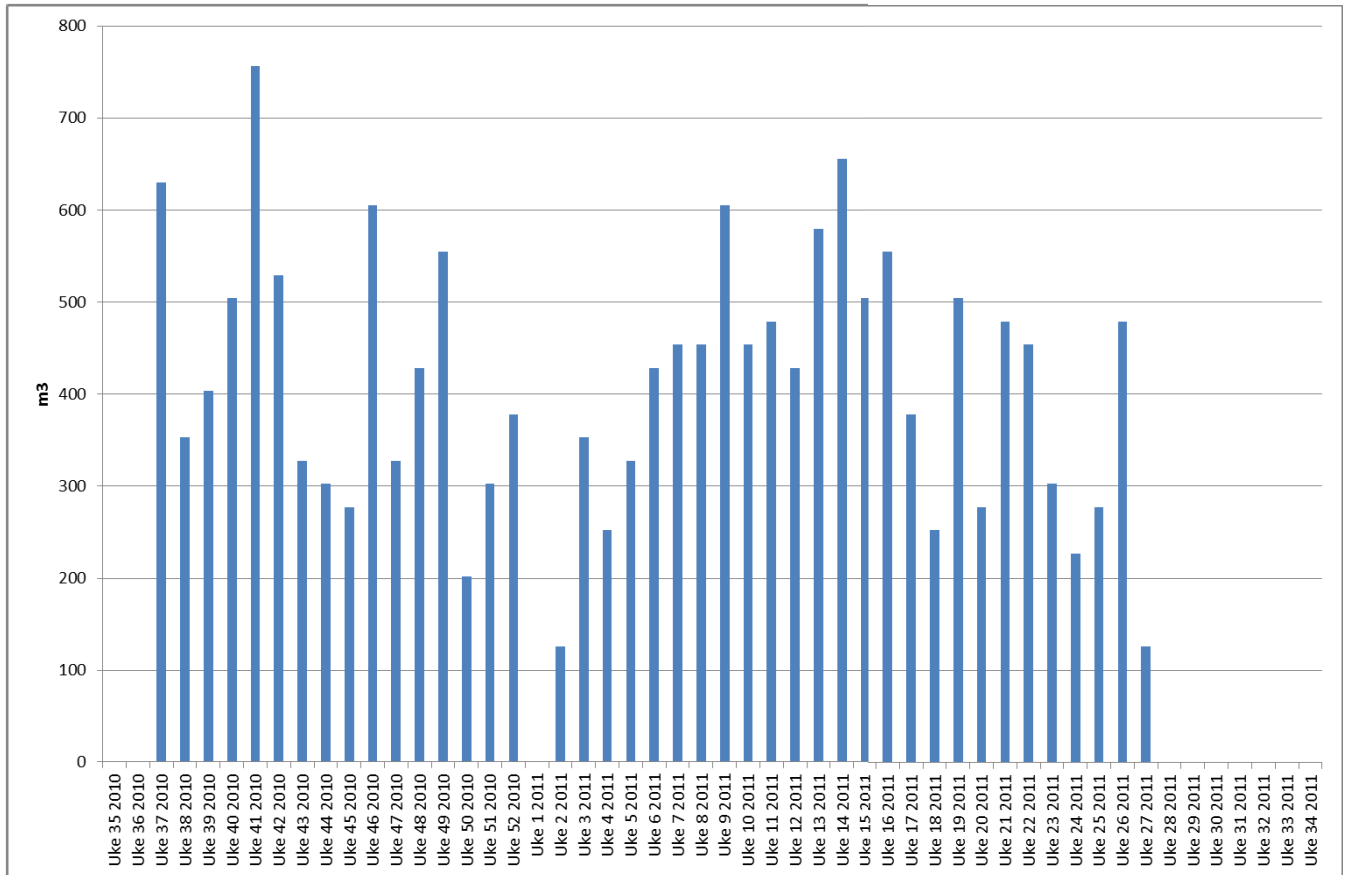
**Figur 43.** Stasjon A. Stallgata pumpestasjon. Utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking.

**Tabell 12.** Årsvolumer ved Stasjon A – Stallgata pumpestasjon.

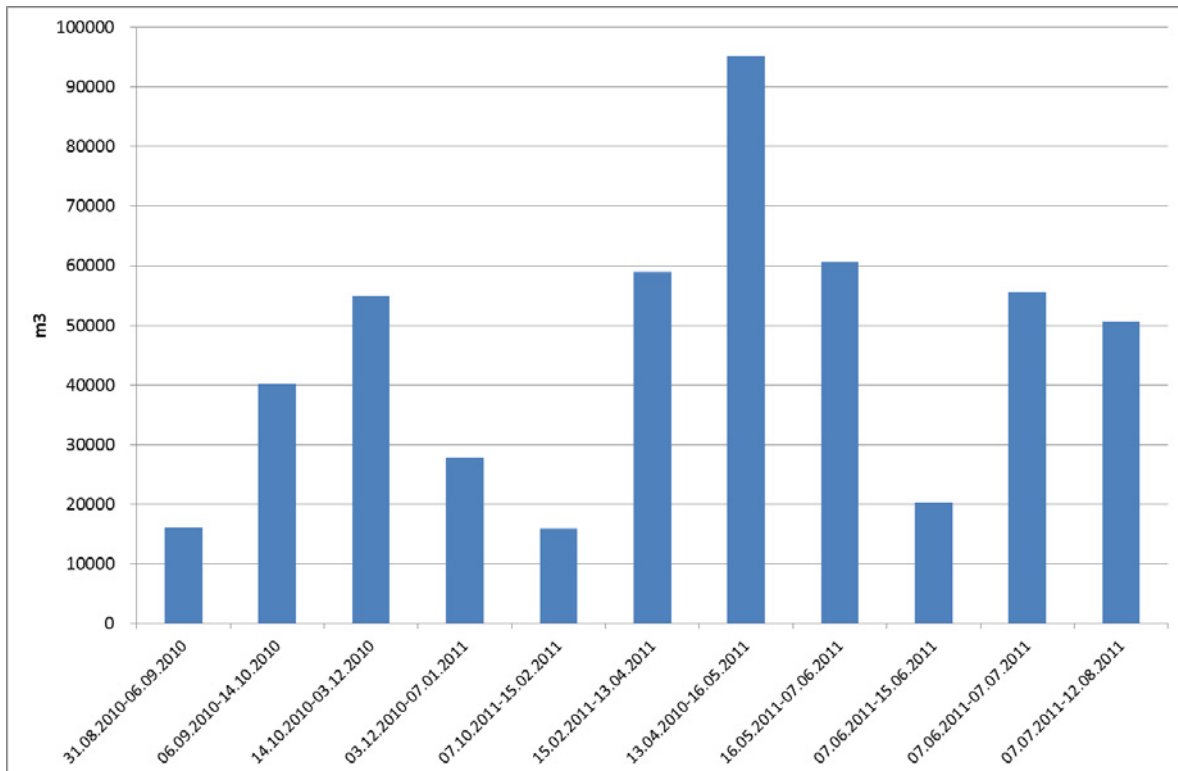
Periode	m <sup>3</sup>
1997-1998	72497
2002-2003	48603
2003-2004	79000
2004-2005	158757
2005-2006	73211
2006-2007	83663
2007-2008	80109
2008-2009	57406
2009-2010	78483
2010-2011	61699

Figur 44 viser døgnmiddelvannføringene ved de to stasjonene inne i Gammelgruva med markering av prøvetakingstidspunktene for vannprøver. En ser at ventilen i røret fra Nordre berghald (St. B) ble stengt i juni måned pga fare for flom i Gammelgruva.

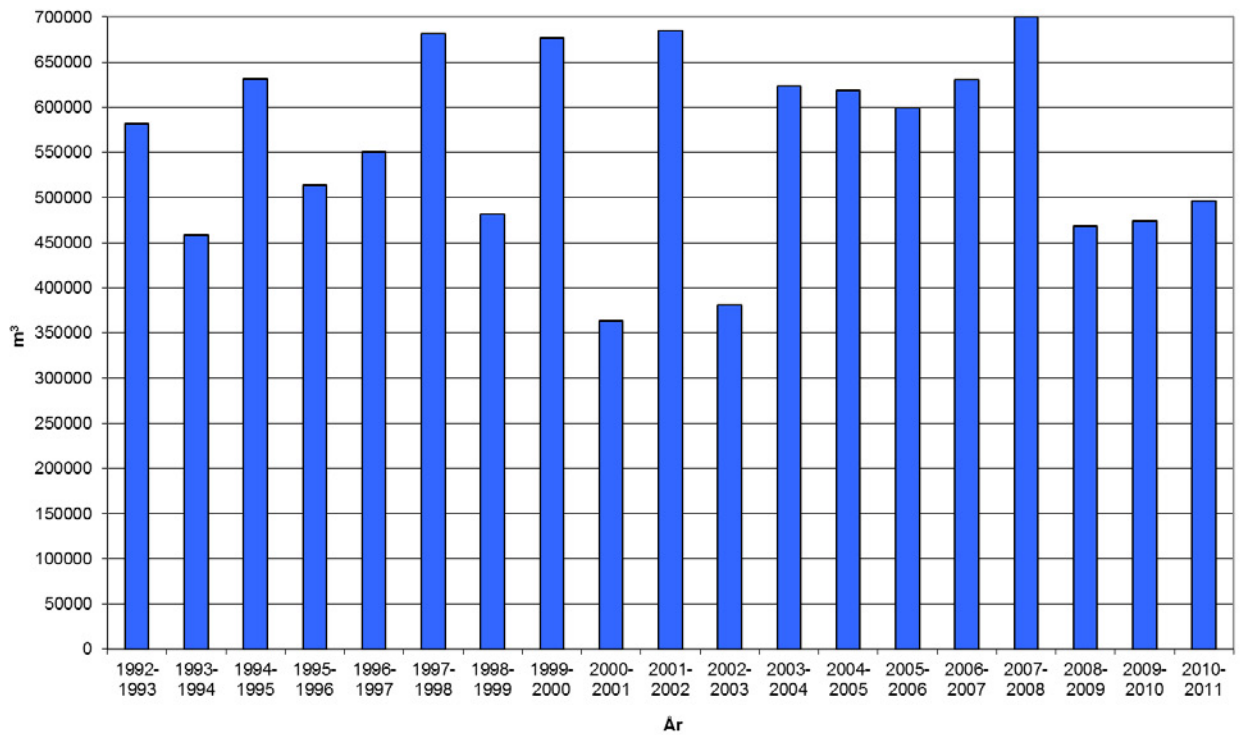
**Figur 44.** Vannføring ved stasjonene B og C i 2010-2011 med markering av prøvetakinger.



Figur 45. Pumping av vann fra Astrup gruve til Wallenberg gruve i 2010-2011 (Kilde: Nammo NAD)



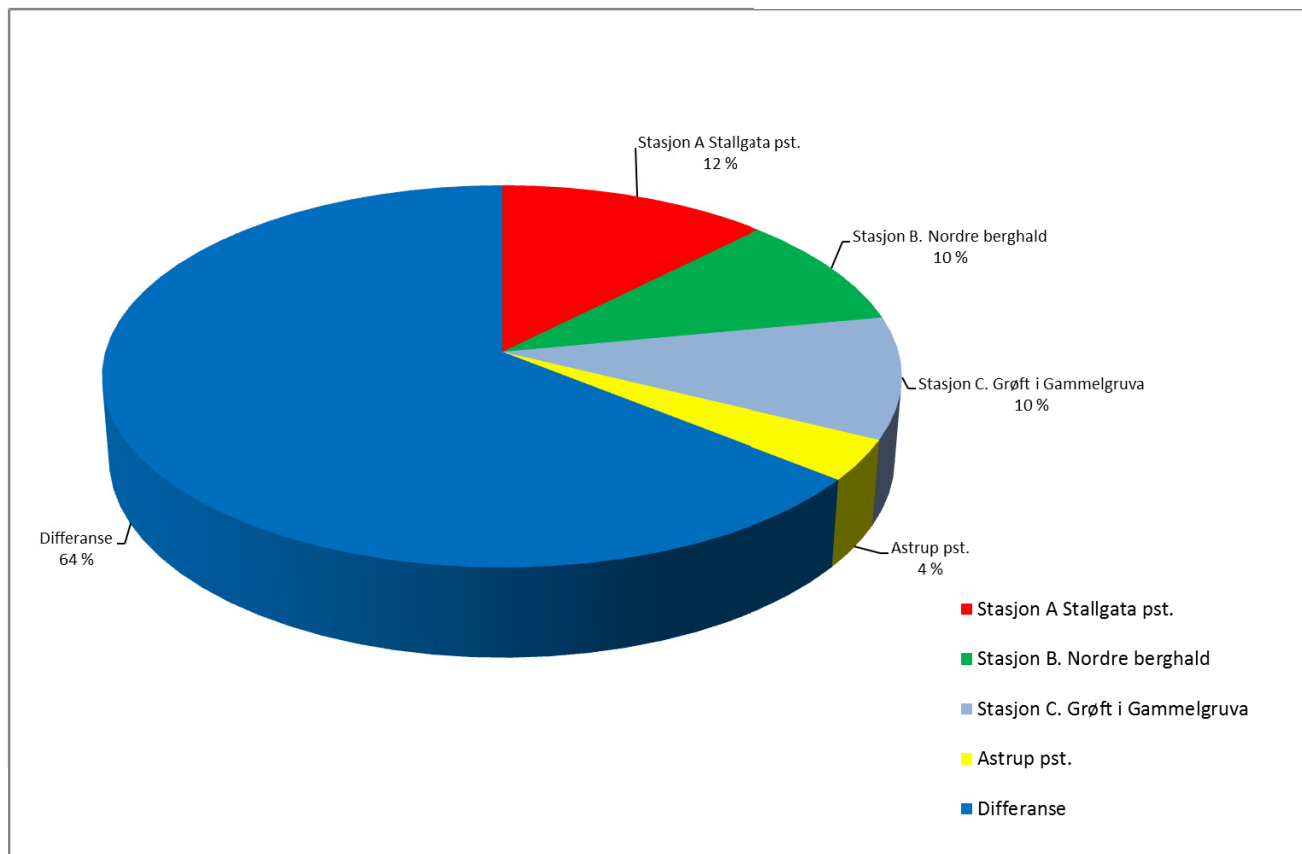
Figur 46. Pumping av gruvevann fra Wallenberg pst i 2010-2011.



**Figur 47.** Årlig utpumpet vannmengde fra Wallenberg gruve for alle hydrologiske år.

**Tabell 13.** 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
2010-2011	61699	47392	51014	17287	177392	496081	318689



**Figur 48.** Vannbalanse på Løkkengruva i 2010-2011. 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.

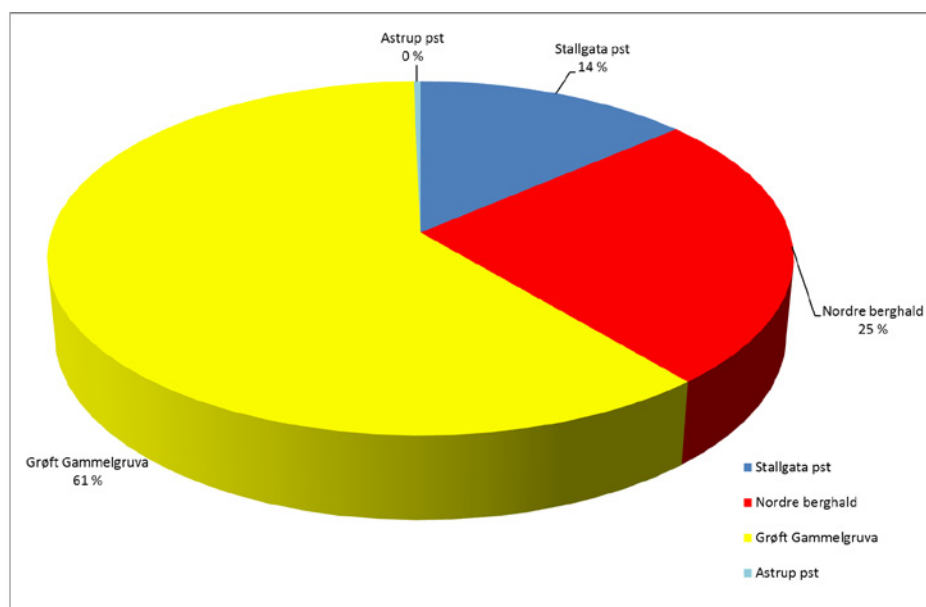
- For stasjon A, Stallgata pumpestasjon har vi beregnet årstransporten ved hjelp av årsmiddelverdi for konsentrasjon og multiplisert denne med samlet pumpevolum for perioden.
- For de to stasjonene for inngående vann til Gammelgruva, stasjonene B og C har vi i 2010-2011 beregnet forurensningstransporten på samme måte som for stasjon A.
- Beregningen for Astrup pst er usikker fordi vannkvaliteten endrer seg en del i løpet av året pga varierende tilsig fra flere kilder. I denne undersøkelsen har vi multiplisert aritmetiske middelveier for prøver tatt i 2010-2011 fra pumpeumpen på nivå 311 med utpumpet vannmengde i perioden.

Tabell 14 viser beregnet materialbalanse for Wallenberg gruve i perioden 2010-2011.

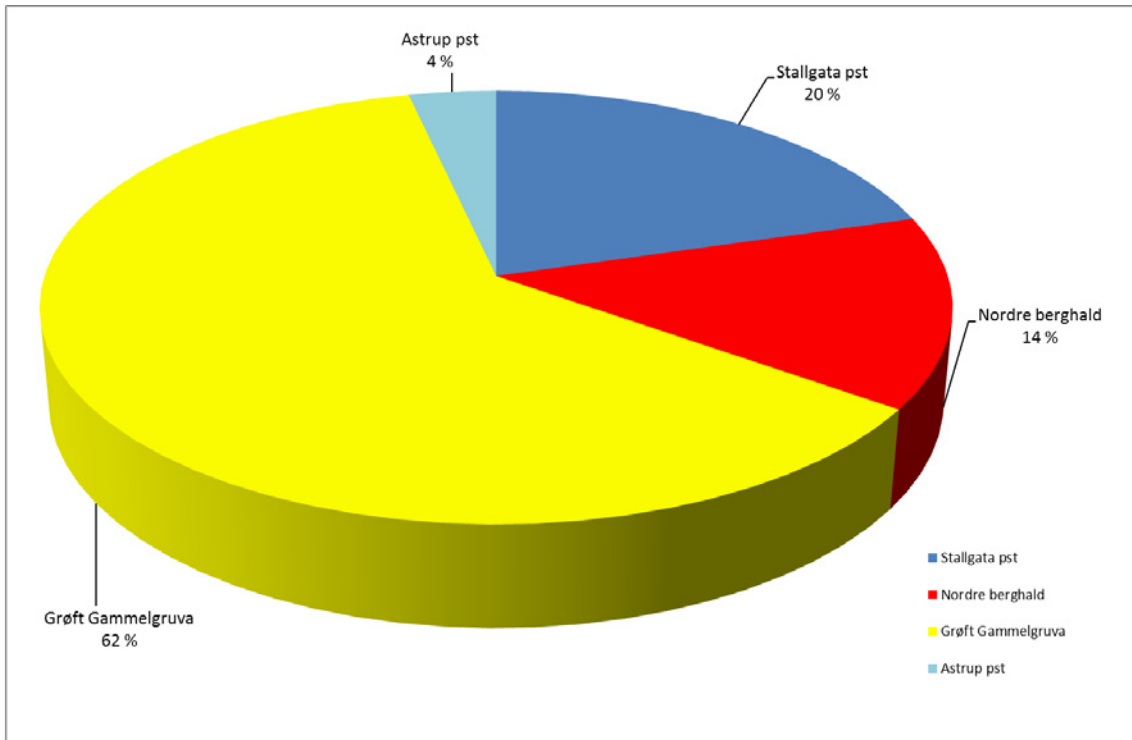
**Tabell 14.** Materialbalanse på Wallenberg gruve i 2010-2011.

Stasjon	SO <sub>4</sub> tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Al tonn	Ca tonn	Mg tonn
A. Stallgata pst	248	35,0	3,3	2,6	11,3	8,9	21,5	8,0
B. Nordre berghald	255	64,4	2,3	1,1	4,5	7,2	8,2	6,0
C. Grøft Gammelgruva	720	155,4	10,1	6,9	27,6	32,4	15,1	32,9
Astrup pst nivå 311	34	0,9	0,6	1,3	7,2	0,5	6,7	1,2
<b>Sum tilførsler 2010-2011</b>	<b>1258</b>	<b>255,6</b>	<b>16,3</b>	<b>11,8</b>	<b>50,6</b>	<b>49,1</b>	<b>51,4</b>	<b>48,0</b>
<b>Avløp Wallenberg pst 2010-2011</b>	<b>1220</b>	<b>127,6</b>	<b>4,6</b>	<b>14,9</b>	<b>44,0</b>	<b>28,7</b>	<b>194,8</b>	<b>69,8</b>

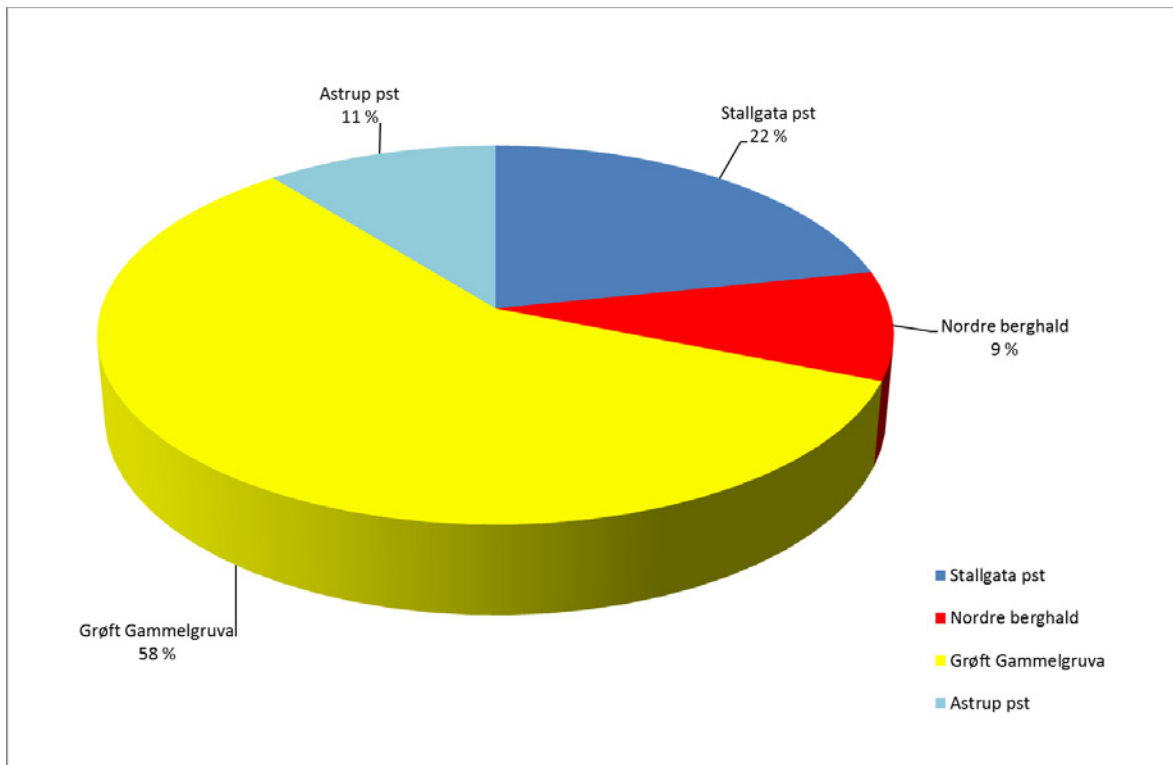
Figur 46, figur 47, figur 48, figur 49 og figur 50 gir en grafisk fremstilling av hvordan årstransporten fordeler seg på kildene for noen viktige komponenter.



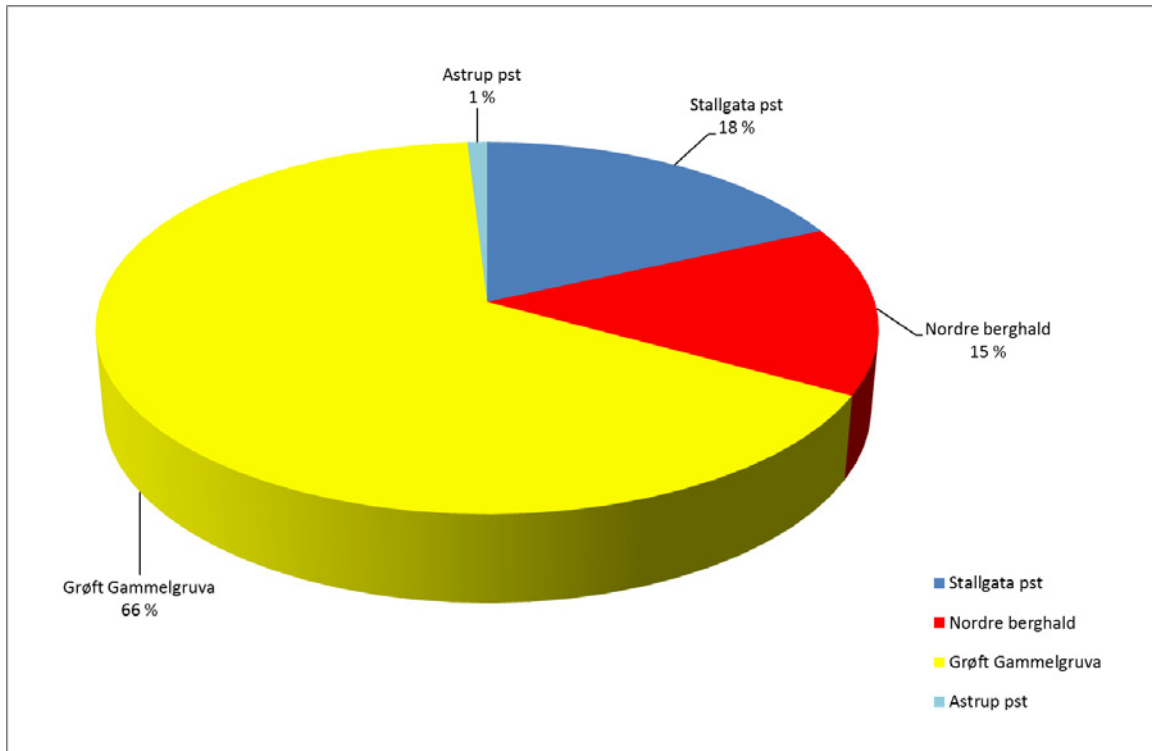
**Figur 49.** Jernbalanse på Wallenberg gruve 2010-2011. % -vis fordeling av jerntilførsler på kilder.



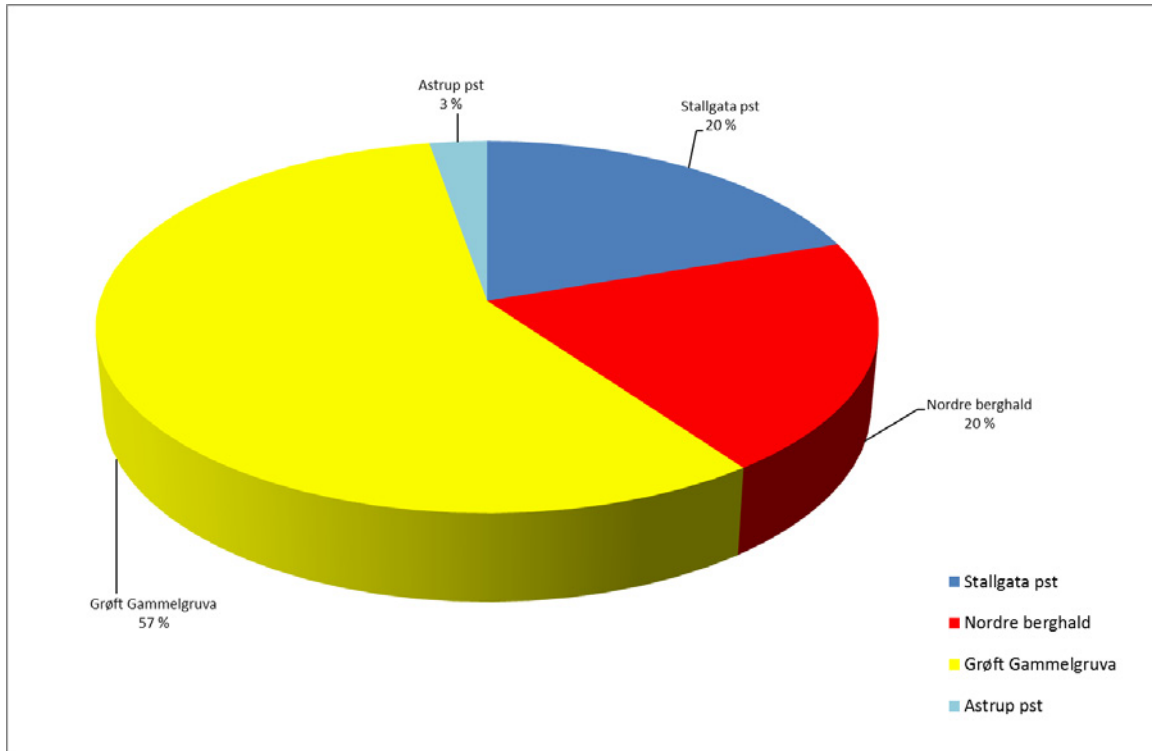
**Figur 50.** Kobberbalanse på Wallenberg gruve 2010-2011. %-vis fordeling av kobbertilførsler på kilder.



**Figur 51.** Sinkbalanse på Wallenberg gruve 2010-2011. %-vis fordeling av sinktilførsler på kilder.



**Figur 52.** Aluminiumbalanse på Wallenberg gruve 2010-2011. %-vis fordeling av aluminium på kilder.



**Figur 53.** Sulfatbalanse på Wallenberg gruve 2010-2011. %-vis fordeling av sulfat på kilder.

Tabell 15 gir en oversikt over beregnede transportverdier for alle syv undersøkelsesperiodene som er gjennomført. I tabell 16 er samlet årlig materialtransport for alle år etter at Wallenberg pst kom i drift.

**Tabell 15.** Materialbalanse for Wallenberg gruve for alle 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
A. Stallgata 2010-2011	248	35	3,3	3,6	11	8,9
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
B. Nordre 2010-2011	255	64	2,3	1,1	5	7,2
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
C. Grøft 2010-2011	720	155	10,1	6,9	28	32
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
Astrup pst 2010-2011	34	0,9	0,6	1,3	7,2	0,5
Wallenberg pst. 1992-1993	939	42	2,1	10,2	28	2,2
Wallenberg pst. 1997-1998	976	61	1,1	9,5	16	2,8
Wallenberg pst. 2005-2006	926	69	1,0	7,7	16	6,5
Wallenberg pst. 2006-2007	1127	98	5,1	13,0	39	19
Wallenberg pst. 2007-2008	1820	171	8,6	23,4	80	41
Wallenberg pst. 2008-2009	998	90	2,4	11,7	31	16
Wallenberg pst. 2009-2010	1054	90	2,1	11,0	29	16
Wallenberg pst. 2010-2011	1220	128	4,6	14,9	44	29

**Tabell 16.** Materialtransport ved Wallenberg pst 1992-2011.

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
2010-2011	1220	127,6	4,56	14,9	44,0	2,24	0,108	0,46	24,5	28,7	496081

### 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 forenklet anslag over hvor effektivt dreneringstiltaket på Løkkensiden er, dvs tiltaksplanen til Løkken Gruber som fikk full virkning fra 1992. Her må en også ta i betraktning at det finnes andre kilder i området som også drenerer til Raubekken, som f.eks den gamle slamdammen på Løkken (Øren et al, 1990).

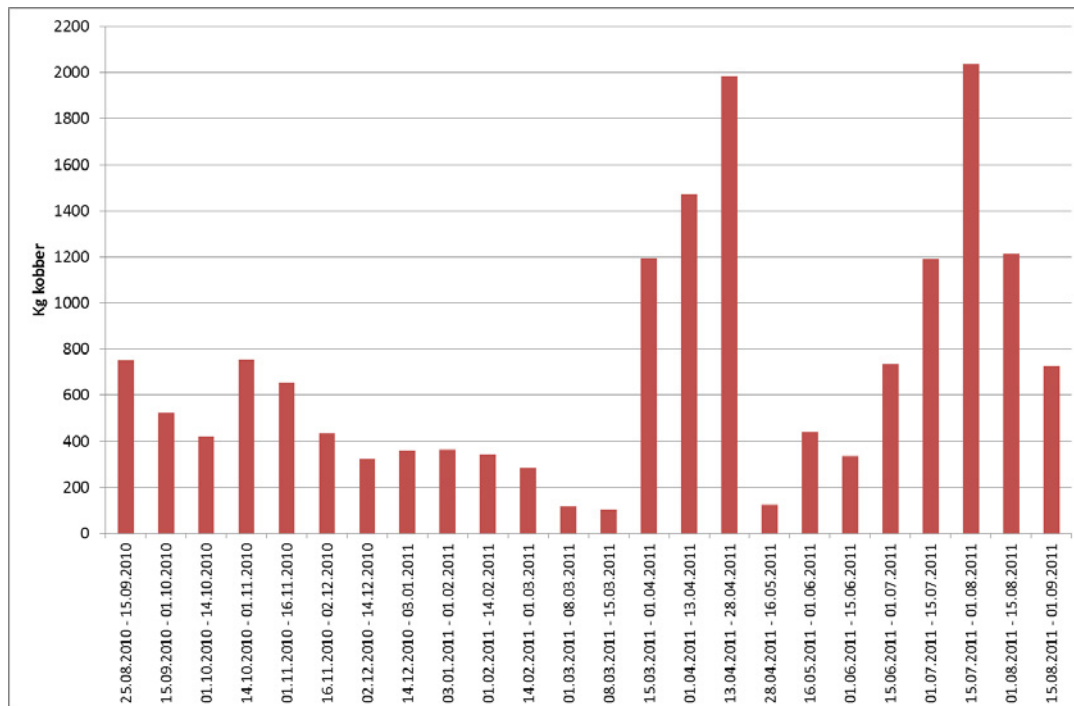
I tabell 17 har en samlet årstransporten for Raubekken for alle år etter 1989. I 2010-2011 har en beregnet årstransporten i Raubekken vha analyseresultatene for de vannmengdeproporsjonale blandprøvene som er tatt og vannmengden mellom hver prøvetaking.

**Tabell 17.** Materialtransport i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2011.

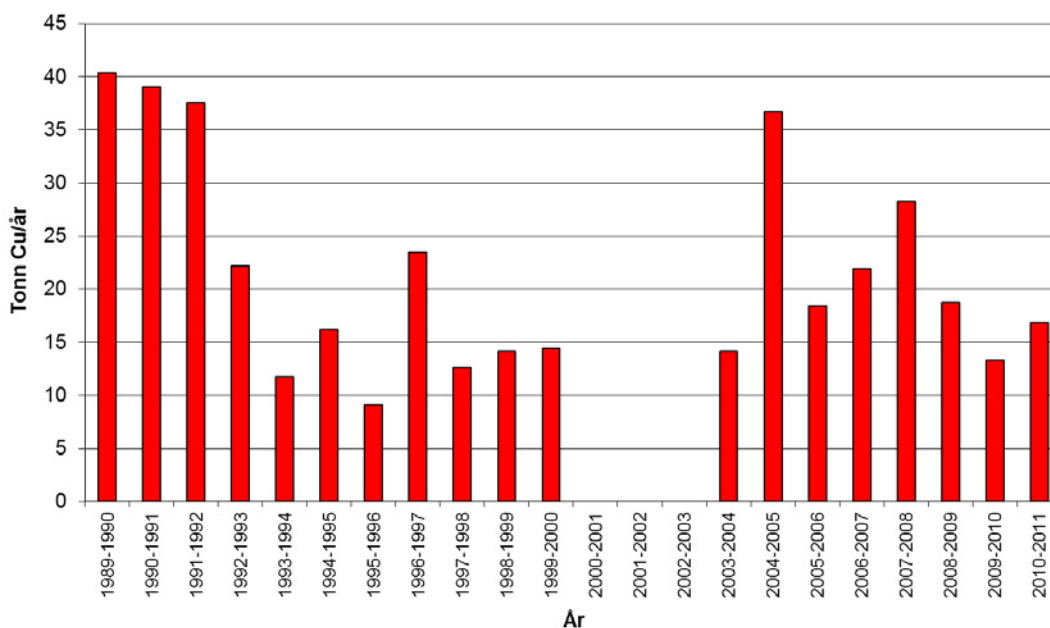
Hyd.år	SO <sub>4</sub> Tonn	Al Tonn	Fe Tonn	Cu Tonn	Zn Tonn	Cd Kg
1989-1990	3040		383	40,4	65,8	130
1990-1991	4480		478	39,1	72,7	199
1991-1992	4195		434	37,6	72,3	190
1992-1993	4490	65,6	229	22,2	76,7	173
1993-1994	2761	29,4	133	11,8	43,8	82,3
1994-1995	3764	39,4	166	16,2	54,0	116
1995-1996	2431	29,1	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
2010-2011	3711	76,5	93,5	16,9	40,3	111

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 drenevann 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 drenevannet fra Nordre berghald

direkte til Raubekken i den perioden som pumpa i Wallenberg pumpestasjon ikke var i drift pga driftshavari. I figur 51 er gitt en grafisk fremstilling av kobbertransporten innenfor hver prøvetakingsperiode for vannmengdeproporsjonale blandprøver. En ser at de største tilførslene til Orkla skjedde under vårflommen 2011 og i juli-august 2011 da det var mye nedbør. En ser også at kobbertransporten varierte svært mye i løpet av året og med en faktor på 100 for hver 14.dag. Sannsynligvis ville variasjonen vært en del høyere dersom en analyserer døgnblandprøver. Til tross for at dreneringstiltaket som ble gjennomført i tiltaksplanen fra 1991 samler opp mye sivevann er det fortsatt slik at det vil være støbelastninger på Orkla når det er mye lokal nedbør. Figur 52 viser årstransporten for kobber i Raubekken siden 1990.



Figur 54. Kobbertransport i Raubekken i 2010-2011.



Figur 55. Årlig transport av kobber i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2011.

I tabell 18 har en sammenlignet årstransporten i Raubekken med tilførselen fra Bjørnlivatn i undersøkellesperioden. Resultatene fram til 1.9.2011 viser at Løkkensiden fortsatt er den dominerende forurensningskilde i området når det gjelder kobber, aluminium og jern, men at tilførslene fra gruva via Bjørnlibekken bidrar med mye sulfat og økende mengder aluminium, kadmium, kobber og sink.

**Tabell 18.** Transport i Raubekken og ved utløp av Bjørnlivatn i 2010-2011.

Stasjon	SO <sub>4</sub>	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Kg
Raubekken	3711	76,5	93,5	16,9	40,3	111
Utløp Bjørnlivatn	2110	23,4	16,9	5,3	21,0	56,2
Differanse (= Løkkensiden)	1601	53,1	76,6	11,6	19,3	74,1

Ved hjelp av transportverdiene i tabell 18 og de tilsvarende transportverdiene for inngående vann til gruva (St. A, St. B og St. C) kan en anslå hvor stor andel av samlet materialtransport fra Løkkensiden som samles opp og ledes inn i gruva. I tabell 19 er det gjort en beregning av hvor effektivt dreneringstiltaket på Løkkensiden er. Beregningen er angitt i %. Det er noe upresist å kalle den virkningsgrad. Dette har sammenheng med at i løpet av ett år som regel forekommer perioder da en med hensikt stopper tilførslene av drensvann fra stasjonene A og B til gruva på grunn av stor avrenning og høy vannstand i gruva. Et annet forhold er at slamdammen på Løkken også bidrar med metalltilførsler og at tiltaket ikke omfatter denne kilden. I tiltaksundersøkelsen fra 1990 (Øren et al, 1990) ble det konkludert med at sink var viktigste metall i avrenningen fra slamdammen. Et mer presist anslag over hvor mye avrenningen fra slamdammen betyr i forurensningsregnskapet vil først kunne fastslås nærmere dersom en forsterker oppsamlingstiltaket nedenfor bergveltene på Løkken.

**Tabell 19.** Årlig 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
Oppsamlingsgrad i % i 2010-2011	23,9	23,3	56,5	32,9	16,1	22,4

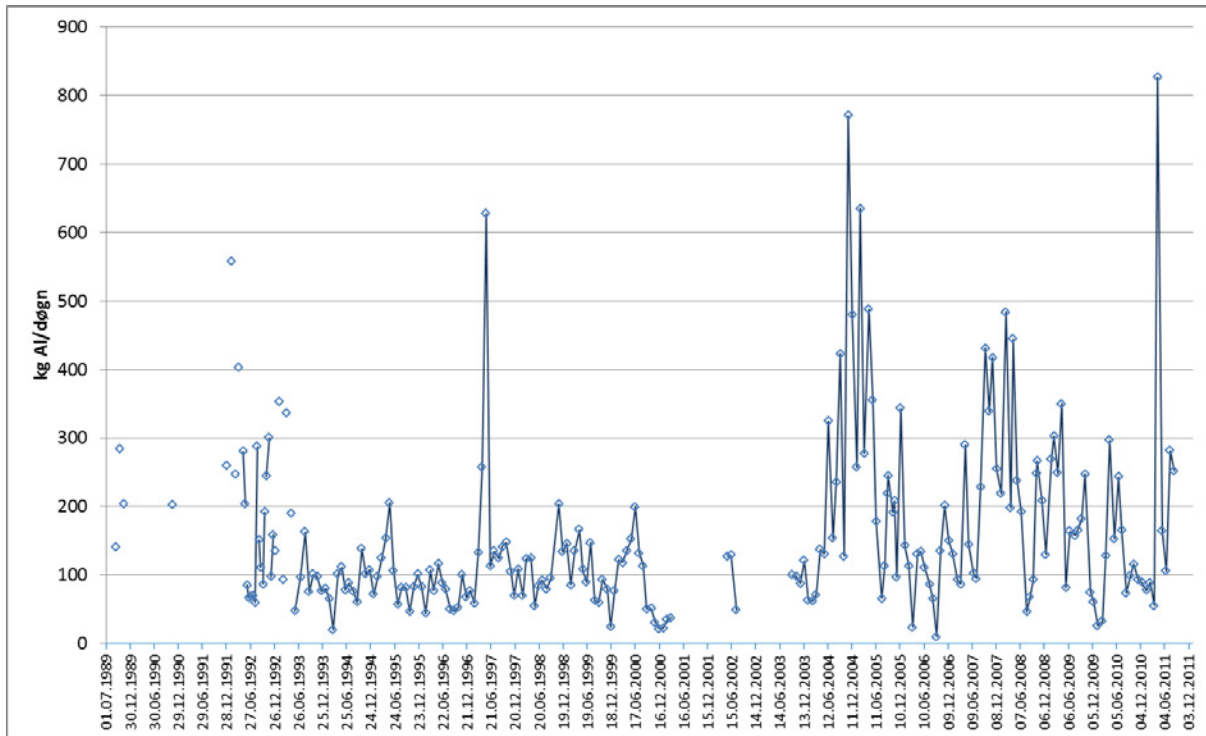
Beregningen viser at tiltaket er mest effektivt mht jern og dårligst for sink, kadmium og aluminium. Dette har sammenheng med at bidraget fra Bjørnlivatnsiden er økende for sistnevnte metaller. Metaller som jern og kobber som tilføres Fagerlivatn/Bjørnlivatn felles ut for en stor del i innsjøene selv ved pH-verdier ned mot 3,3-3,5. Kalkingstiltaket som ble gjennomført seinere på høsten 2011 førte til bedre utfelling av aluminium, sink og kadmium. Dette vil bli kommentert i neste årsrapport.

Effektene av gradvis dårligere vannkvalitet i utgående vann fra Wallenberg pst. merkes best når en ser på aluminiumtransporten i Raubekken. Figur 53 viser hvordan aluminiumtransporten har utviklet seg siden 1989. En ser at den økte mye etter at pH-verdien falt mye i utgående gruvevann etter 2002. De høyeste verdiene har imidlertid sammenheng med hendelser på Løkkensiden med stopp i tilførselen til gruva under flomsituasjoner. En merket tydelig effekten av stor utvasking våren 2011 og mye nedbør på sommeren 2011.

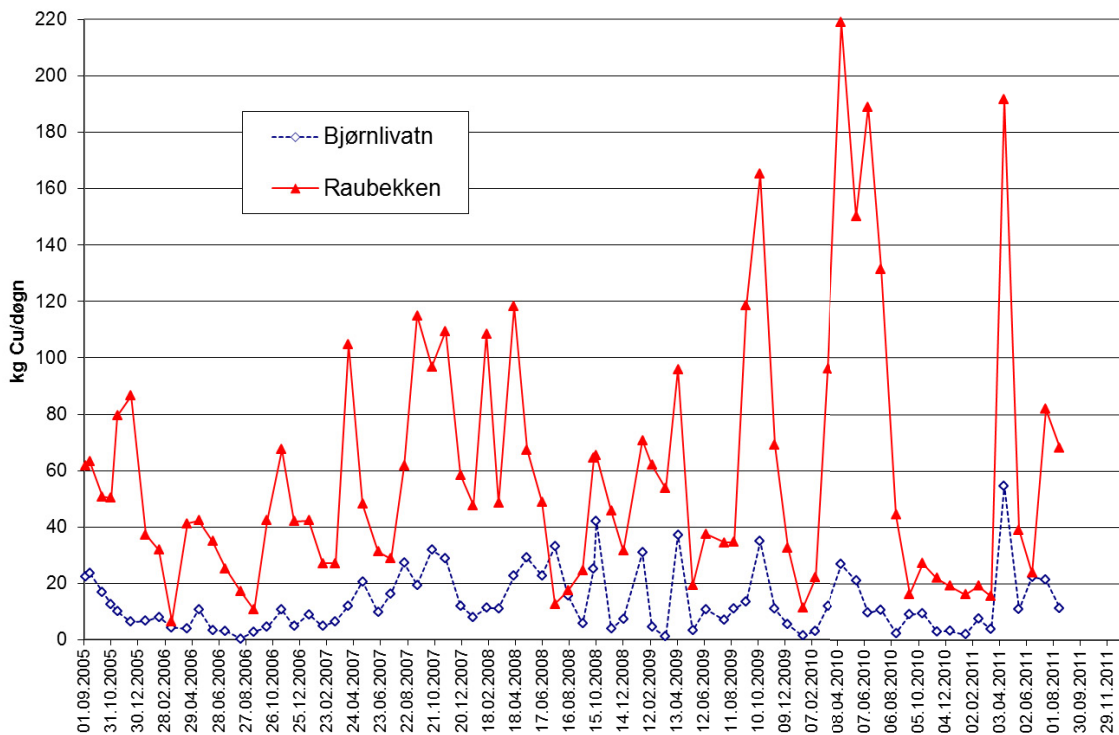
Figur 54 viser kobbertransporten ved utløpet av Bjørnlivatn og i Raubekken siden 2005 da det løpende kontrollprogram ble startet. Tilsynelatende er kobbertransporten økende. En del av økningen har sammenheng med økte tilførsler fra Bjørnlivatnsiden, men det går ikke så tydelig fram av figuren.



Årsaken er at de høyeste registrerte vannføringene ved utløpet av Bjørnlivatn er for lave pga overskridelse av måleprofilen. Vi vil forsøke å rette den målefeilen sommeren 2012.



Figur 56. Aluminiumtransport i Raubekken 1989-2011.



Figur 57. Kobbertransport ved utløpet av Bjørnlivatn og i Raubekken 2005-2011.

Tabell 20 viser en beregning av hvor mye bidraget fra Bjørnlivatnsiden betyr for samlet transport i Raubekken. En ser at alle metaller og sulfat øker og at økningen er tydeligst for aluminium og sink. Bidraget fra Bjørnlivatn er trolig noe underestimert, som nevnt pga overskridelse av overløpsprofilen.

**Tabell 20.** Den % -vise betydningen av tilførselene fra Bjørnlivatn av totaltransporten i Raubekken.

	<b>Vann</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>Al</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2005-2006	6,4	35,7	17,2	7,9	17,9	30,1	29,2
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2006-2007	6,2	34,9	19,1	9,1	22,3	30,2	35,6
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2007-2008	6,1	39,0	31,5	21,6	31,3	36,4	38,4
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2008-2009	5,0	32,2	26,9	17,9	24,7	31,8	34,6
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2009-2010	7,3	49,4	38,5	25,8	32,6	47,4	48,4
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2010-2011	8,1	56,9	30,6	18,1	31,4	52,3	50,7

## 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 da pumpestasjonen i Wallenberg sjakt ble satt i drift. Programmet har vært konsentrert om å føre tilsyn med vannkvaliteten til utgående vann fra gruva gjennom pumpestasjonen. 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 perioden 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. I siste måleperiode 2010-2011 tyder utviklingen på at tungmetalltransporten fra gruva er økende.

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 oppgradert kalkingsstasjonen i Fagerlia slik at den doserer kalk kontinuerlig til Fagerlivatn, også når det ikke pumpes ut gruvevann.

Resultatene for magnesium i utgående vann fra gruva gir også informasjon om utviklingen i den vannfylte gruva. Siden konsentrasjonene er fallende betyr dette at grønnsteinen i gruva er mindre reaktiv fordi flatene dekkes til med jernslam. Når pH faller har dette også betydning for forvittringsprosessen i gruva. Økende konsentrasjoner av fri jernioner i gruva angriper kisflater, noe som fører til økte konsentrasjoner av toverdige jern i utgående vann. Denne prosessen utvikler også syre. Økt surhet fører også til økende frigjøring av aluminium fra sideberget. Prosessen utvikler seg gradvis og er også styrt av belastningen på gruva. Det er ikke mulig å si noe om når eller om det vil innstille seg en likevektssituasjon.

Prøver tatt i Wallenberg sjakt sommeren 2011 viser at pH-verdien ved nivå 300 har falt en del og ned mot 3. Dette viser at nivåene over 300 er sure, dvs at inngående vann beveger seg gjennom gruva i de tre øverste nivåene fram til Wallenberg sjakt.

Siste år varierte pH-verdiene ved utløpet av Bjørnlivatn i området 3,3 - 4,1, noe som skyldes oksidasjon av toverdige jern ute i Fagerlivatn/Bjørnlivatn med påfølgende utfelling (hydrolyse) av

treverdig jernhydroksid. Metallkonsentrasjonene og transporten varierer mye i løpet av året. Maksimalverdiene tyder på økende transport fra Bjørnlivatn. Av den grunn ble det gjennomført et kalkingstiltak høsten 2011 for å teste beredskapen. Vi kommer tilbake til resultatene fra dette i neste årsrapport.

Selv om tilførsle 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 tilførsle til Orkla. Det er imidlertid verdt å legge merke til at den relative betydningen av tilførsle 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. Lekkasjen er sannsynligvis størst når det gjelder dreinsvann 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 dreinsvann 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 inntraff en slik episode. Som oftest inntreffer slike episoder om vinteren. De fremtidige kravene som KLIF har stilt til vannkvalitet i Orkla innebærer at de nye tiltakene skal føre til en ytterligere reduksjon i metallavrenningen fra Løkkenområdet.

## 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., 2010. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune. Undersøkelser i 2009-2010. NIVA-rapport, O-29386, L.nr. 6083-2010, 66 s.

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

Statens forurensningstilsyn, 1983. Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg. Revidert utgave. TA-525. Januar 1983. 68s.

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 2010 – 2011**

**Tabell 21.** Analyseresultater. Stasjon A – Stallgata pumpestasjon.

Dato	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si	Telleverk	m <sup>3</sup> pumpet fra
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m <sup>3</sup>
15.09.2010	2,55	435	3832	319	115	128	512	55,1	50,9	0,212	0,039	6,32	0,420	1,72	53,8	745788	3785
14.10.2010	2,51	461	4281	369	124	141	542	62,7	57,6	0,249	0,049	7,13	0,492	1,94	60,8	753289	7501
15.11.2010	2,46	483	4281	357	139	157	596	52,2	36,7	0,167	0,030	7,03	0,474	1,77	60,5	759106	5817
14.12.2010	2,51	475	4042	383	146	152	539	50,2	43,7	0,180	0,030	8,32	0,530	1,93	58,1	760885	1779
17.01.2011	2,65	405	3503	392	130	133	361	42,1	33,5	0,158	0,030	7,86	0,474	1,52	54,4	761835	950
15.02.2011	2,62	479	4222	378	160	186	564	52,8	38,6	0,183	0,040	8,10	0,552	1,90	55,0	763161	1326
15.03.2011	2,55	467	4431	371	154	161	527	50,9	37,1	0,175	0,047	8,20	0,545	1,78	56,9	764421	1260
13.04.2011	2,55	414	3443	262	101	118	597	55,7	39,0	0,171	0,042	5,10	0,350	1,58	43,7	780684	16263
16.05.2011	2,45	469	4192	346	129	147	641	59,1	43,2	0,182	0,049	6,49	0,441	1,84	56,1	783548	2864
15.06.2011	2,67	393	3174	296	92,3	106	472	51,0	35,6	0,157	0,043	5,21	0,346	1,46	41,7	787202	3654
15.07.2011	2,87	476	4341	350	123	144	689	60,0	44,0	0,189	0,039	6,47	0,451	1,89	60,3	792737	5535
15.08.2011	2,45	498	4551	353	138	166	764	59,1	41,9	0,174	0,043	6,59	0,453	1,94	62,7	803702	10965
																Årssum	61699
Aritm.middel	2,57	455	4024	348	129	145	567	54,2	41,8	0,183	0,040	6,90	0,461	1,77	55,3		
Maks.verdi	2,87	498	4551	392	160	186	764	62,7	57,6	0,249	0,049	8,32	0,552	1,94	62,7		
Min.verdi	2,45	393	3174	262	92	106	361	42,1	33,5	0,157	0,030	5,10	0,346	1,46	41,7		

**Tabell 22.** Analyseresultater. Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald.

Dato	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si	Vannf	
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
01.09.2010	2,57	264	1689	126	44,7	49,3	268	17,3	10,4	0,0447	0,020	2,04	0,120	0,656	25,8	2,52	
15.09.2010	2,54	288	1973	138	54,6	61,3	348	20,2	11,9	0,0510	0,020	2,53	0,142	0,785	27,3	2,02	
06.10.2010	2,24	574	5689	183	129	154	1270	49,8	21,8	0,0984	0,051	4,66	0,276	2,04	40,5	1,74	
15.10.2010	2,34	447	4072	161	94,9	111	829	35,6	17,4	0,0757	0,030	3,65	0,211	1,46	34,4	1,89	
01.11.2010	2,50	321	2359	141	62,1	72,4	456	23,7	13,3	0,0547	0,020	2,58	0,146	0,931	26,5	1,98	
15.11.2010	2,34	501	4790	174	118	145	1100	44,5	20,4	0,0868	0,030	4,25	0,254	1,82	34,2	1,81	
01.12.2010	2,27	635	6287	196	148	180	1550	54,5	27,1	0,0990	0,055	5,32	0,320	2,51	36,9	1,38	
14.12.2010	2,28	637	6707	197	158	193	1650	56,9	26,4	0,1000	0,054	5,56	0,350	2,63	37,1	1,30	
03.01.2011	2,21	691	7725	219	185	223	1970	63,5	26,7	0,1580	0,082	5,81	0,380	2,84	42,1	1,27	
17.01.2011	2,24	661	7156	207	162	207	1770	57,7	25,7	0,1100	0,067	5,58	0,360	2,62	39,8	1,18	
01.02.2011	2,52	393	3413	119	88,0	115	834	31,0	13,3	0,0585	0,036	2,99	0,182	1,26	21,9	1,34	
15.02.2011	2,42	505	5150	143	123	168	1280	45,8	17,5	0,0809	0,051	4,00	0,246	1,83	27,6	1,31	
01.03.2011	2,25	584	6587	169	149	180	1660	54,1	22,6	0,0998	0,067	4,94	0,292	2,34	32,6	0,94	
15.03.2011	2,38	448	4341	136	108	126	1080	38,4	16,6	0,0733	0,046	3,68	0,210	1,63	25,1	0,95	
01.04.2011	2,33	549	5928	155	136	165	1600	52,7	23,2	0,1010	0,055	4,58	0,261	2,26	29,1	1,33	
13.04.2011	2,11	1004	13982	262	309	383	4160	139,0	56,7	0,2300	0,140	9,67	0,590	5,83	48,6	3,88	
29.04.2011	2,12	886	11108	271	250	298	3330	109,0	46,0	0,1900	0,110	8,15	0,520	4,65	52,4	1,12	
13.05.2011	2,25	553	5599	179	128	154	1360	53,2	22,9	0,0968	0,060	4,18	0,245	2,15	33,2	1,10	
01.06.2011	2,34	602	6916	193	156	174	1880	64,8	27,2	0,1400	0,097	5,24	0,160	2,77	38,9	0,68	
15.06.2011	2,64	305	2207	132	56,9	64,3	482	23,7	12,8	0,0536	0,020	2,30	0,134	0,919	19,2	0,75	
01.07.2011	2,28	541	5689	181	129	154	1400	52,0	44,0	0,0975	0,036	4,47	0,264	2,17	37,3	1,08	
13.07.2011	2,44	369	3054	147	75,8	87,9	682	31,1	23,0	0,0670	0,020	2,95	0,174	1,23	27,9	2,93	
01.08.2011	2,41	391	3204	148	74,4	91,5	757	30,2	14,7	0,0607	0,038	2,73	0,153	1,15	29,3	1,04	
15.08.2011	2,38	425	3713	162	85,3	104	900	34,0	16,2	0,0661	0,037	3,09	0,176	1,37	32,0	0,79	
Aritm.middel	2,35	524	5389	172	126	153	1359	49,3	23,2	0,0956	0,052	4,37	0,257	2,08	32,5	1,51	
Maks.verdi	2,64	1004	13982	271	309	383	4160	139,0	56,7	0,2300	0,140	9,67	0,590	5,83	48,6	3,88	
Min.verdi	2,11	264	1689	119	45	49	268	17,3	10,4	0,0447	0,020	2,04	0,120	0,656	19,2	0,68	

**Tabell 23.** Analyseresultater. Stasjon C – Grøft i Gammelgruva

Dato	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
01.09.2010	2,40	894	11228	307	534	517	2360	169	116	0,458	0,120	16,4	1,10	7,79	34,1	2,23
15.09.2010	2,45	897	10449	294	504	507	2100	161	112	0,443	0,110	16,2	1,10	7,19	35,5	1,65
06.10.2010	2,42	846	11796	298	520	518	2280	167	117	0,466	0,130	16,7	1,10	7,52	38,5	1,64
15.10.2010	2,43	805	10389	309	501	483	2070	156	115	0,446	0,110	16,0	1,10	7,15	36,1	1,61
01.11.2010	2,48	654	8593	282	377	377	1660	116	82,3	0,331	0,073	11,8	0,820	5,09	35,4	2,33
15.11.2010	2,48	771	10210	268	458	459	1980	139	96,8	0,389	0,082	13,8	0,935	5,99	35,8	1,81
01.12.2010	2,51	733	9880	285	465	450	1920	144	108	0,406	0,094	14,8	0,970	6,83	26,9	1,80
14.12.2010	2,52	795	10120	272	493	473	2030	149	115	0,433	0,093	15,6	1,00	7,10	31,3	1,49
03.01.2011	2,55	952	14192	316	695	682	2890	211	153	0,579	0,140	20,8	1,30	9,766	36,7	1,27
17.01.2011	2,55	922	13802	301	663	662	2760	203	149	0,563	0,140	20,4	1,30	9,43	34,7	1,18
01.02.2011	2,52	1118	18174	327	860	896	4070	257	175	0,692	0,190	26,3	1,83	12,4	39,1	1,34
15.02.2011	2,52	1126	18263	314	854	882	4150	255	172	0,680	0,180	25,6	1,74	12,4	37,8	1,31
01.03.2011	2,43	1271	22365	309	1080	1010	5110	313	215	0,830	0,260	30,4	1,83	15,6	37,4	1,05
15.03.2011	2,42	1217	21048	312	988	943	4840	293	201	0,776	0,250	28,9	1,77	14,6	38,2	1,23
01.04.2011	2,46	1158	19521	305	890	856	4760	270	182	0,691	0,170	27,1	1,75	13,4	39,0	1,91
13.04.2011	2,48	841	12335	277	510	507	3090	168	110	0,413	0,100	16,5	1,10	8,17	36,0	7,62
29.04.2011	2,55	869	12515	264	586	558	3180	176	119	0,457	0,130	17,5	1,10	8,63	33,8	2,55
13.05.2011	2,43	1171	19162	284	914	890	4210	271	180	0,690	0,210	25,9	1,58	13,5	35,4	0,87
01.06.2011	2,54	1132	25689	302	880	952	4090	282	130	0,999	0,310	20,7	1,10	10,3	34,3	0,67
15.06.2011	2,57	903	13144	305	600	579	3240	187	130	0,501	0,200	18,3	1,20	9,01	30,0	1,07
01.07.2011	2,44	966	13234	271	622	603	2950	189	132	0,510	0,130	18,8	1,20	9,10	33,2	0,72
13.07.2011	2,48	724	8802	272	392	383	1930	124	89,5	0,339	0,091	12,8	0,89	5,85	32,7	0,87
01.08.2011	2,46	782	10958	303	492	498	2480	156	111	0,409	0,120	15,9	1,10	7,28	37,5	0,59
15.08.2011	2,49	842	12695	314	579	571	2940	180	128	0,468	0,130	17,9	1,20	8,57	40,0	0,39
Gj.snitt	2,48	933	14107	295	644	636	3045	197	135	0,540	0,148	19,4	1,25	9,28	35,4	1,63
Maks.verdi	2,57	1271	25689	327	1080	1010	5110	313	215	0,999	0,310	30,4	1,83	15,6	40,0	7,62
Min.verdi	2,40	654	8593	264	377	377	1660	116	82,3	0,331	0,073	11,8	0,820	5,09	26,9	0,39

**Tabell 24.** Analyseresultater. Wallenberg pumpeasjon.

Dato	Telleverk	Utpumpet fra	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Pb
	m <sup>3</sup>	forrige avlesn.		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
31.08.2010	322812																
06.09.2010	338804	15992	2,76	346	2428	395	145	52,2	162	7,13	29,2	0,081	4,56	0,227	0,915	30,1	0,049
14.10.2010	378995	40191	4,21	319	2536	385	136	54,6	241	6,62	28,6	0,078	4,40	0,210	0,901	30,3	0,045
03.12.2010	433993	54998	4,04	313	2494	416	146	60,1	237	7,76	35,5	0,084	4,95	0,260	1,030	31,9	0,041
07.01.2011	461847	27854	2,99	340	2539	431	157	59,8	244	5,45	31,4	0,080	4,85	0,227	0,969	33,3	0,035
15.02.2011	477701	15854	4,24	321	2542	391	137	64,3	269	5,08	29,1	0,075	4,53	0,220	0,917	31,8	0,030
13.04.2011	536637	58936	4,18	300	2266	367	133	50,8	263	3,64	27,2	0,064	4,21	0,194	0,837	29,4	0,037
16.05.2011	631744	95107	4,16	308	2243	373	161	45,5	215	18,5	23,6	0,100	4,13	0,182	0,834	23,3	0,050
07.06.2011	692353	60609	3,49	319	2635	405	133	67,3	310	19,9	31,3	0,131	4,57	0,211	1,040	31,7	0,091
15.06.2011	712634	20281	3,25	336	2428	387	132	63,5	317	18,2	32,1	0,129	4,61	0,225	1,040	23,8	0,077
07.07.2011	768206	55572	2,74	353	2566	388	133	60,3	297	15,0	31,3	0,118	4,54	0,220	1,000	29,6	0,069
12.08.2011	818893	50687	2,99	346	2476	395	137	63,1	313	11,8	31,8	0,107	4,53	0,218	0,970	30,4	0,076
Årssum		496081	m3														





**Tabell 28.** Analyseresultater. Raubekken ved inntak kraftverk.

Dato	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Al	Si	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
15.09.2010	6,68	10,5	25,7	12,0	2,24	0,869	0,095	0,262	<1	0,0812	<0,004	0,0087	0,576	1,62	1984
14.10.2010	5,92	30,4	132,9	34,1	7,84	2,04	0,422	1,32	3,7	0,254	0,010	0,041	1,80	3,29	745
16.11.2010	6,03	26,8	111,1	31,2	6,89	3,28	0,506	1,24	3,0	0,237	0,010	0,038	2,14	3,39	502
14.12.2010	5,35	30,3	132,6	34,1	8,05	3,24	0,530	1,42	4,2	0,275	0,014	0,043	2,46	3,57	422
17.01.2011	5,02	25,6	98,8	27,4	6,28	3,21	0,431	1,01	3,0	0,209	0,010	0,031	2,08	3,33	434
15.02.2011	5,19	34,5	163,2	37,2	8,31	2,70	0,474	1,53	3,7	0,283	0,010	0,045	2,19	3,69	470
15.03.2011	5,78	28,1	128,1	28,5	6,23	2,02	0,339	1,10	3,0	0,205	0,010	0,032	1,21	3,61	530
13.04.2011	4,91	21,9	81,7	23,2	4,82	1,66	0,336	0,972	3,0	0,188	0,010	0,029	1,45	2,30	6600
16.05.2011	6,03	20,9	80,2	23,5	4,72	1,69	0,336	0,893	2,0	0,158	0,010	0,027	1,41	2,17	1347
15.06.2011	6,59	11,0	33,8	12,6	2,35	0,742	0,140	0,366	1,0	0,0817	0,004	0,011	0,623	1,28	1972
15.07.2011	5,21	26,9	115,3	31,1	6,58	2,38	0,581	1,32	4,0	0,231	0,010	0,040	2,00	2,89	1631
15.08.2011	5,21	27,2	117,7	32,0	6,62	3,15	0,640	1,35	4,2	0,237	0,010	0,041	2,36	3,47	1235
Gj.snitt	5,66	24,5	101,8	27,2	5,91	2,25	0,403	1,07	3,2	0,203	0,010	0,032	1,69	2,88	1489
Maks.verdi	6,68	34,5	163,2	37,2	8,31	3,28	0,640	1,53	4,2	0,283	0,014	0,045	2,46	3,69	6600
Min.verdi	4,91	10,5	25,7	12,0	2,24	0,74	0,095	0,262	1,0	0,081	0,004	0,009	0,58	1,28	422

**Tabell 29.** Analyse av vannmengdeproporsjonale blandprøver fra Raubekken.

Prøvetakingsperiode	Ant.døgn	Al	Ca	Cd	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Tot-S	Si	Zn
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
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	1,40	5,66	0,171	0,007	<0,01	30,6	2,76	0,934
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
14.10.2010 - 01.11.2010	17	2,34	30,3	0,0030	0,034	0,423	2,59	6,85	0,223	0,010	<0,01	35,6	1,47	1,07
01.11.2010 - 16.11.2010	15	2,06	28,4	0,0020	0,032	0,450	2,33	6,39	0,208	0,010	<0,01	33,7	3,01	1,07
16.11.2010 - 02.12.2010	16	1,92	31,3	0,0030	0,038	0,517	2,30	7,12	0,243	0,014	<0,01	39,5	3,64	1,27
02.12.2010 - 14.12.2010	12	2,38	33,3	0,0044	0,043	0,980	3,80	8,44	0,283	0,014	<0,01	46,3	4,28	1,70
14.12.2010 - 03.01.2011	20	1,86	33,1	0,0037	0,040	0,692	2,13	7,62	0,255	0,014	<0,01	39,4	3,70	1,29
03.01.2011 - 01.02.2011	29	0,311	25,5	0,0030	0,029	0,265	0,50	5,58	0,194	0,010	<0,01	38,7	3,12	0,942
01.02.2011 - 14.02.2011	13	2,20	40,3	0,0040	0,048	0,504	2,69	8,95	0,297	0,015	<0,01	49,9	3,67	1,61
14.02.2011 - 01.03.2011	15	2,04	41,2	0,0043	0,051	0,567	2,45	9,18	0,308	0,017	<0,01	52,9	3,78	1,67
01.03.2011 - 08.03.2011	7	2,19	29,1	0,0030	0,032	0,369	3,07	6,18	0,211	0,010	<0,01	34,0	3,46	1,08
08.03.2011 - 15.03.2011	7	1,75	29,1	0,0030	0,028	0,247	2,10	6,15	0,193	0,009	<0,01	32,6	3,20	0,789
15.03.2011 - 01.04.2011	16	2,20	28,5	0,0030	0,033	0,485	2,95	6,36	0,225	0,010	0,01	34,3	3,28	1,16
01.04.2011 - 13.04.2011	12	1,76	22,4	0,0020	0,025	0,302	2,05	4,80	0,178	0,010	0,01	25,0	2,56	0,807
13.04.2011 - 28.04.2011	15	1,54	27,6	0,0030	0,034	0,544	2,66	4,82	0,195	0,010	<0,01	31,3	2,67	1,39
28.04.2011 - 16.05.2011	18	1,66	24,6	0,0030	0,029	0,460	1,65	5,07	0,172	0,010	<0,01	29,4	2,49	1,01
16.05.2011 - 01.06.2011	15	1,76	27,4	0,0057	0,033	0,331	2,12	5,47	0,204	0,002	0,01	34,1	2,62	1,00
01.06.2011 - 15.06.2011	15	1,37	21,6	0,0020	0,022	0,234	1,54	4,33	0,159	0,007	<0,01	23,5	1,71	0,648
15.06.2011 - 01.07.2011	15	1,62	27,9	0,0030	0,033	0,466	1,60	5,84	0,194	0,010	<0,01	32,8	2,65	1,11
01.07.2011 - 15.07.2011	14	3,80	27,7	0,0030	0,034	0,558	4,59	6,11	0,256	0,014	<0,01	32,4	3,71	1,02
15.07.2011 - 01.08.2011	17	3,38	32,6	0,0039	0,040	0,746	3,87	6,84	0,246	0,010	<0,01	41,0	3,42	1,31
01.08.2011 - 15.08.2011	16	2,66	33,3	0,0041	0,041	0,602	3,09	7,00	0,251	0,010	<0,01	41,0	3,29	1,33
15.08.2011 - 01.09.2011	17	3,13	25,9	0,0030	0,029	0,501	3,72	5,20	0,191	0,010	<0,01	29,6	3,15	0,867
sum	371													

**Tabell 30.** Analyseresultater. Orkla ved Vormstad

<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>
15.09.2010	7,30	15,1	230	111
14.10.2010	11,6	27,7	170	83,9
16.11.2010	5,20	13,5	71	39,8
14.12.2010	3,52	8,22	110	60,7
17.01.2011	2,98	6,49	100	52,7
14.02.2011	0,23	2,10	<10	39,8
15.03.2011	3,44	11,4	58	30,7
13.04.2011	13,8	106	354	178
16.05.2011	3,79	6,61	95	57,6
15.06.2011	3,59	7,24	150	108
15.07.2011	4,40	7,49	70	54,5
15.08.2011	3,53	6,00	84	45,3

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)