

Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune. Undersøkelser i perioden 1.9.2011 – 31.8.2012



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 1.9.2011 – 31.8.2012	Løpenr. (for bestilling) 6444-2012	Dato 22.11.2012
	Prosjektnr. Undernr. O-11486	Sider 67
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket CopyCat AS 2012

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for mineralforvaltning	Oppdragsreferanse Best.nr. 28/2011 11/00846-2
---	---

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 2011-2012 viser at metalltilførslene fra Wallenberg gruve fortsatt er økende. Det står nå surt vann i de øverste 3 nivåene i gruva. Det er nå nødvendig med kontinuerlig kalking av utgående vann fra gruva for å forhindre økte tilførsler til Raubekken. I det hydrologiske året 2011-2012 ble metalltransporten til Orkla anslått til 9 tonn kobber, 22 tonn sink, 58 tonn jern, 31 tonn aluminium og 72 kg kadmium. Vannkvaliteten i Orkla er fortsatt tilfredsstillende i forhold til målsettingen fra 1991 (årsmiddel <10 µg Cu/l). Det ble ikke påvist kobberkonsentrasjoner over denne grense i 2011-2012. Metalltilførslene fra Løkken gruveområde var en del lavere i 2011-2012 pga. kalking av Bjørnlivatn og økt oppsamling av dremsvann fra velteområdet i Løkken sentrum.


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 Dedric Berg
Forskningsdirektør

O-11486

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

Undersøkelser i perioden 1.9.2011 – 31.8.2012

Forord

Undersøkelsene i Løkken gruveområde i 2011-2012 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, 22.november 2012

Egil Rune Iversen

Innhold

1. Innledning	8
2. Undersøkelsesopplegg	9
2.1 Prøvetakingsstasjoner	9
2.2 Prøvetaking og analyse	9
3. Resultater	11
3.1 Hydrologi og klima	11
3.2 Vannkvalitet på Løkken-siden	14
3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon	14
3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald	16
3.2.3 Stasjon C. Drensgroft i Gammelgruva	18
3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatn-siden	21
3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt	21
3.3.2 Utløp Fagerlivatn	30
3.3.3 Utløp Bjørnlivatn	32
3.3.4 Astrup gruveområde	34
	34
3.4 Vassdragsstasjoner	35
3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk	35
3.4.2 Orkla ved Vormstad	38
4. Massebalanser	41
4.1 Vannbalanse	41
4.1.1 Bjørnlivatn – Raubekken	41
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve	43
4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve	48
4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene	53
5. Samlet vurdering	60
6. Referanser	62
Vedlegg A. Analyseresultater 2011-2012	63

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 1.9.2011-31.8.2012, 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. I inneværende år ble gruva mer belastet med tilførsler av surt drensvann fra Løkken-siden. Dette førte til fallende pH-verdier i utgående vann fra gruva, samt økte metallkonsentrasjoner. Spesielt kobberkonsentrasjonene økte merkbart

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. Dette er spesielt merkbart når vannmengdene gjennom gruva økte en del som i 2011-2012.

Av disse årsaker er kalkingsstasjonen i Fagerlia forsterket og vil bli ytterligere oppgradert i kommende år. 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 i september 2011. Resultatene fra denne var vellykket, men den positive effekten varte kun ½ år. Tiltaket førte til en redusert belastning av metaller på Raubekken sett på årsbasis.

Økte forurensningstilførsler fra Wallenberg gruve gjør at en nå er avhengig av permanent kalking av avløpet for å begrense belastningen på vassdraget. Utbyttet av kalktilførselen er imidlertid dårlig. Det anbefales derfor å oksidere jernet før kalken doseres. Som oksidasjonsmiddel er anbefalt hydrogenperoksid. En vil derved redusere betydningen av at jern oksiderer ute i innsjøene.

Det er likevel fortsatt slik at avrenning fra Løkken-siden er største forurensningskilde i gruveområdet. Omkring halvparten av metallavrenningen fra Løkken-siden fanges ikke opp av dreneringstiltaket fra 1992, og det anbefales å forbedre effektiviteten og føre bort rent 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. I 2011-2012 ble det ikke påvist kobberkonsentrasjoner over denne grensen i Orkla. Dette har sammenheng med kalkingstiltaket og mer effektiv oppsamling av drensvann fra Løkken-siden.

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 2011-2012 har en beregnet følgende nøkkeltall for metalltransporten i Løkken gruveområde:

Kilde	SO ₄ tonn/år	Al tonn/år	Fe tonn/år	Cu tonn/år	Zn tonn/år	Cd kg/år
Tilførsler til Wallenberg gr.	1205	43,5	246,9	15,1	10,6	43,6
Ut av Wallenberg pst.	1478	37,0	164,6	7,7	20,1	65,4
Ut av Bjørnlivatn	1877	2,5	5,3	2,7	11,1	37,6
Transport i Raubekken	3072	31,0	58	9,1	22,0	72
Differanse (=Løkkensiden)*	1194	28,5	53	6,4	10,9	34

*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:

Hyd.år	SO ₄ tonn/år	Al tonn/år	Fe tonn/år	Cu tonn/år	Zn tonn/år	Cd kg/år
1989-1990	3040		383	40,4	65,8	130
1990-1991	4480		478	39,1	72,7	199
1991-1992	4195		434	37,6	72,3	190
1992-1993	4490	65,6	229	22,2	76,7	173
1993-1994	2761	29,4	133	11,8	43,8	82,3
1994-1995	3764	39,4	166	16,2	54,0	116
1995-1996	2431	29,1	112	9,1	33,2	73,3
1996-1997	4517	54,6	180	23,5	63,9	156
1997-1998	3484	36,7	117	12,6	42,7	101
1998-1999	3554	46,5	158	14,2	43,1	93,7
1999-2000	3707	40,2	126	14,4	44,7	95,6
2003-2004	3520	48,2	101	14,2	39,4	87,1
2004-2005	7156	126,5	192	36,7	90,7	273
2005-2006	4088	69,0	130	18,4	46,3	119
2006-2007	5717	70,2	125	21,9	58,8	138
2007-2008	5424	111,5	143	28,3	68,1	207
2008-2009	4022	79,7	107	18,7	48,6	136
2009-2010	3652	56,6	81	13,3	40,3	106
2010-2011	4055	67,8	90	16,1	42,6	118
2011-2012	3072	31,0	58	9,1	22,0	72

Summary

Title: Loadings of Heavy Metals in the Løkken Mining Area in 2011-2012

Year: 2012

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6179-0

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.

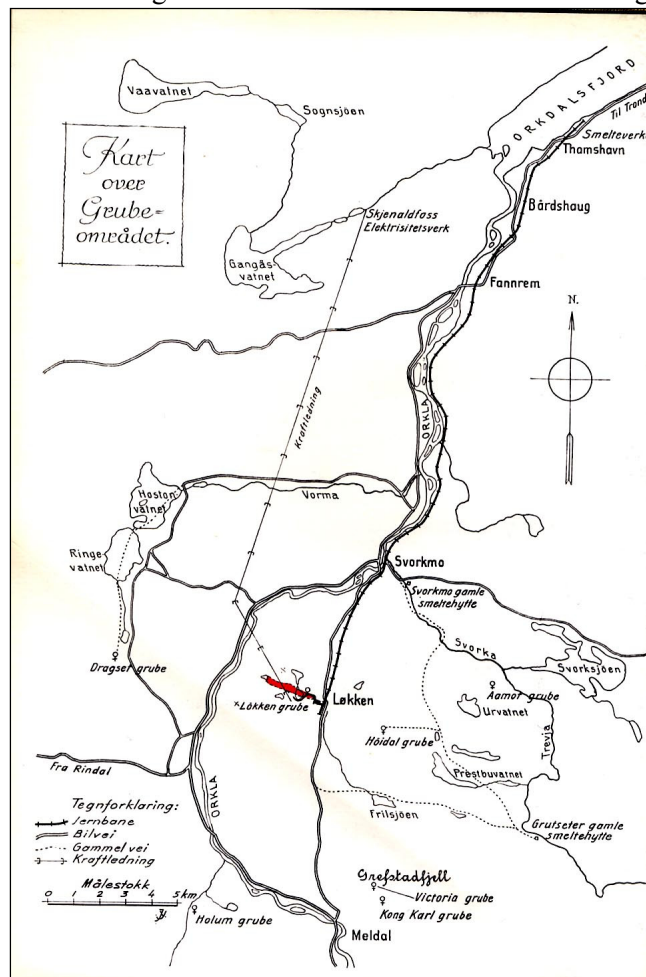
Studies carried out in the period 2005-2012 show that the acid drainage from the dumps is moving through the three upper levels of the mine. Consequently, the retention time is in the range of one to two years. The theoretical retention time in the flooded mine is about 8 years. At the end of 2012 it 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 2012 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. Oxidation of ferrous iron with hydrogen peroxide is recommended. A liming treatment of the outcoming minewater has already 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 gruvedriften ble nedlagt i 1987, ble det gjennomført flere forurensningsbegrensende tiltak. Det viktigste var å ta i bruk den vannfylte Wallenberg gruve som et "rensaneanlegg" for forurenset 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 2011-2012. 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

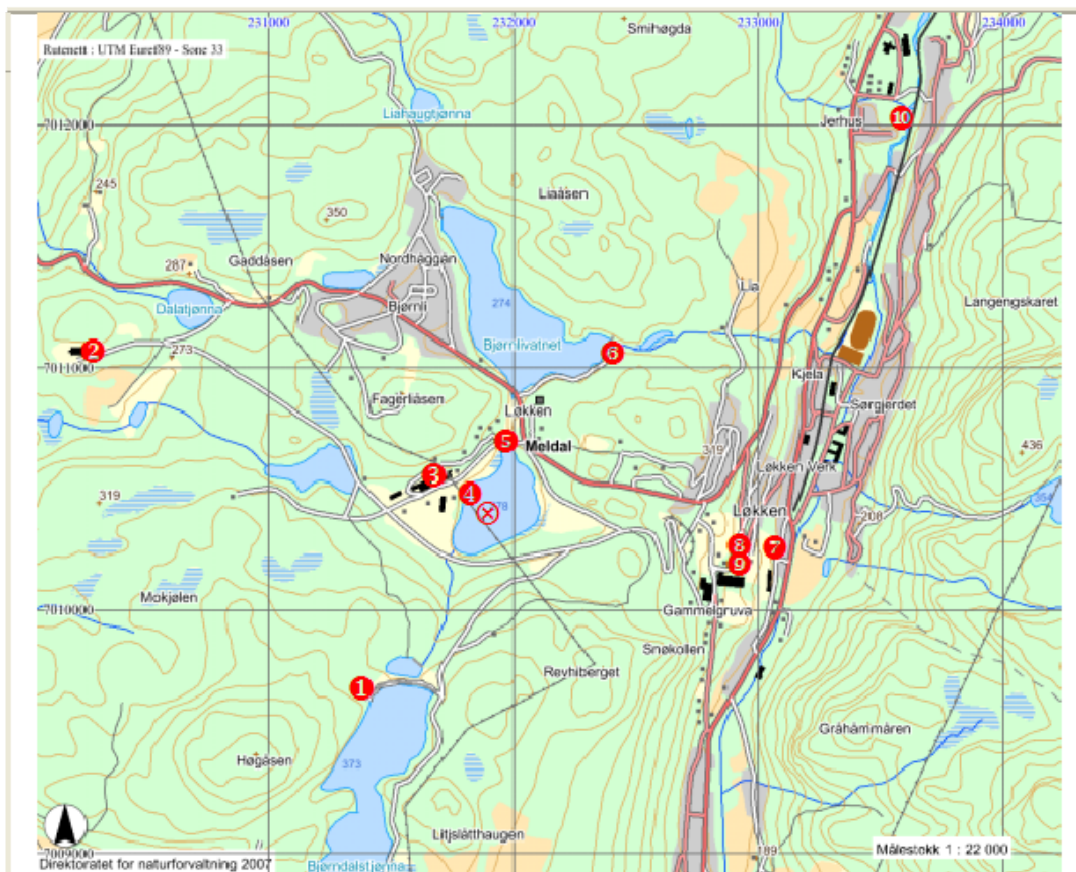
Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2011-2012.

Stasjon	Opplegg
A. Stallgata pumpestasjon	Stikkprøve i pumpestasjonen 1x mnd. Manuell registrering av vannmengde ved hver prøvetaking ved avlesning av pumpestand.
B. Drensrør fra Nordre bergwald	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. Utpumpet vannmengde (ukemengde) journalføres av Nammo NAD.
Wallenberg pumpestasjon	Månedlig stikkprøve som tidligere. Registrering av vannmengder ved hver prøvetaking. Kontinuerlig registrering av pH, konduktivitet og vannstands nivå i Wallenberg sjakt
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. Kontinuerlig logging av pH og konduktivitet samt vannstand over måleprofil. Vannmengdeproporsjonal blandprøvetaking 2x mnd.
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 2011-2012 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 2005-2012.

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

3. Resultater

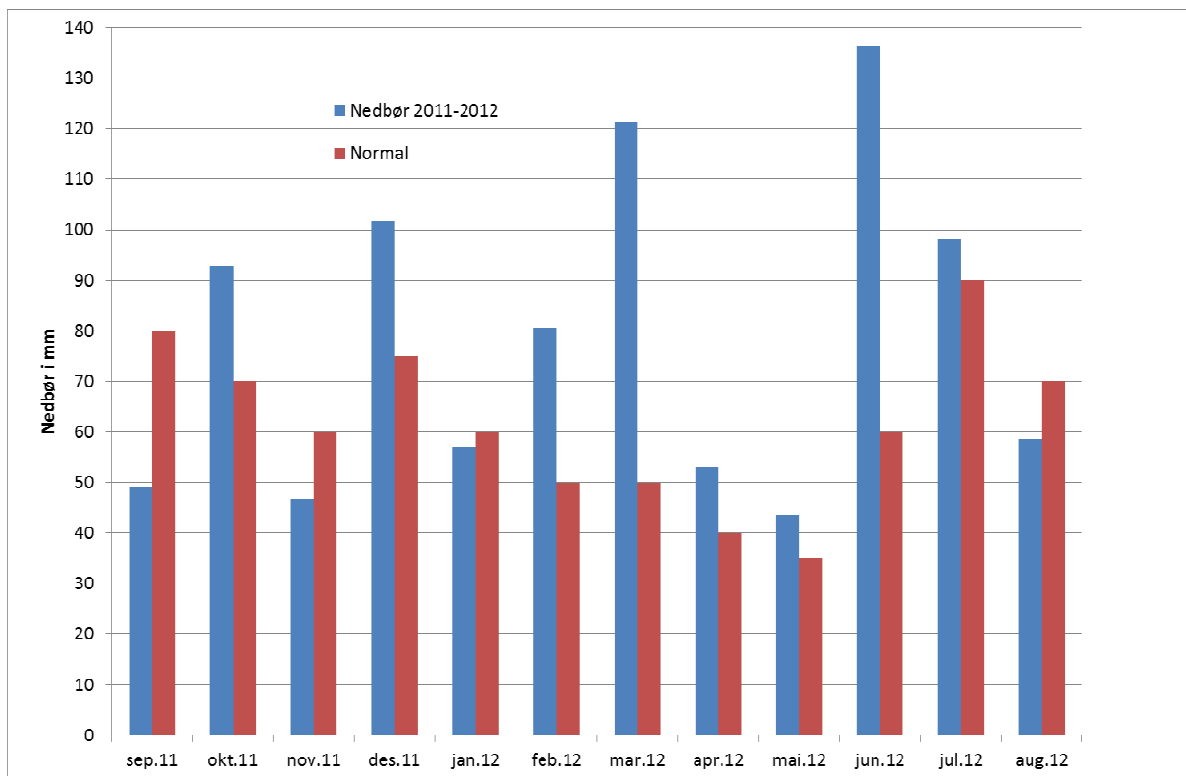
3.1 Hydrologi og klima

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

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

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

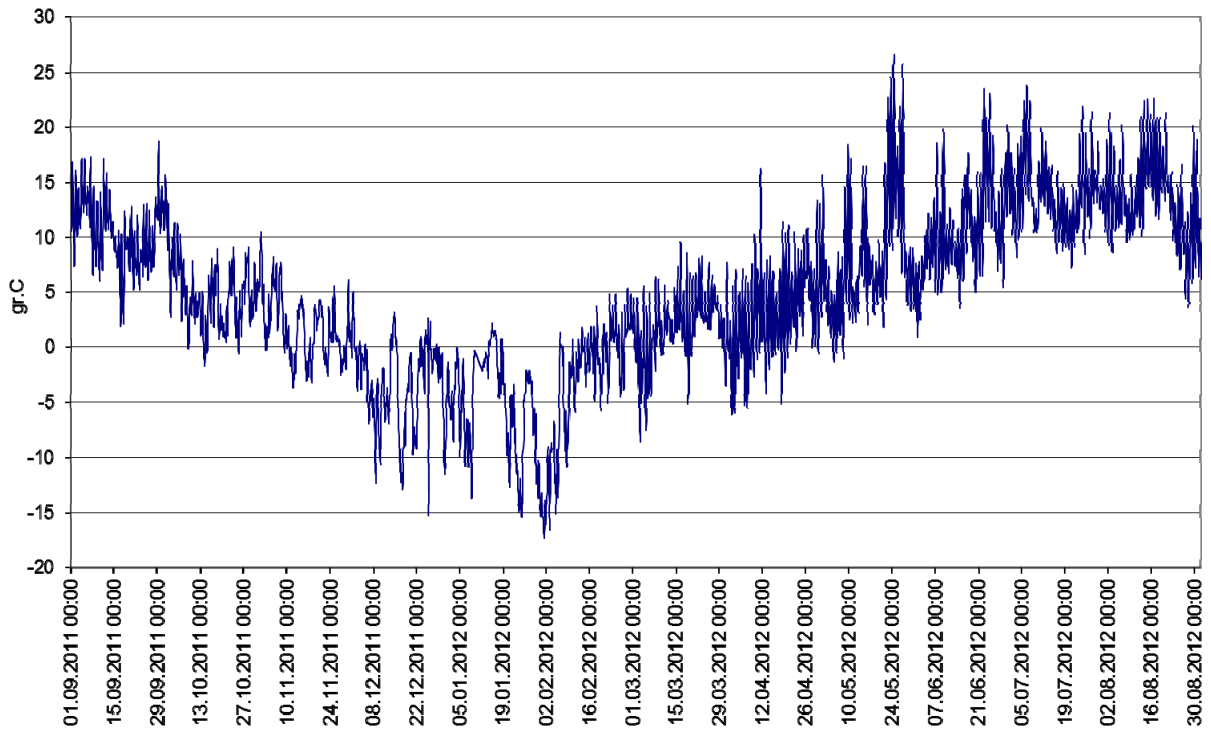
Temperatur og nedbør har stor betydning for vannbalansen på gruva. I dette området viser avrenningskoeffisientene store lokale variasjoner (NVE, 1987). I denne undersøkelsen har vi benyttet nedbørdata for den nærmeste meteorologiske stasjonen til Det norske meteorologiske institutt (DNMI), 66620 Rennebu. Figur 3 viser månedlige nedbørhøyder og normaler for perioden 2011-2012.



Figur 3. Månedlige nedbørhøyder og normaler ved DNMI 66620 Rennebu i 2011-2012.

Sett i forhold til normalene falt det svært mye nedbør i mars og juni måned i 2012. Det falt minst nedbør i september 2011. I året 1.9.2011 – 31.8.2012 falt det 127 % 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 2011-2012. En ser at det var kaldest i perioden januar måned 2012. De store nedbørmengdene som falt i mars måned falt for en stor del som regn.



Figur 4. Lufttemperatur ved Gammelgruva i 2011-2012.



Figur 5. Gruveinngangen til Gammelgruva.



Figur 6. Inngangen til Gammelgruva 22.3.2011. Foto: Rolf Gravrok, Orkla Industrimuseum.

3.2 Vannkvalitet på Løkken-siden

3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon

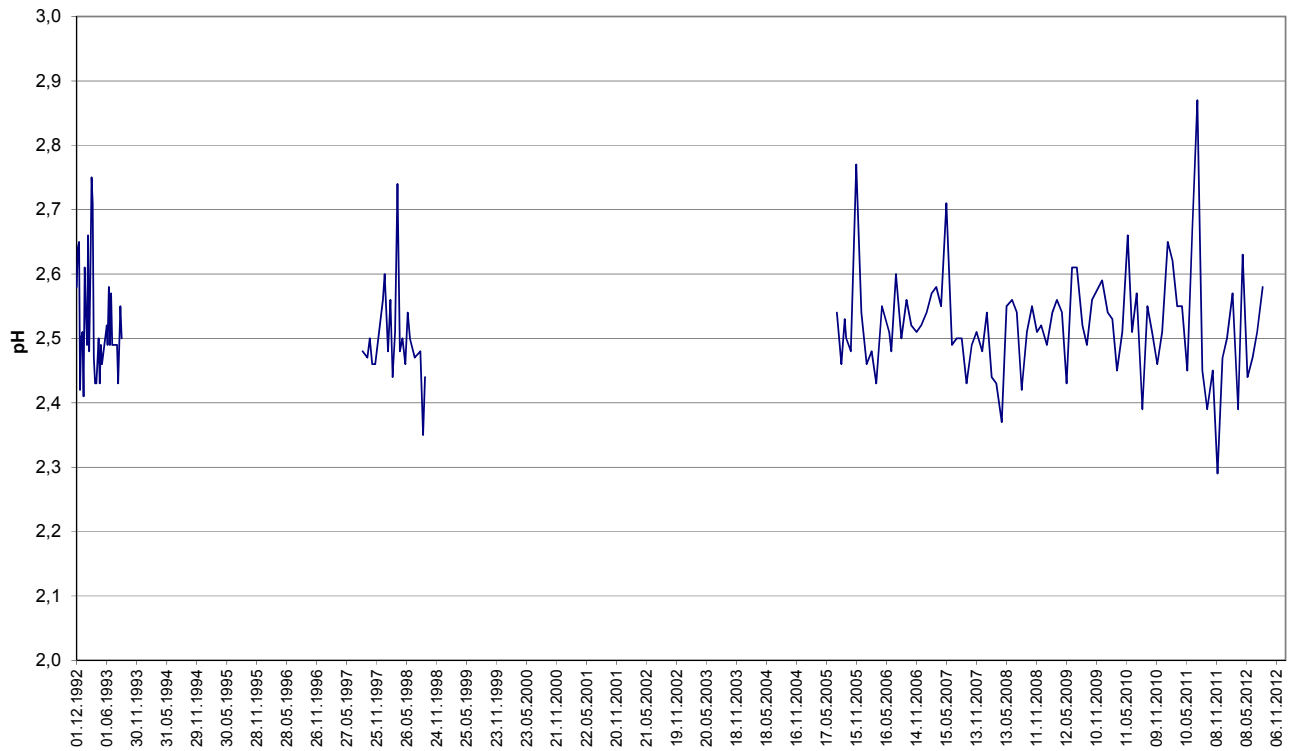
Analyseresultatene for prøver som er tatt i 2011-2012 er samlet i tabell 22 i vedlegg A bak i rapporten. I tabell 3 er det gjort en sammenligning mellom de årlige middelveidene for alle måleperiodene som er gjennomført etter at tiltaksplanen ble satt i drift.

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

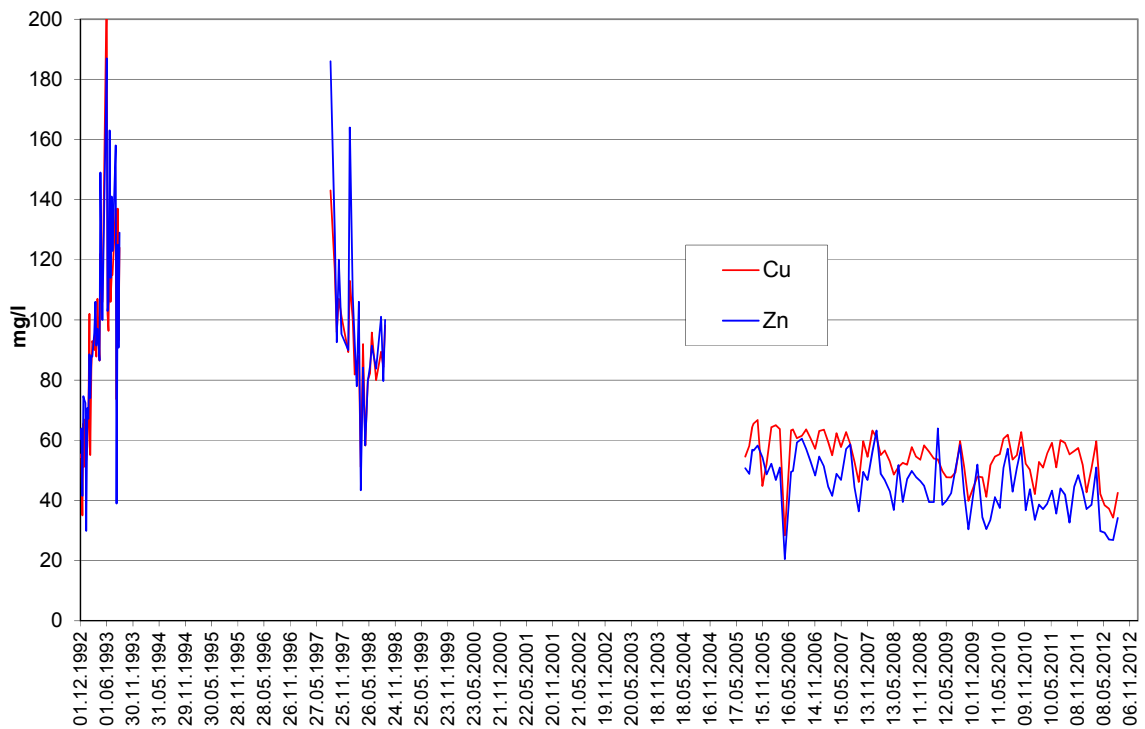
Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,53	466	4783	343	172	201	818	93,3	97,2	0,369		8,90	0,55	2,48	58,1
1997-1998	2,50	493	4566	374	141	170	738	80,7	81,8	0,338		7,49	0,51	2,46	49,0
2005-2006	2,53	469	4221	337	134	156	622	58,8	51,1	0,208		7,45	0,51	2,03	53,7
2006-2007	2,55	486	4452	356	139	157	623	59,8	50,5	0,203		7,62	0,52	2,03	58,2
2007-2008	2,48	476	4364	363	131	146	587	54,4	47,1	0,198	0,038	7,17	0,48	1,87	59,1
2008-2009	2,53	459	4079	369	131	143	519	53,5	46,7	0,199	0,039	7,51	0,53	1,81	58,8
2009-2010	2,52	456	3945	341	132	146	530	51,4	41,2	0,179	0,039	7,13	0,46	1,78	54,3
2010-2011	2,57	455	4024	348	129	145	567	54,2	41,8	0,183	0,040	6,90	0,46	1,77	55,3
2011-2012	2,47	457	3808	346	120	131	561	47,4	36,9	0,152	0,044	6,24	0,43	1,62	58,6

Figur 7 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 1992-2012 ser ut til å ha en avtakende karakter. Dette bekreftes også bl.a. av sulfatverdiene. Dette kan tyde på at omfanget av forvittringsprosessene i gruveavfallet på Løkkensiden er avtakende. Her må det bemerkes at vannmengdene var en del høyere siste år enn det foregående pga. mer nedbør, dvs. fortynningen var større.

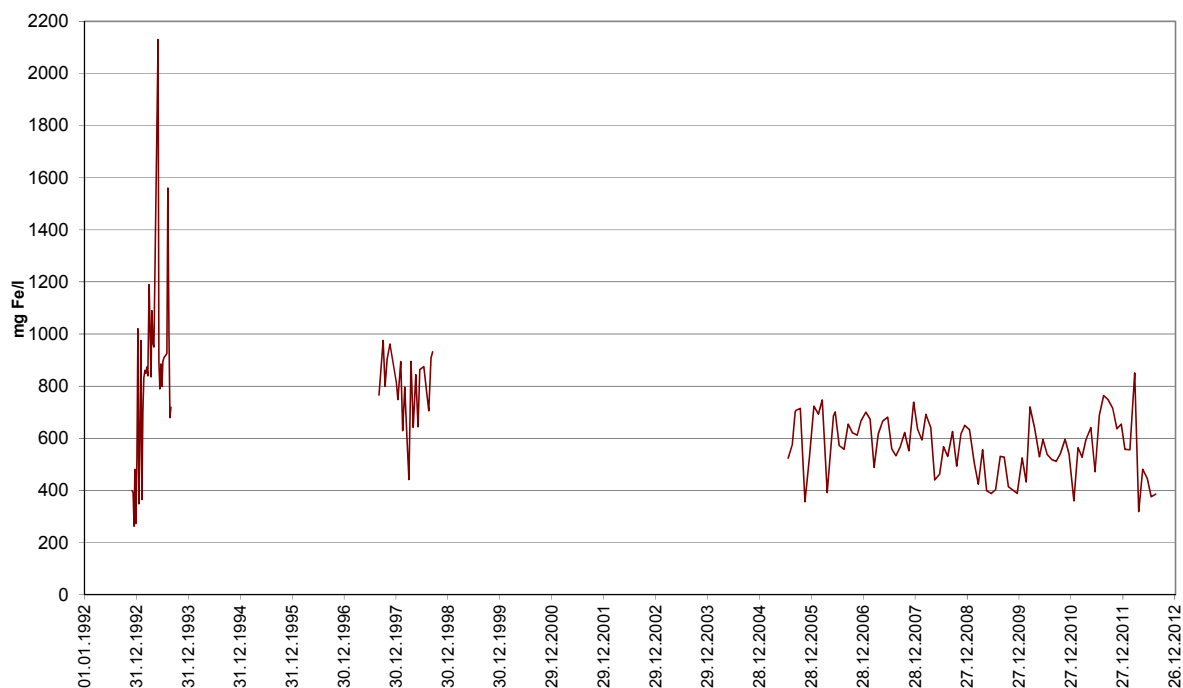
Av andre forhold som kan ha betydning kan nevnes at overdekkingsarbeidene som ble gjort av Løkken Gruber i sin tid også kan ha gitt langsiktig positiv effekt. Det har i årenes løp også etablert seg mer vegetasjon i gruveområdet, særlig på Nordre berghald. Denne tippen ble overdekket av mest morene og 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 8 og figur 9). Det er mulig at dette kan ha sammenheng med mer vegetasjon i velteområdet som virker dempende på utvaskingen ved store nedbørmengder.



Figur 7. pH-verdier ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2012.



Figur 8. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2012.



Figur 9. Jernkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2012.

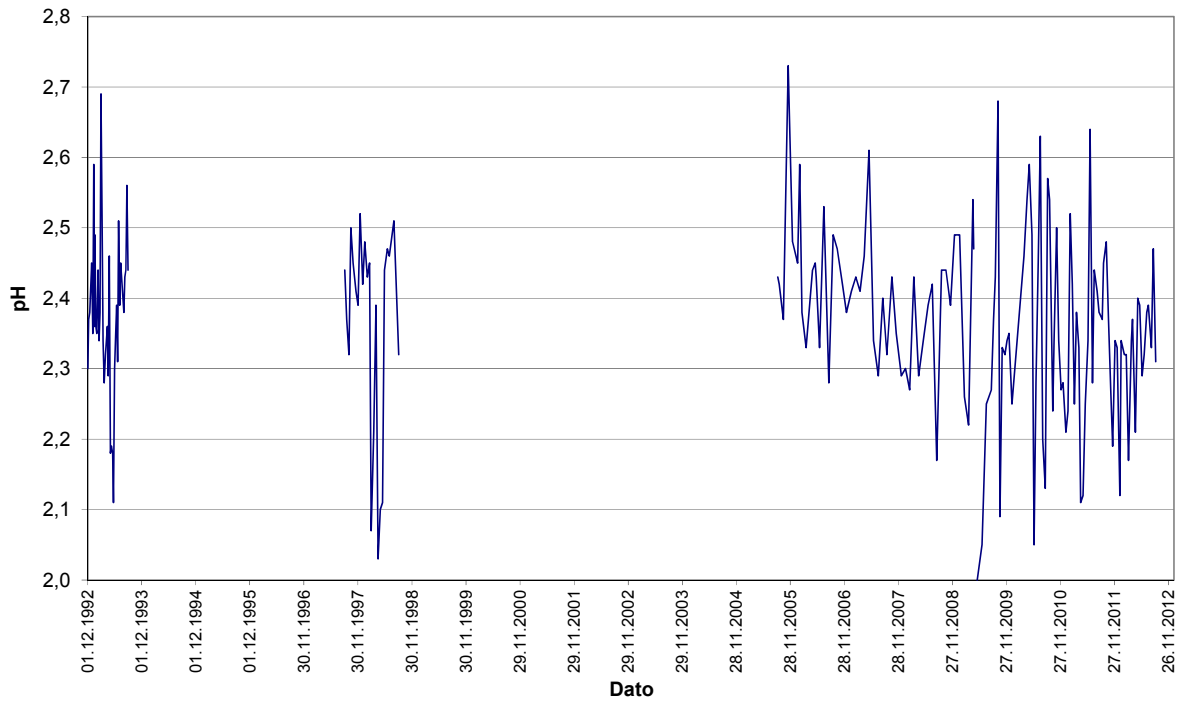
3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald

Analyseresultater for prøver som er tatt i 2011-2012 er samlet i tabell 23 bakerst i rapporten i vedlegg A. I tabell 4 under er beregnet årlige middelværdier for alle undersøkelsesperiodene som er gjennomført.

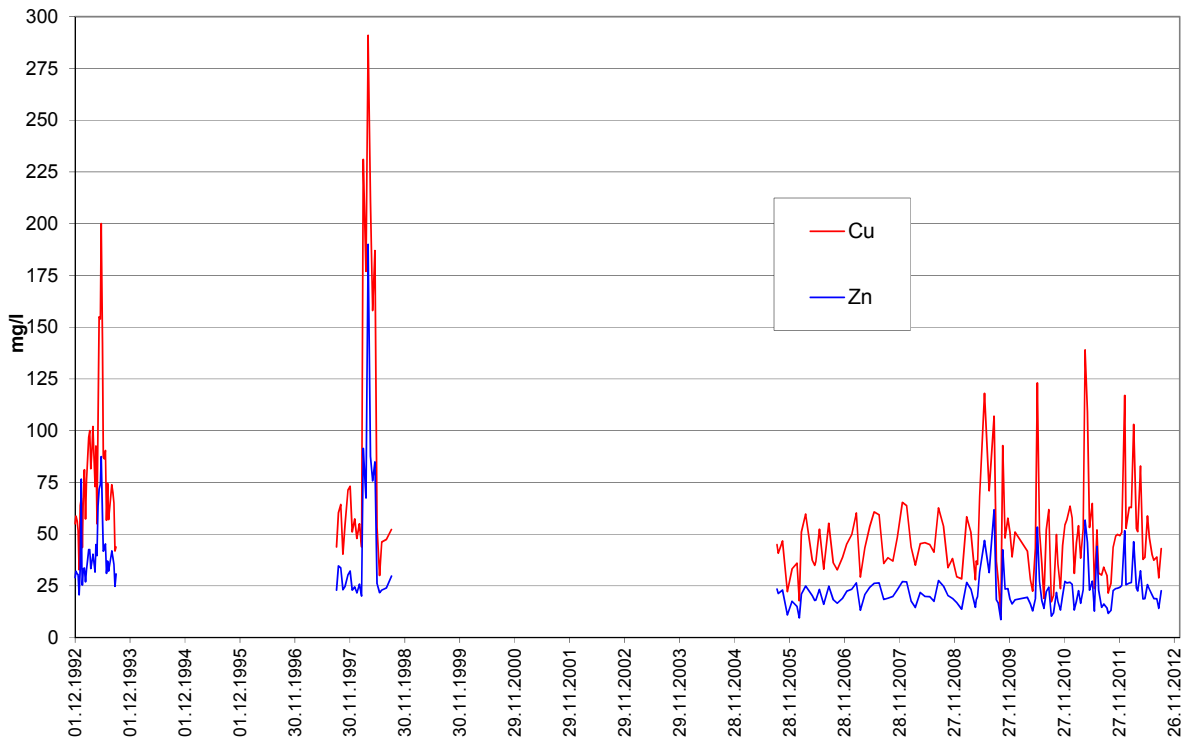
Tabell 4. Årlige middelværdier for hydrologiske år for prøver av drensvann fra Nordre berghald.

Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Mn mg/l	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	0,047	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	0,051	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	0,042	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	0,052	4,37	0,26	2,08	32,5
2011-2012	2,33	521,5	5171	176	125,7	151	1264	51,1	23,8	0,093	0,057	4,42	0,25	2,13	35,4

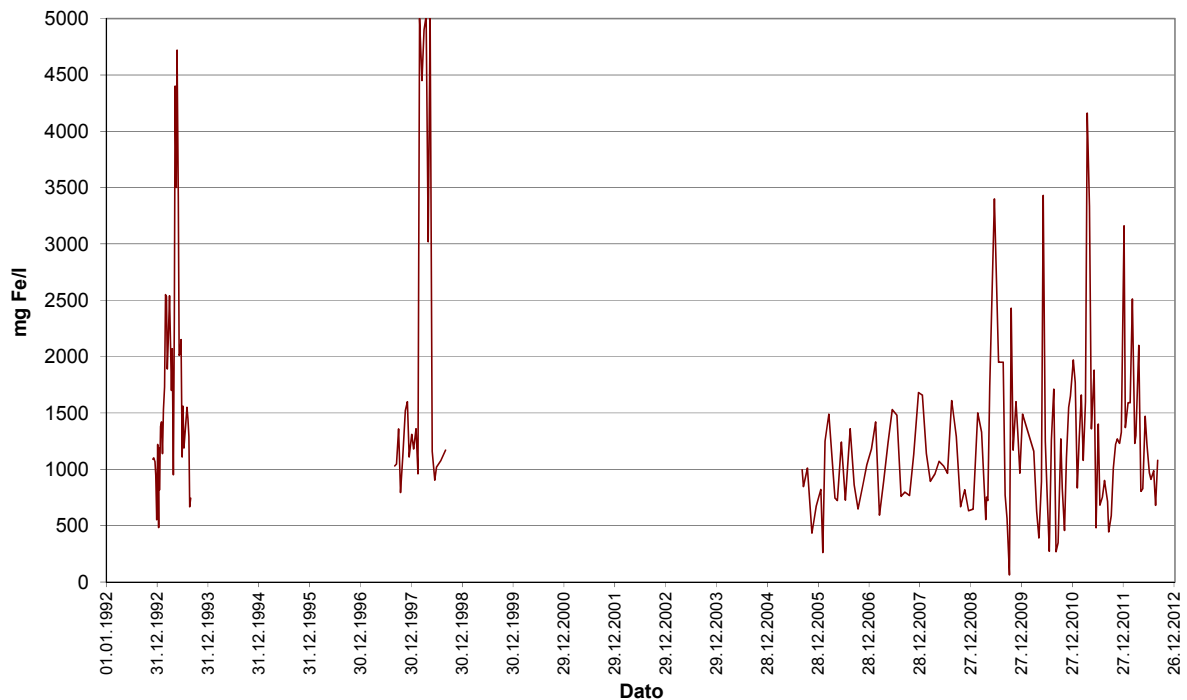
Som for drensvannet fra Stallgata pumpestasjon har det vært relativt beskjedne endringer i pH-verdiene siden 1992. Som for stasjon A er metallkonsentrasjonene i perioden 2005-2011 er betydelig lavere enn i de to første undersøkelsesperiodene. Dette gjelder særlig jern, kobber, sink og kadmium. Det samme kan påvises for sulfat. Etter at en økte prøvetakingsfrekvensen til 2 stikkprøver pr. måned ser en imidlertid at metallkonsentrasjonene kan variere forholdsvis mye. Det er vanskelig å vurdere betydningen av denne kilden da store deler av avrenningen fra tippen ikke samles opp. Stasjonen gir ikke uttrykk for hele avrenningen fra Nordre berghald. Det er mulig at endringer i spredningsveiene for sigevannet er årsaken til de konsentrasjonsendringer som er påvist.



Figur 10. pH-verdier ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2012.



Figur 11. Kobber- og sinkverdier ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2012.



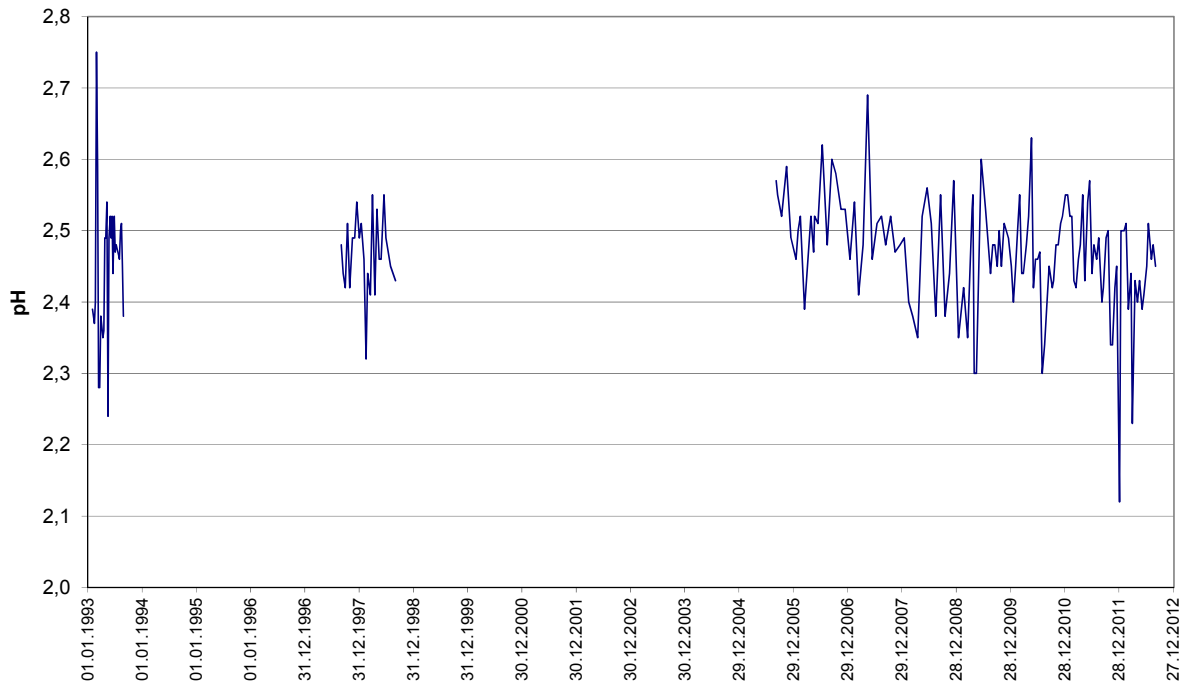
Figur 12. Jernkonsentrasjoner ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2012.

3.2.3 Stasjon C. Drensgrøft i Gammelgruva

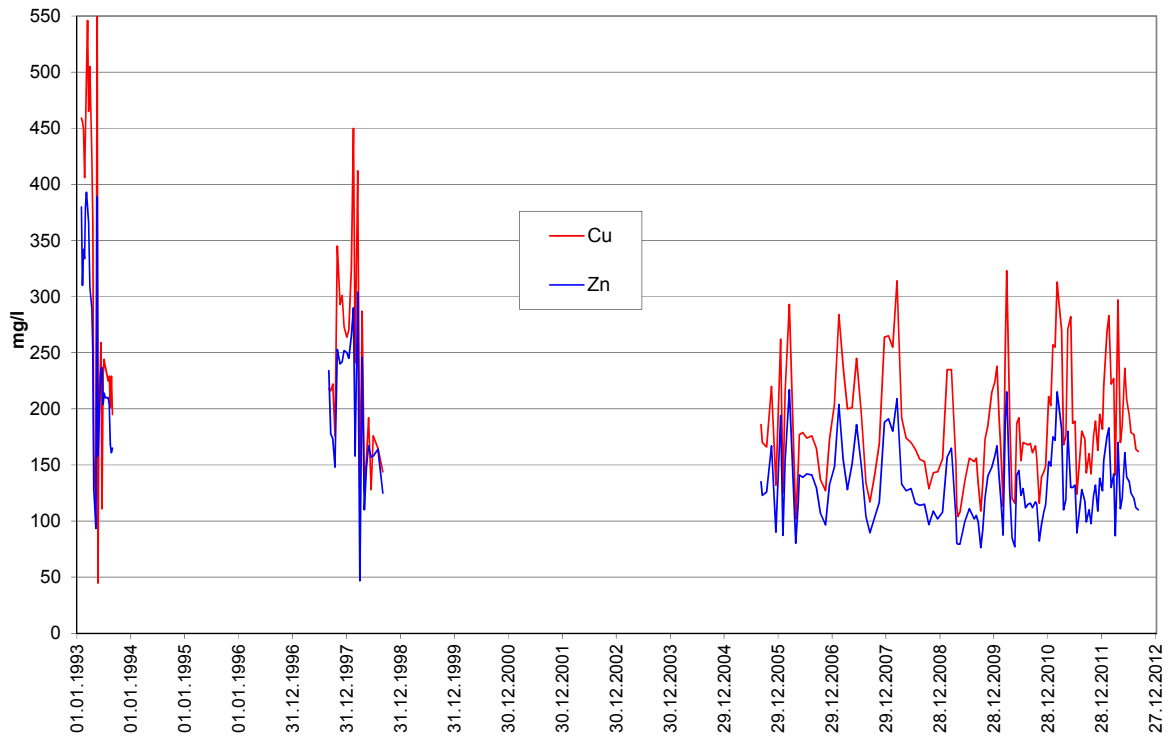
Resultatene for 2011-2012 er samlet i tabell 24 i vedlegg A bak i rapporten. Tabell 5 gir en oversikt over beregnede årsmiddelverdier for alle undersøkelsesperiodene som er gjennomført. Resultatene for perioden 2005 – 2012 viser samme trend som for de to andre stasjonene, men i litt mindre grad. Situasjonen etter 2005 synes å ha forandret seg relativt lite når en tar hensyn til de variasjoner som i klima og nedbør forårsaker. Konsentrasjonsvariasjonene i løpet av året (Cu og Zn, figur 14 og Fe, figur 15) er noe større enn for to andre stasjonene.

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

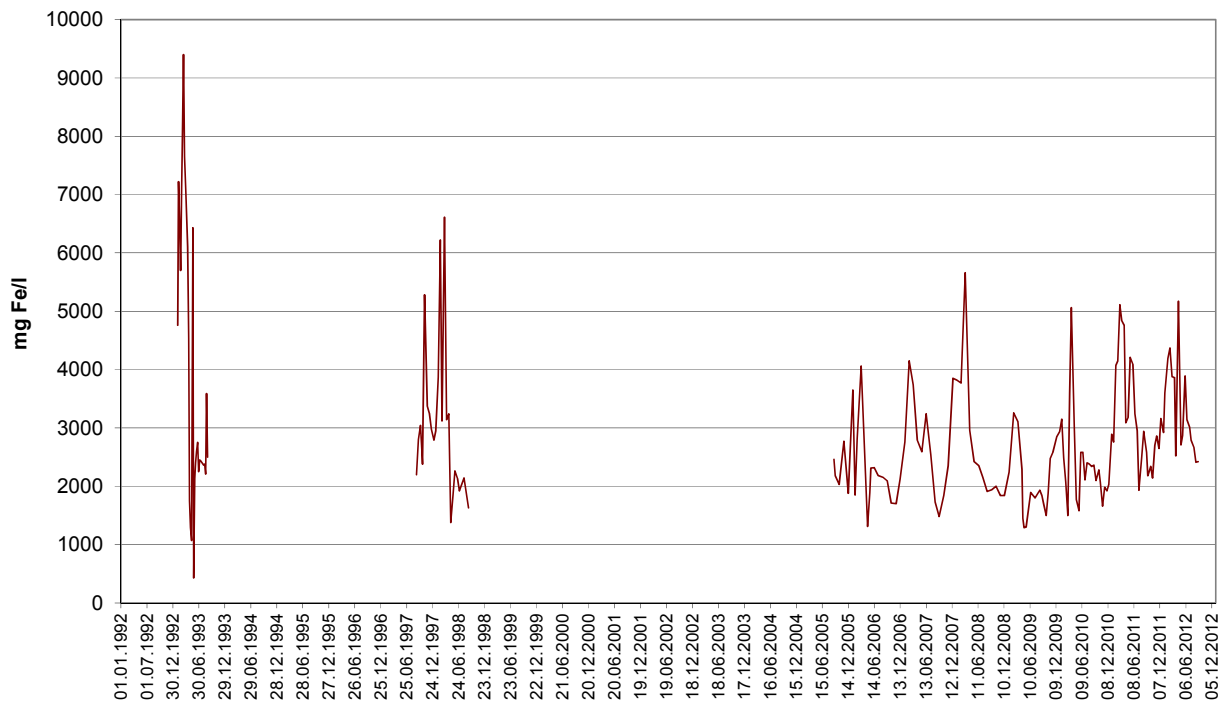
Hyd. År	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1992-1993	2,45	915,5	17108	348	706	807	4119	309	252	0,88		20,1	1,19	9,79	38,6
1997-1998	2,47	928,4	14964	311	668	753	3068	239	198	0,77		18,0	1,17	9,26	37,2
2005-2006	2,51	839,5	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
2011-2012	2,42	907,3	13624	293	610	598	3081	194	129	0,48	0,15	18,6	1,19	9,49	36,7



Figur 13. pH-verdier ved Stasjon C, Grøft i Gammelgruva 1992-2012.



Figur 14. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved Stasjon C, Grøft i Gammelgruva 1992-2012.



Figur 15. Jernkonsentrasjoner ved Stasjon C, Grøft i Gammelgruva 1992-2012.

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 25 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.

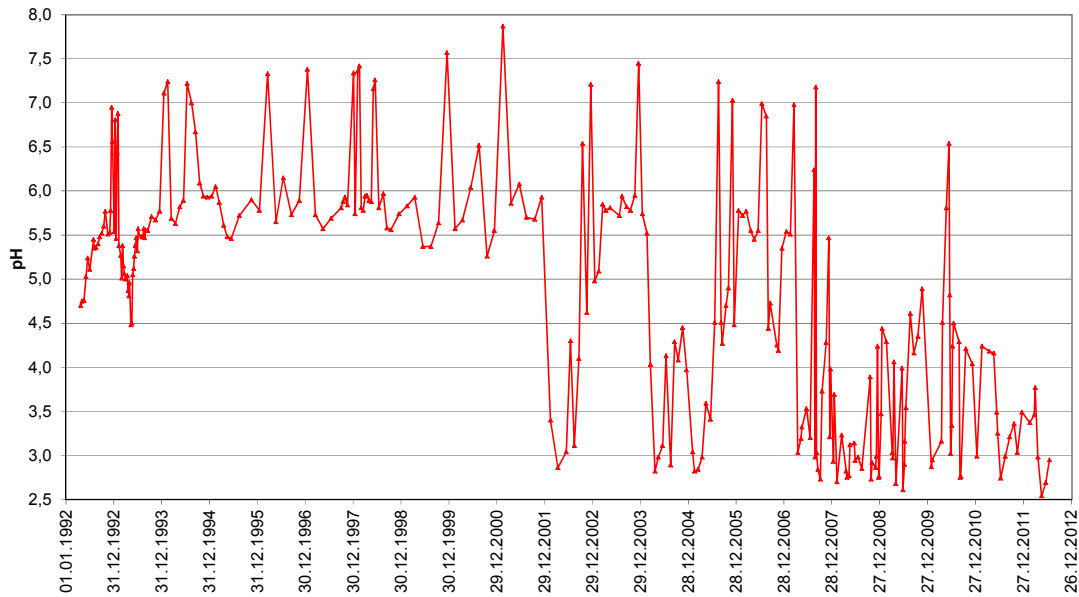
År	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Pb mg/l	Volum m ³
1992-1993	5,47	304,5	2210	436,7	258,6	3,73	101,4	3,78	24,3	0,049	7,71	0,18	0,78	14,3		582048
1993-1994	6,18	253,2	1664	402,0	188,3	3,72	68,3	1,92	14,3	0,023	7,76	0,09	0,51	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
2011-2012	3,14	334,7	2353	381,5	130,9	59,0	262,0	12,32	32,0	0,104	4,49	0,22	0,99	30,1	0,072	628244

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

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

pH måles av prøvemottaket ved NIVAs laboratorium. Verdiene kan til dels være vesentlig lavere ved mottak ved laboratoriet enn på prøvetakingstidspunktet pga. oksidasjon og hydrolyse av toverdigg jern i prøveflasken, dvs. den samme prosess som pågår ute i Fagerlivatn og Bjørnlivatn. Figur 17 viser

online døgnmiddelverdier for pH og konduktivitet som måles på utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon. Disse resultatene er mer korrekte enn NIVAs laboratorieanalyser.

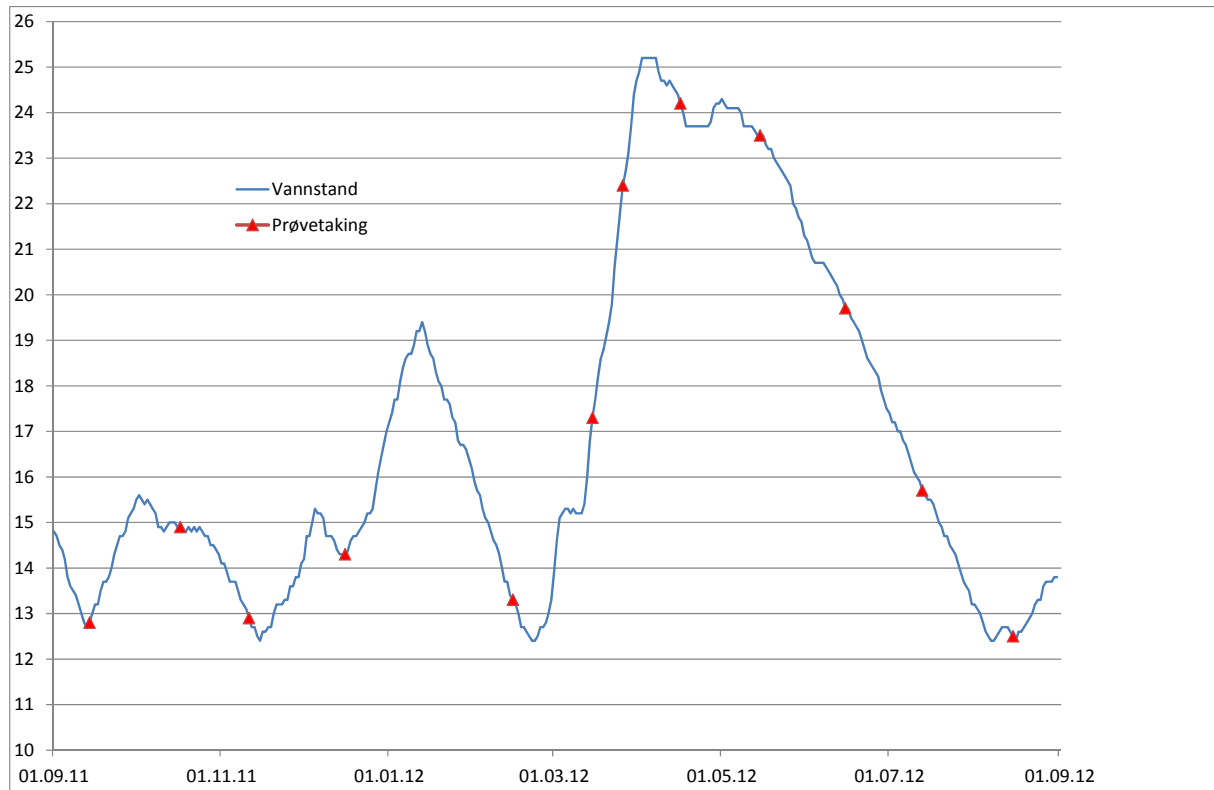


Figur 16. Laboratiemålinger av pH i prøver fra Wallenberg pumpestasjon 1992-2012.



Figur 17. Online målinger av pH og konduktivitet i utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon i 2011-2012 (døgnmiddelverdier).

Resultatene for de kontinuerlige pH-målingene viser at pH var fallende hele tiden fram til sommeren 2012. Det ble observert pH-verdier helt ned mot pH 3. pH økte noe igjen fram mot september. Pumpestasjonen var i drift nesten hele perioden, bortsett fra 4 relativt korte pauser. Figur 18 viser hvordan vannstanden varierte i siste måleperiode. Det var heldig at gruva var nesten pumpet ned til laveste vannstand før mildvær og snøsmelting startet mot slutten av vinteren 2012 omkring 1.mars. Pumpekapasiteten var så vidt tilstrekkelig for å unngå flom i museumsgruva.

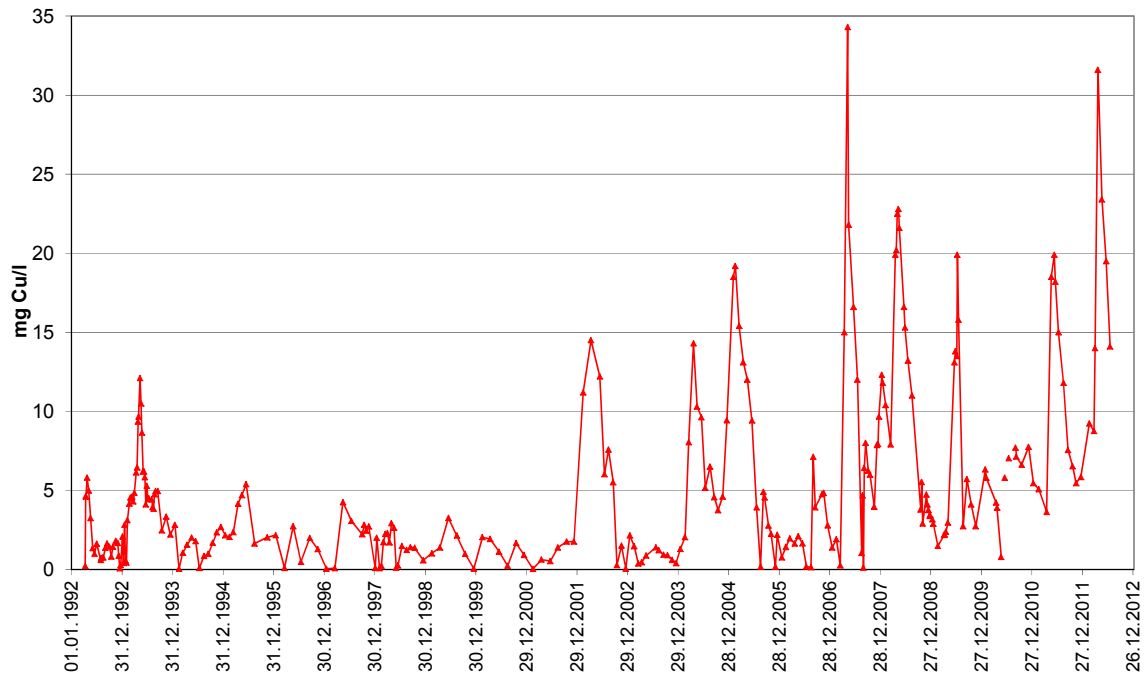


Figur 18. Vannstand i Wallenberg gruve 2011-2012 med markering av prøvetakingstidspunkt for utgående vann fra pumpestasjonen.

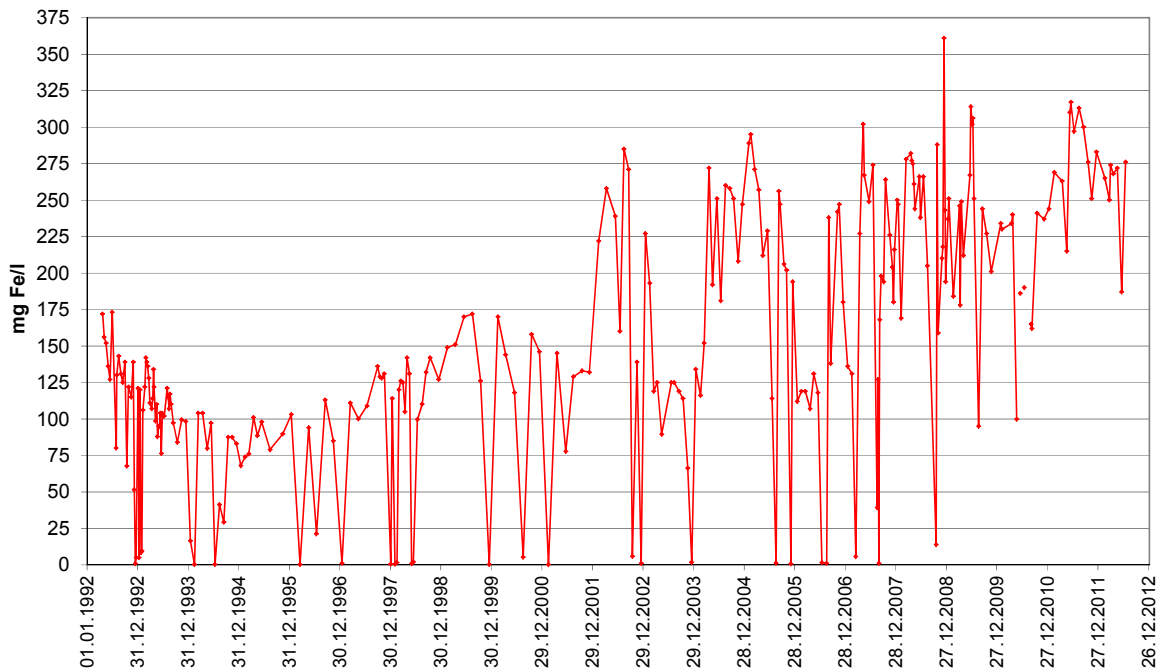
Når pH faller ned mot 3, ser en at dette medfører betydelig økning i metallkonsentrasjonene. Forholdene er spesielle når det gjelder kobber ved at konsentrasjonene øker spesielt mye når pH-verdiene faller ned mot 3. Dette har sammenheng med at «renseprosessen» i den vannfylte gruva stopper opp, dvs at adsorpsjonen av kobberioner på kisflatene i gruva begynner å opphøre ved så lave pH-verdier. Dette er en prosess som er pH-avhengig. En ser at i siste periode økte kobberkonsentrasjonen mye sommeren 2012 da pH-verdien var på sitt laveste.

Figur 19, figur 20 og figur 21 viser hvordan konsentrasjonene av kobber, jern og aluminium har utviklet seg siden 1992.

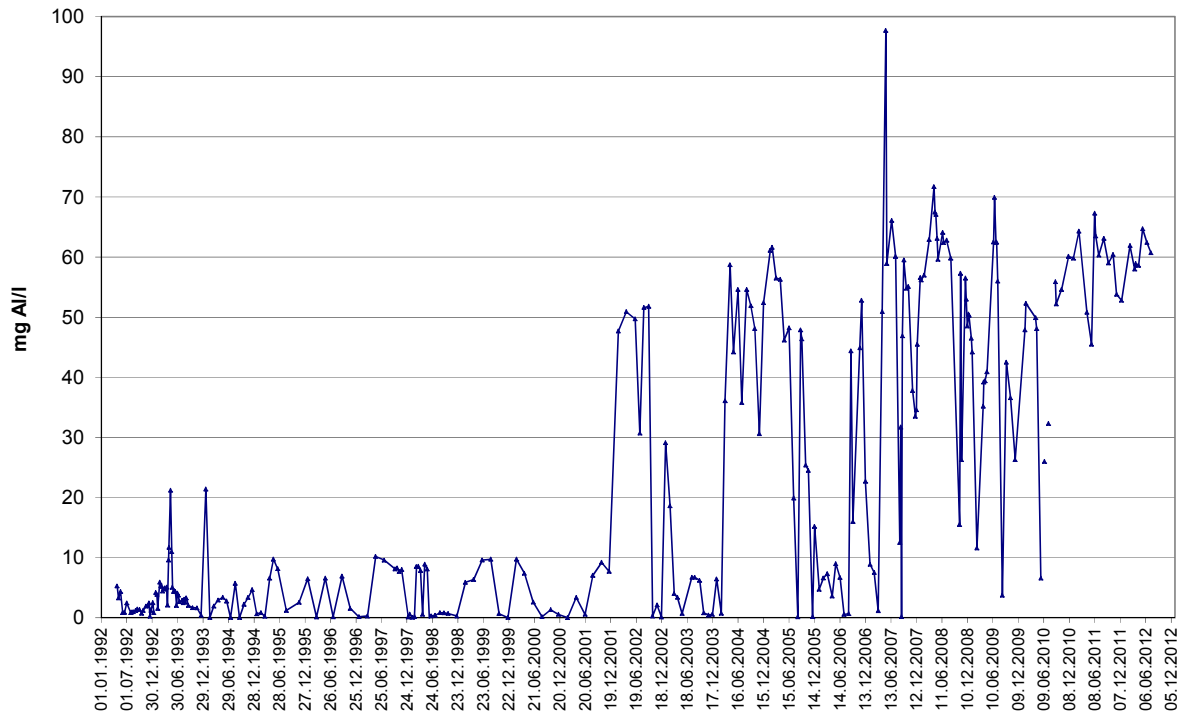
Figur 22 viser hvordan årsmiddelverdiene for konduktivitet og sulfat har utviklet seg etter 1992. En ser at etter omkring 1998 har tendensen vært økende. Siden ingenting tyder på økte tilførsler av forvittringsprodukter fra Løkken-siden til gruva, tyder dette på at det pågår en økt forvitring i den vannfylte gruva. Tilførsler av treverdig jern fra Løkken-siden til gruva fører til en gradvis økning av forvitringen i gruva. Disse prosessene frigjør jern som toverdig.



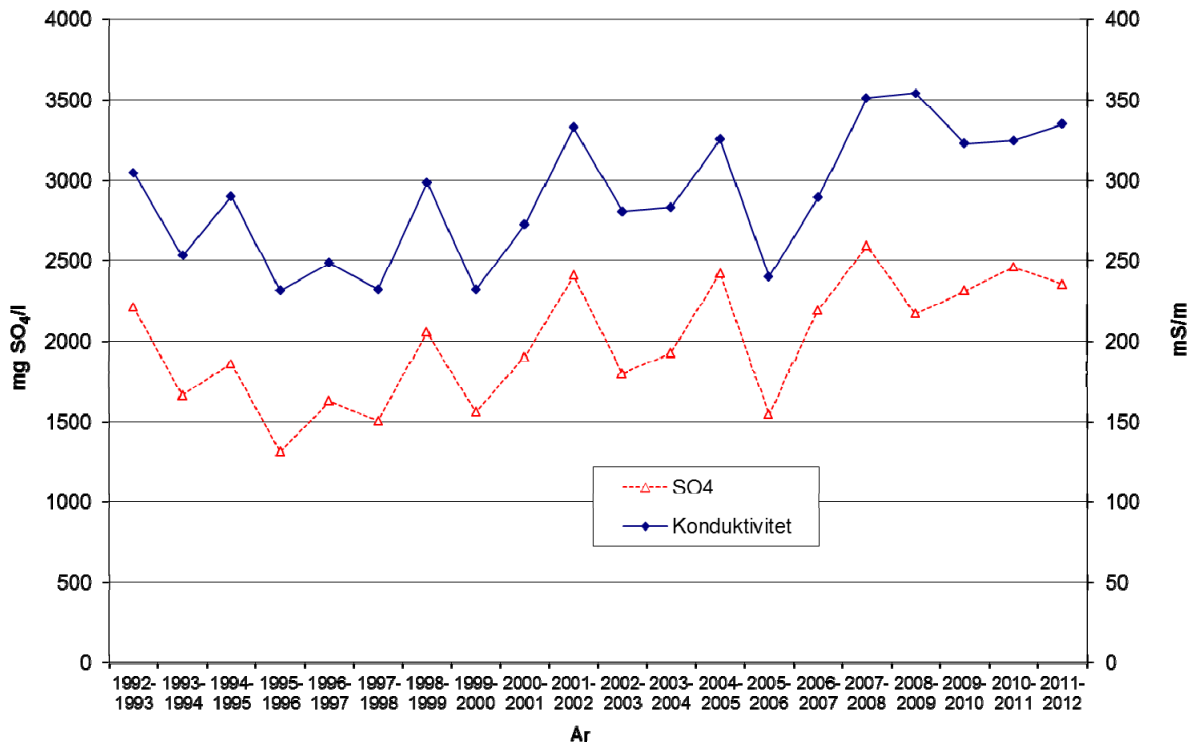
Figur 19. Kobberkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2012.



Figur 20. Jernkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2012.



Figur 21. Aluminiumkonstrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2012.

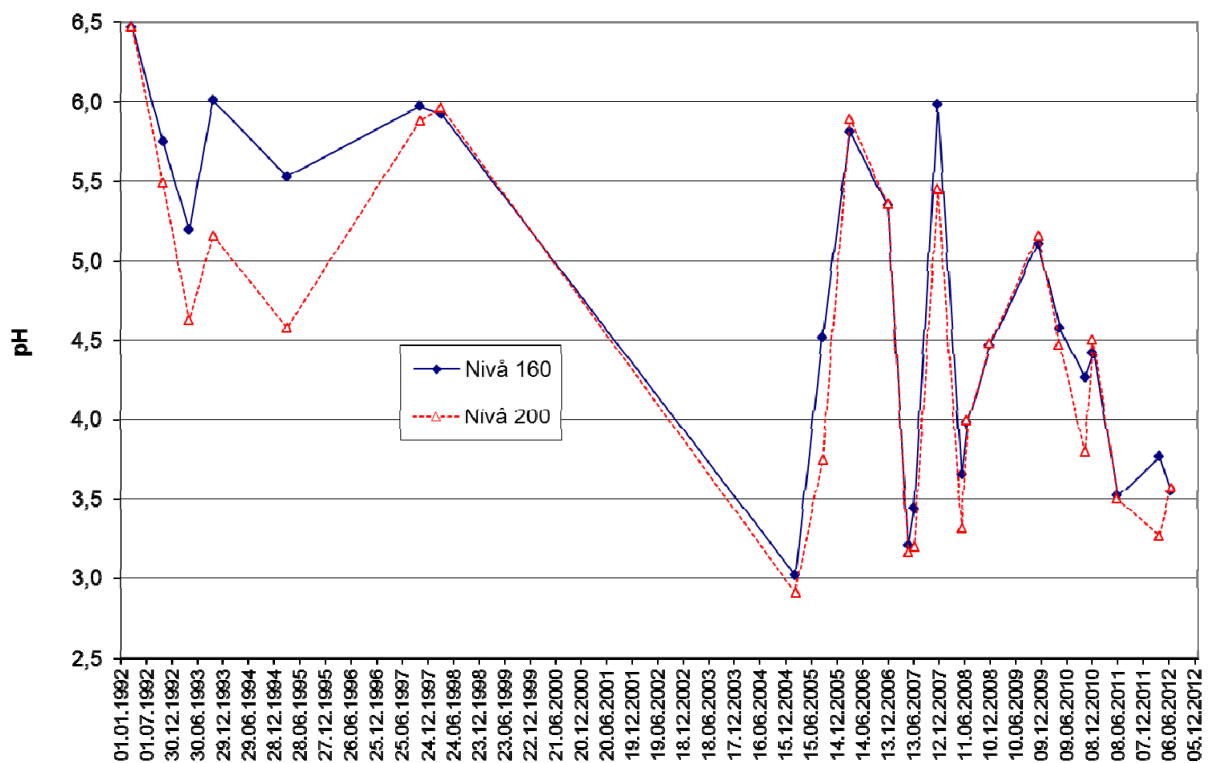


Figur 22. Årsmiddelverdier for sulfat og konduktivitet ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2012.

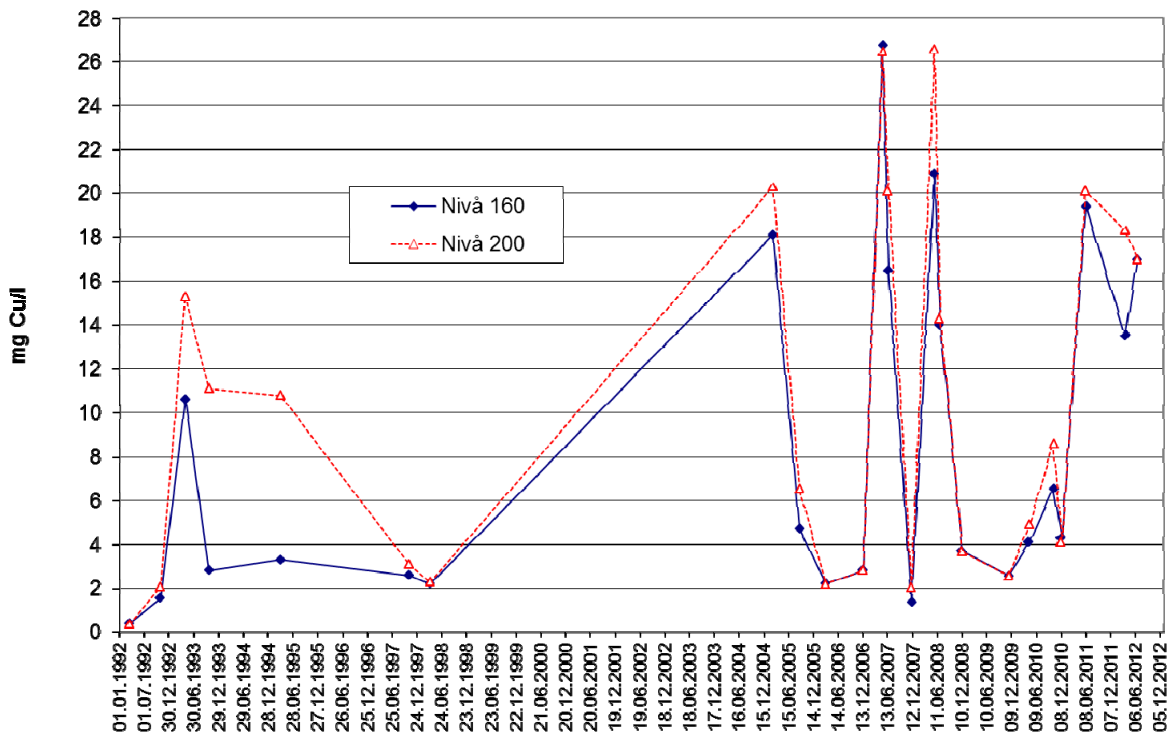
Prøvetaking ved hovednivåene i gruva i Wallenberg sjakt gir også mye informasjon om tilstanden. I året 2011-2012 ble det tatt to prøveserier. I mars 2012 ble det tatt prøver ved alle nivåene, mens det i juni 2012 ble det tatt prøver ved alle nivåer ned til nivå 340. Analyseresultatene er samlet i tabell 27 i vedlegg A bak i rapporten.

Figur 23, figur 24 og figur 25 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 (1992-2012). 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.

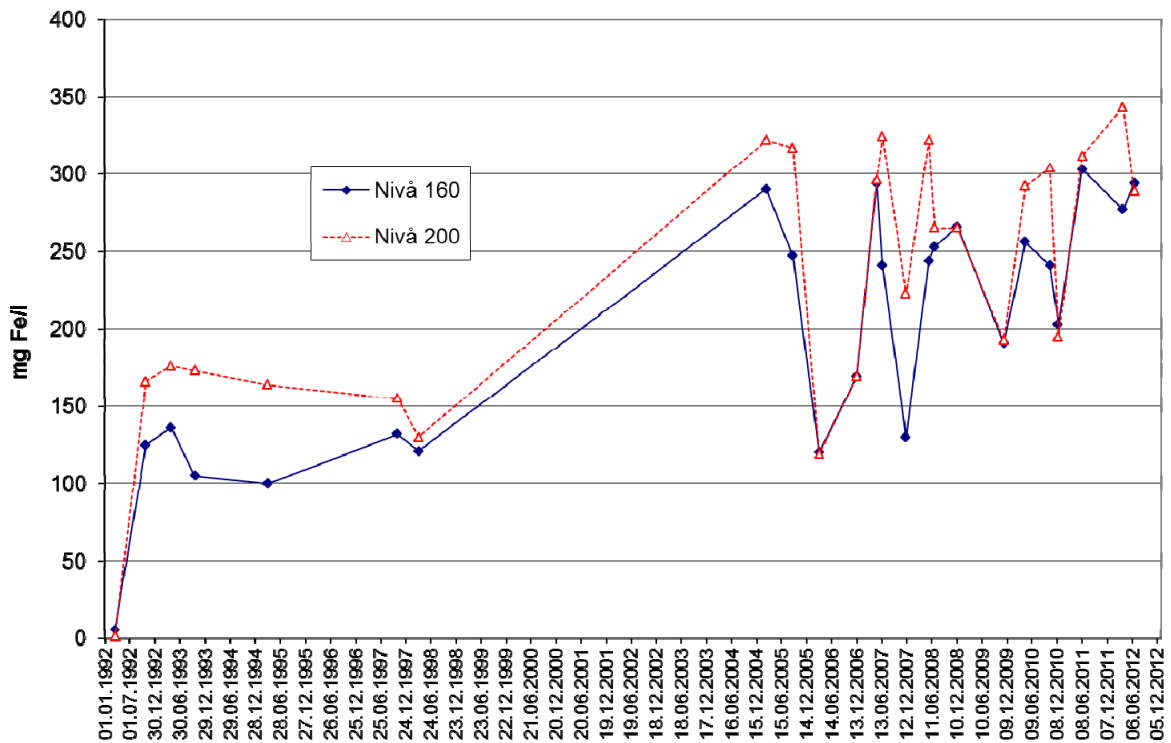
Figur 26, figur 27 og figur 28 viser utviklingen ved nivå 300 for pH, kobber, sink og jern. Resultatene viser store endringer etter at alle tilførsler fra Løkkensiden ble ledet til Gammelsjakta i 2005. Ved nivå 300 var vannkvaliteten surere og hadde et høyere metallinnhold en ved de to nivåene ovenfor. Dette viser at omleggingen av innløpet føret 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.



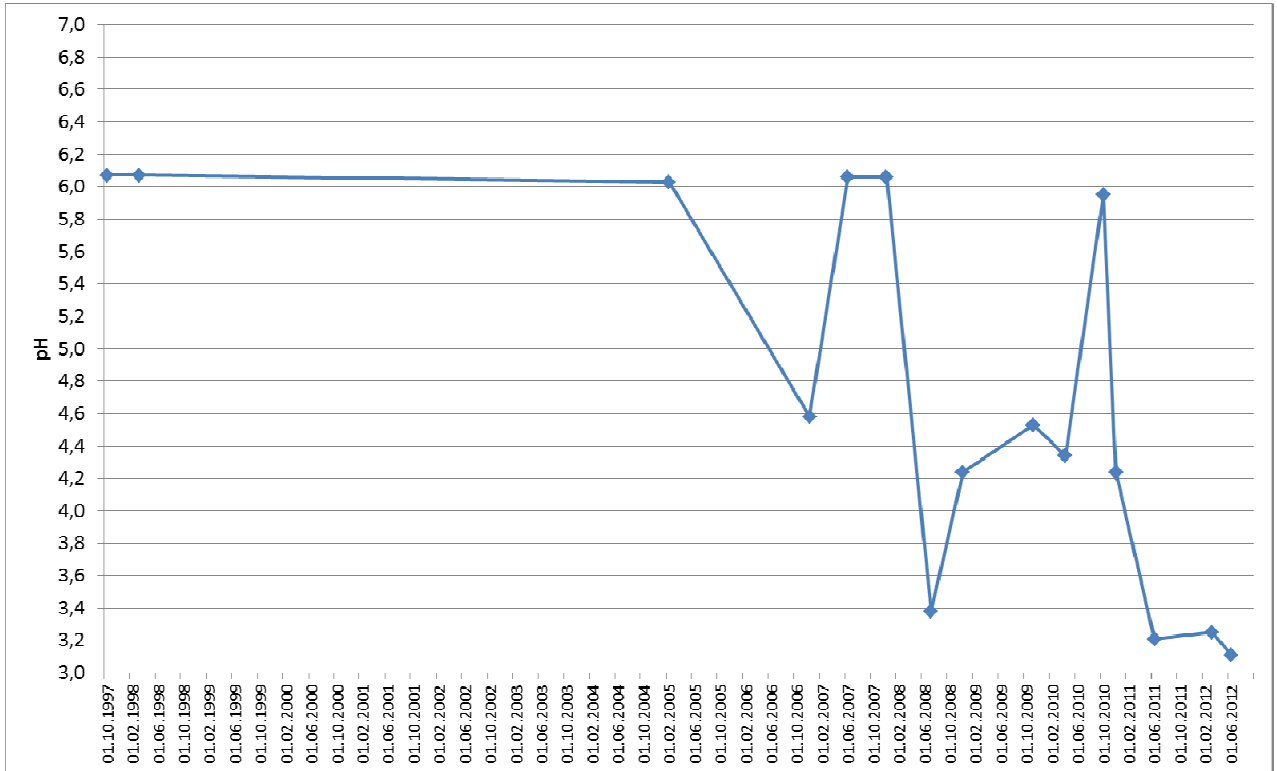
Figur 23. pH-observasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2012.



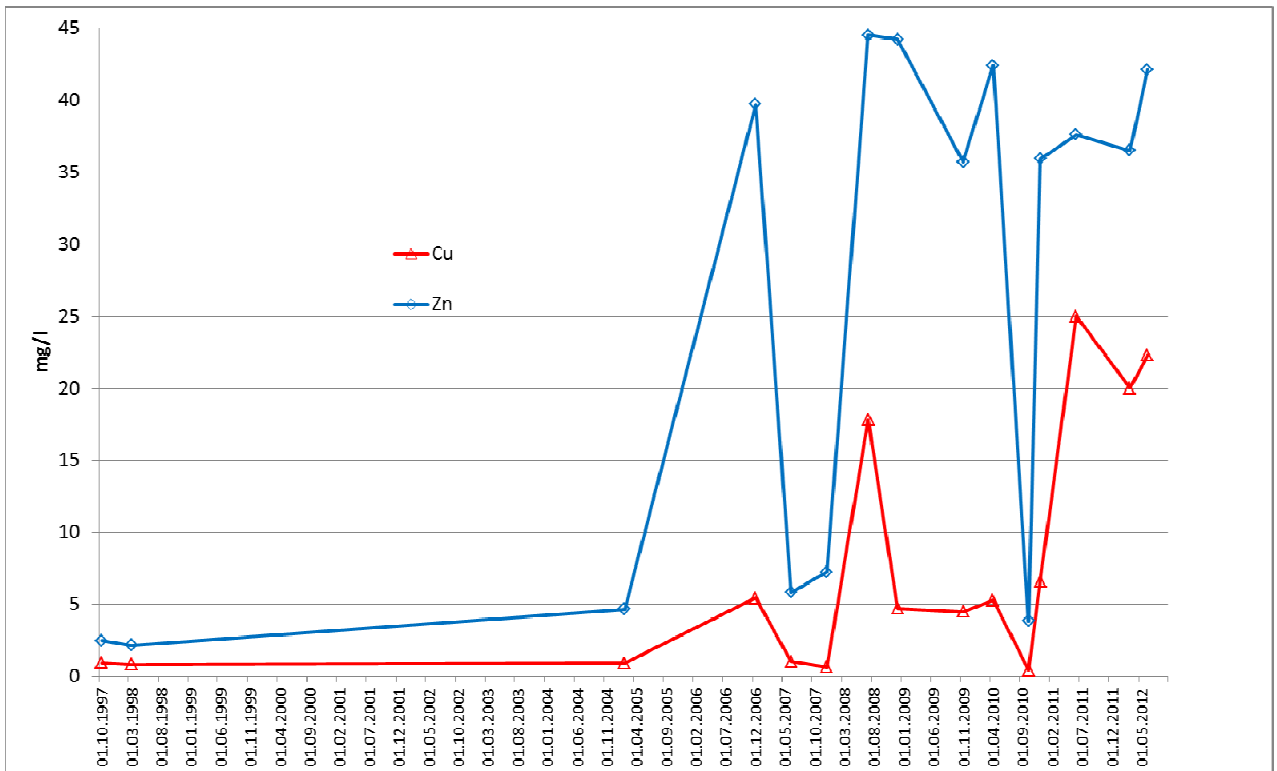
Figur 24. Kobberkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2012,



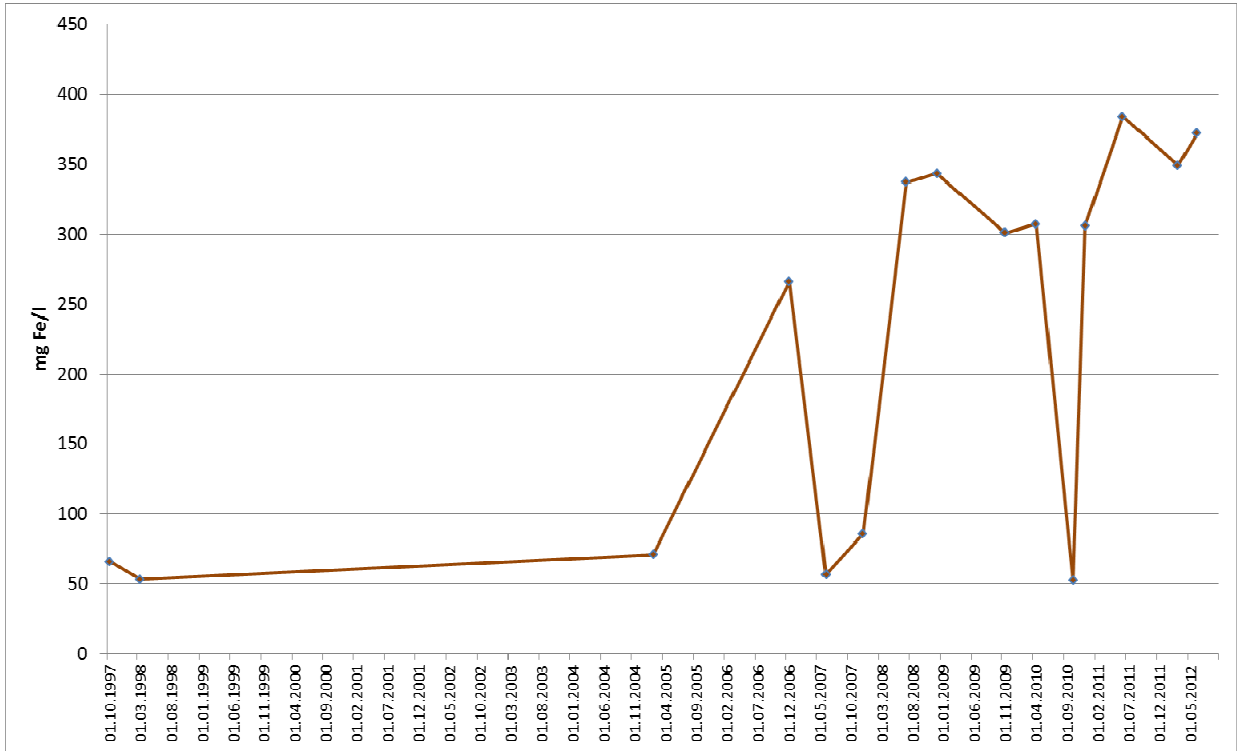
Figur 25. Jernkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2012.



Figur 26. pH-observasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012.

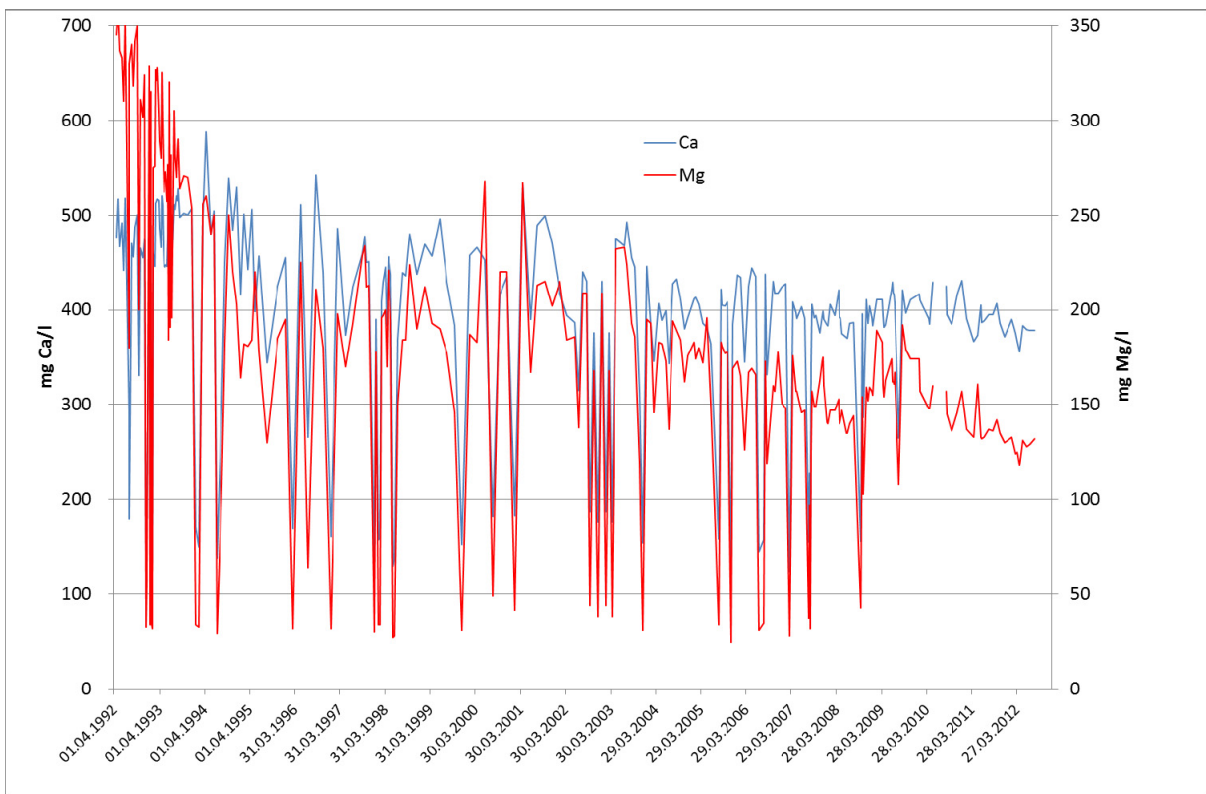


Figur 27. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012.



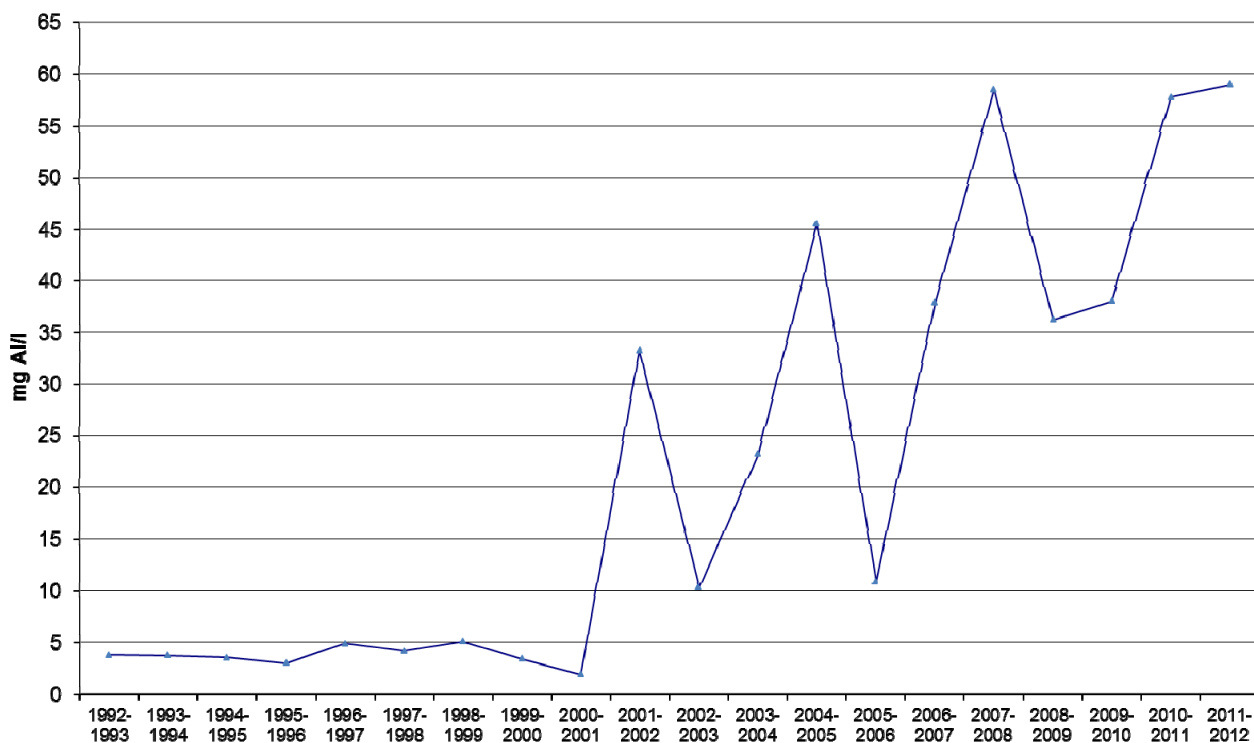
Figur 28. Jernkonsentrasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012.

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 29 viser utviklingen i kalsium- og magnesiumkonsentrasjonene ved Wallenberg pst.



Figur 29. Kalsium- og magnesiumkonsentrasjoner ved Wallenberg pst 1992-2012.

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 grønnsteinsflater 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. Konsekvensene av dette vises tydelig i figur 30 som viser utviklingen i årsmiddelverdiene for utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon i alle år siden 1992.



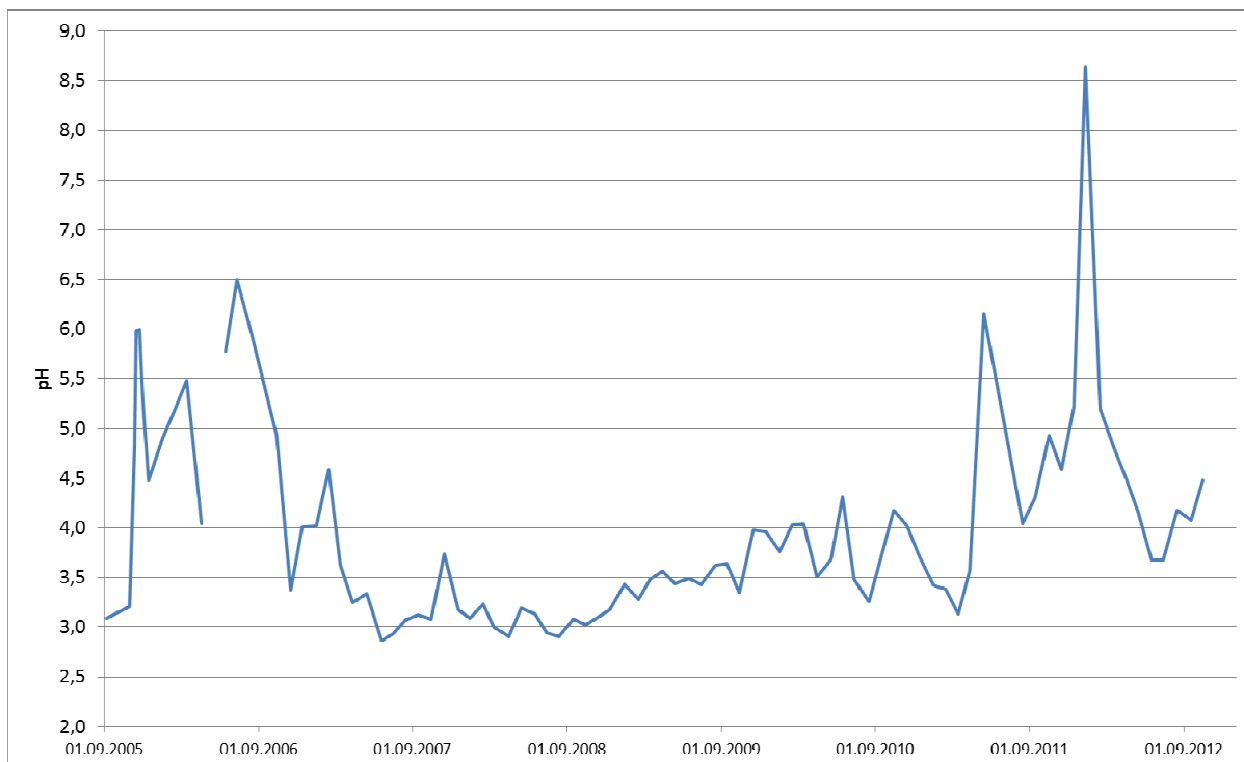
Figur 30. Årsmiddelverdier for aluminium ved utløpet av Wallenberg pumpestasjon 1992-2012.

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 siden fulgt opp vannkvaliteten ved utløpet av Fagerlivatn mht. pH-verdier. Tabell 7 gjengir analyseresultatene for 2011-2012 mens figur 31 viser observasjonsmaterialet for pH for hele perioden 2005-2011. En ser at tiltaket med å kalke kontinuerlig har bidratt til å heve pH-verdien i Fagerlivatn noe.

Tabell 7. pH-verdier ved utløpet av Fagerlivatn i 2011-2012.

Prøve tatt	pH	Kond mS/m
14.09.2011	4,30	147,7
17.10.2011	4,93	76,3
15.11.2011	4,59	162,9
15.12.2011	5,22	155,0
11.01.2012	8,64	139,0
15.02.2012	5,19	181,7
19.03.2012	4,79	120,0
16.04.2012	4,50	143,2
15.05.2012	4,15	142,0
15.06.2012	3,68	170,0
13.07.2012	3,67	176,8
15.08.2012	4,18	174,3

**Figur 31.** pH-verdier ved utløpet av Fagerlivatn 2005-2012.

3.3.3 Utløp Bjørnlivatn

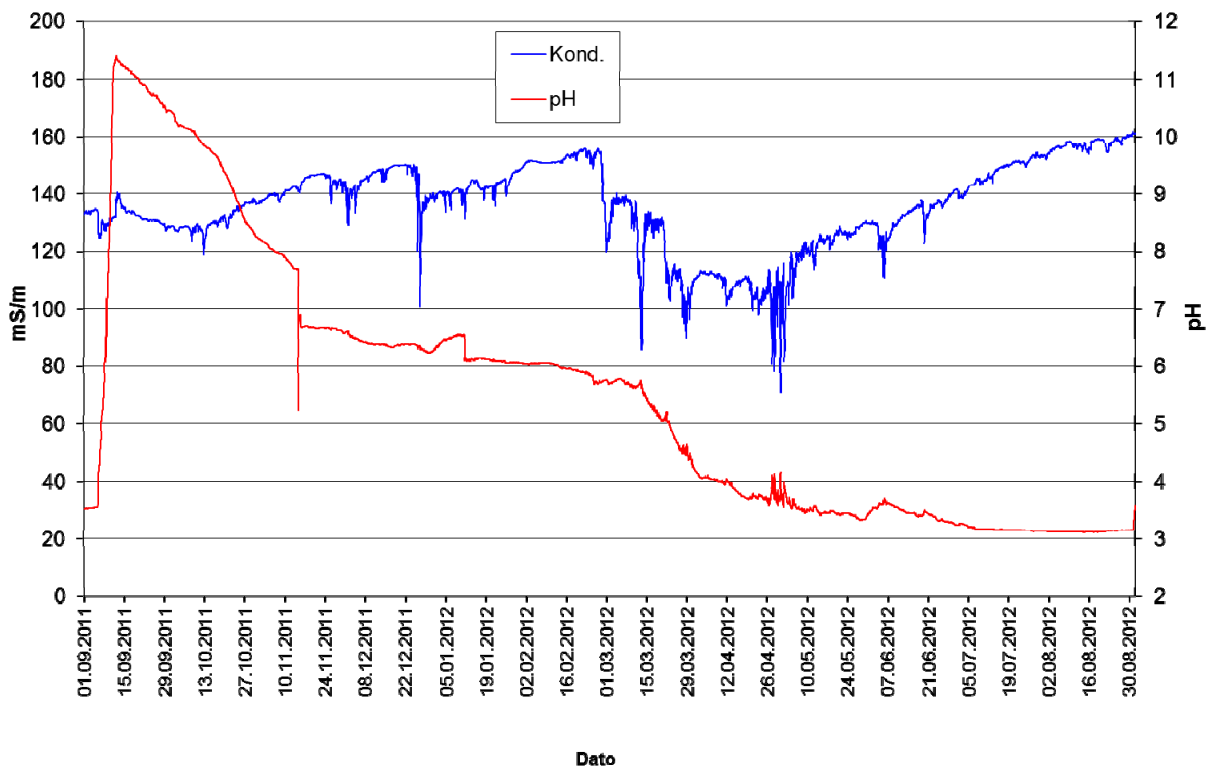
Stasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn er benyttet i en lang rekke år. Den ble opprettet av gruveselskapet i sin tid. Etter at oppryddingstiltakene etter gruvedriften ble avsluttet i begynnelsen av 1990-årene, bedret vannkvaliteten seg betydelig. pH-verdiene steg og metallkonsentrasjonene avtok. Jernkonsentrasjonene 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 og 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 perioden 2009-2011 avtok kobber- og jernkonsentrasjonene noe fordi gruva var 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.

Analyseresultatene for 2011-2012 er samlet i tabell 26 i vedlegg A bak i rapporten.

I første uka i september 2011 ble Bjørnlivatn overflatekalket for å teste beredskapsopplegget dersom krisesituasjoner skulle inntreffe. pH-verdien ble så vidt høy som ca. 11 til å begynne med. Figur 32 viser loggerverdiene for pH og konduktivitet ved målestasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn.



Figur 32. Kontinuerlige pH- og konduktivitetmålinger ved utløpet av Bjørnlivatn i 2011-2012.

Figuren viser at pH-verdiene falt gradvis fra 11 til 6 i løpet av ca. 6 måneder. I vedlegget bak der analyseresultatene er samlet, kan en se virkningene av kalkingen for analyseresultatene. Når pH ble så

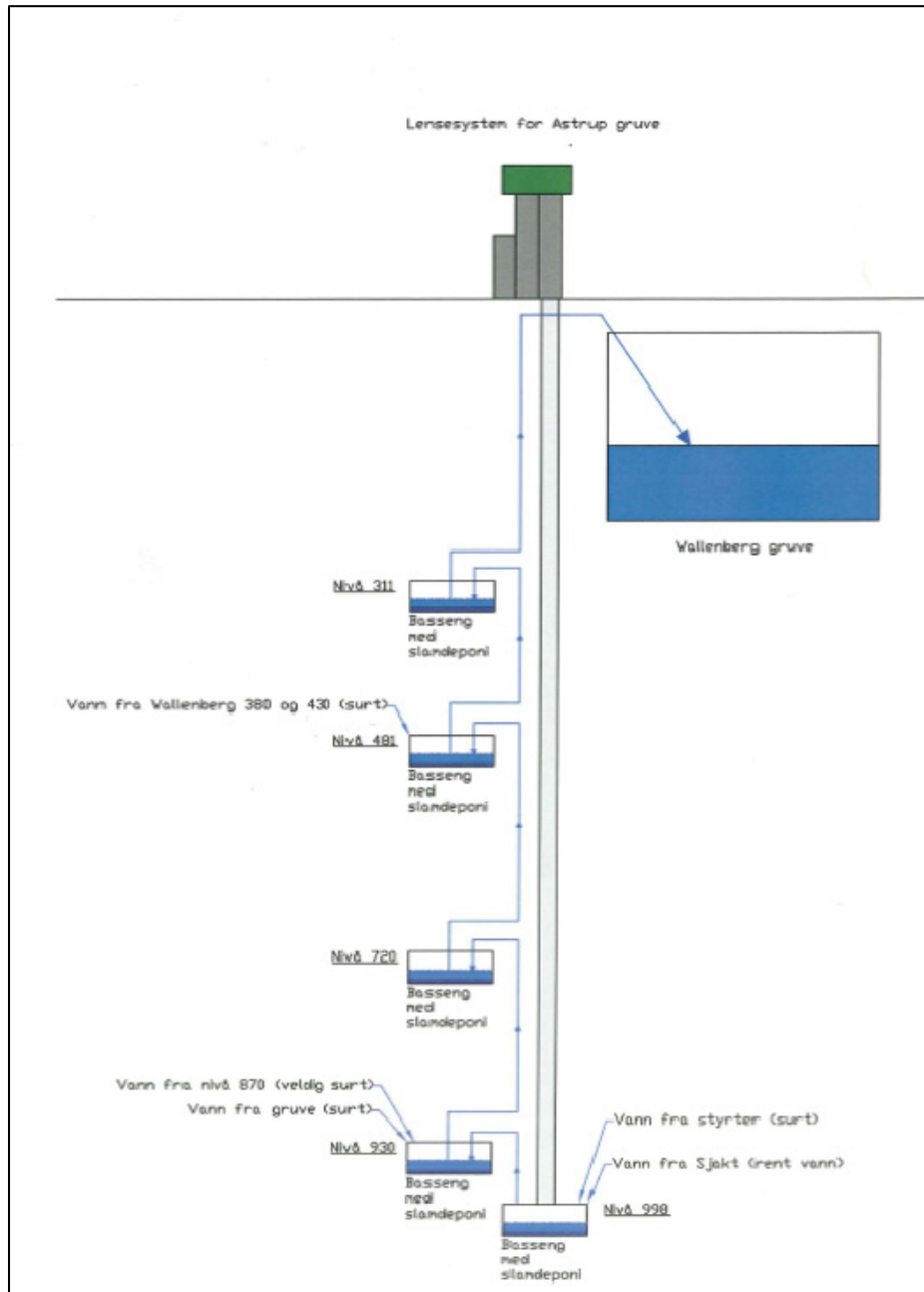
høy som 11, førte dette bl.a. også til at magnesium ble utfelt. Som følge av de store utslippene fra gruva i løpet av sommeren 2012, ser en at pH-verdien falt raskt til under 4 og falt hele tiden fram til det løpende prosjektets avslutning den 30.8.2012. Senere i rapporten vil en gjøre rede for virkningen mht. forurensningstransport. Da tungmetallkonsentrasjonene økte betydelig i løpet av sommeren 2012 ble det besluttet å gjennomføre en ny overflatekalking av Bjørnlivatn. Dette ble gjort for å sikre forurensningssituasjonen i påvente av et oksidasjonsanlegg for toverdug jern er på plass ved kalkingsstasjonen. Virkningen av denne kalkingen vil bli behandlet i neste årsrapport.

Tabell 8. Utløp Bjørnlivatn. Tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år 1972-2012.

Hyd.år	pH	Kond	SO ₄	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
2011-2012	4,74	108,2	611,7	184,0	24,6	1,126	1,951	1,05	4,10	0,01	0,014	0,77	0,033	0,130	4,36	76,3

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 skråsjaakt som fører ned til nivå 380. Figur 33 viser en prinsippskisse over lense-systemet i Astrup gruve.



Figur 33. Lense-systemet i Astrup gruve.

Vannkvaliteten i utgående vann fra nivå 311 kan variere forholdsvis mye da vannet som pumpes opp kommer fra flere kilder. I 2011-12 sto pumpa på nivå 311 i en lengre periode. Prøvetaking kom først i gang igjen våren 2012. Vi vil samle alle analysedata i neste årsrapport. Vannmengdene som er pumpet opp vil imidlertid bli tatt med i denne rapporten.

3.4 Vassdragsstasjoner

3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk

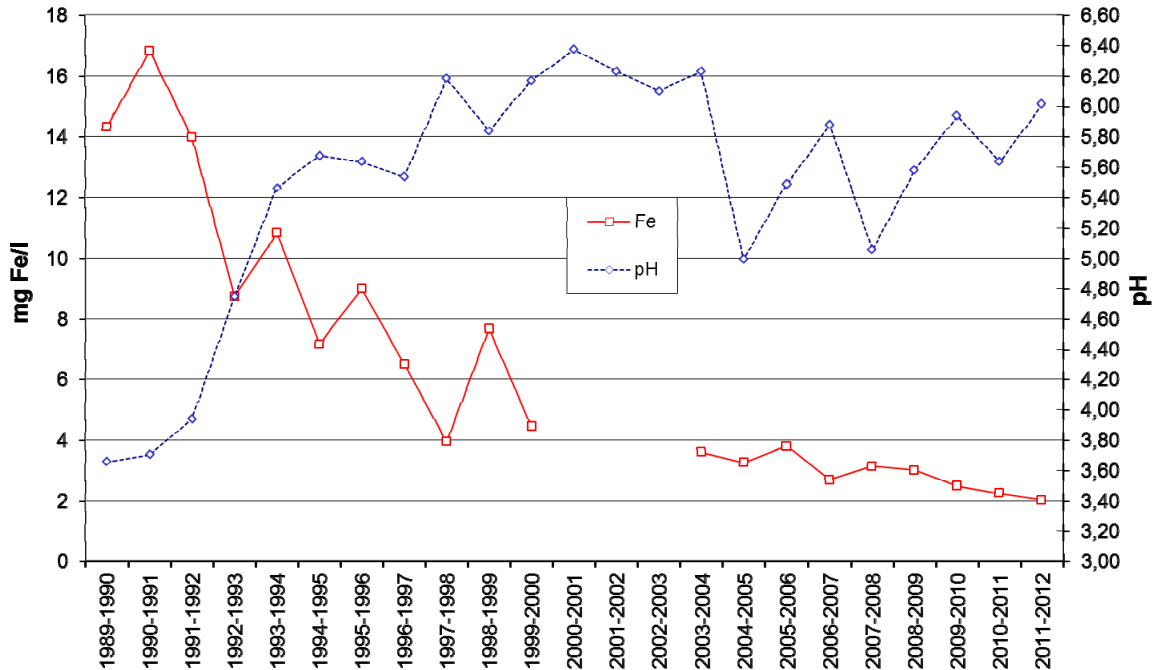
Analyseresultatene for året 2011-2012 er samlet i tabell 29 i vedlegget bak. I tabell 9 er gjort en beregning av tidsveiede årlige middelerverdier for hydrologiske år fra 1989/1990. Fra sommeren 2005 har det vært kontinuerlige vannføringsmålinger i Raubekken. Årsmiddelvannføringen er beregnet vha. døgnmiddelvannføringene.

Etter at tiltaksplanen ble satt i kraft i 1992, bedret vannkvaliteten seg. pH-verdiene økte gradvis fram til 2003/2004. Det har vært noen episoder med økte tilførsler fra Løkkensiden som følge av brudd på drensledninger eller styrte utslipp av overskuddsvann pga. problemer med innløpet i gruva. Disse har vært relativt kortvarige og har stort sett skjedd mens fortytningssituasjonen i bekken også var god. Disse episodene har kun gitt seg ubetydelige utslag i årsmiddelerverdiene mht. konsentrasjoner. De mest langvarige utslippene var i året 2004-2005. En ser da også at dette ga seg utslag i en lavere middelerverdi for pH. Etter 2005 har det også vært kortvarige utslipp som er ledet til Raubekken. Det er særlig avrenningen fra Nordre berghald som delvis går utenom drensnettet 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 av hensyn til fare for flom i gruva. Slike tiltak ble foretatt våren 2012.

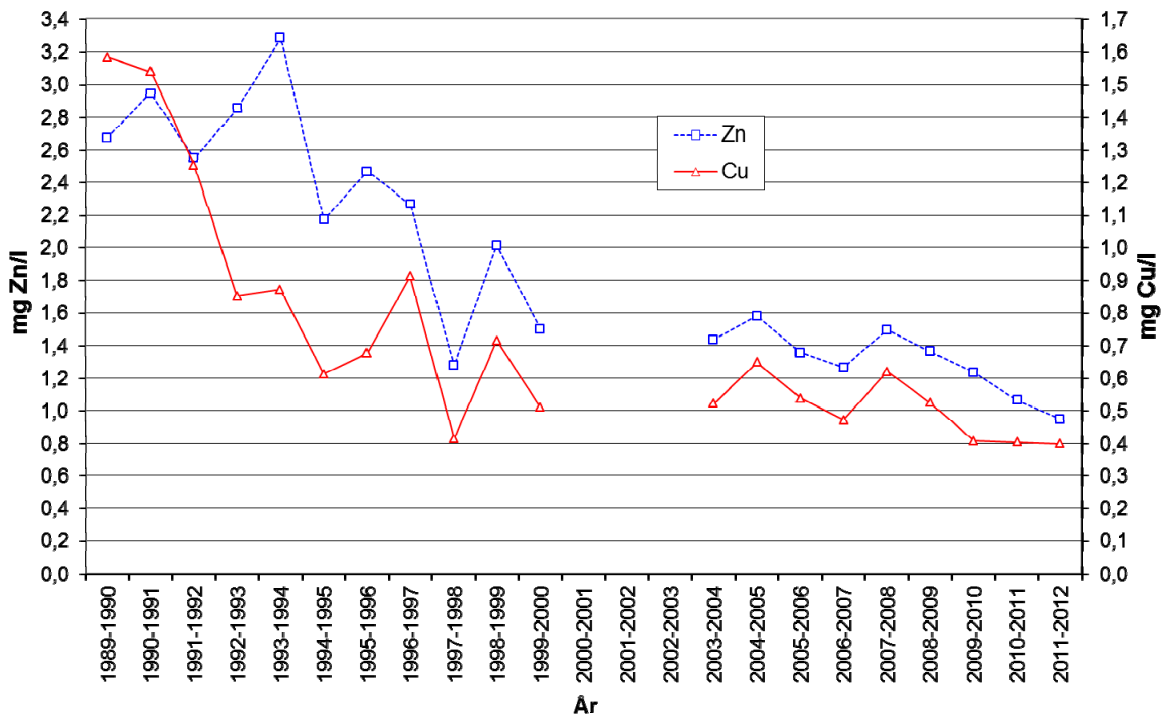
Tabell 9. Tidsveiede årlige middelerverdier for stasjonen i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2012.

Hyd.år	pH	Kond	SO ₄	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
2011-2012	6,01	31,1	127,8	42,54	5,86	1,15	2,03	0,40	0,95	2,9	687

Høsten 2009 ble stasjonen i Raubekken oppgradert med kontinuerlige målinger av pH og konduktivitet, samt mengdeproporsjonal blandprøvetaking. Analyseresultatene for blandprøvene for året 2011-2012 er samlet i tabell 30 i vedlegget bak i rapporten. Figur 34 og figur 35 viser en grafisk fremstilling av årsmiddelverdiene for pH, jern, kobber og sink i Raubekken.

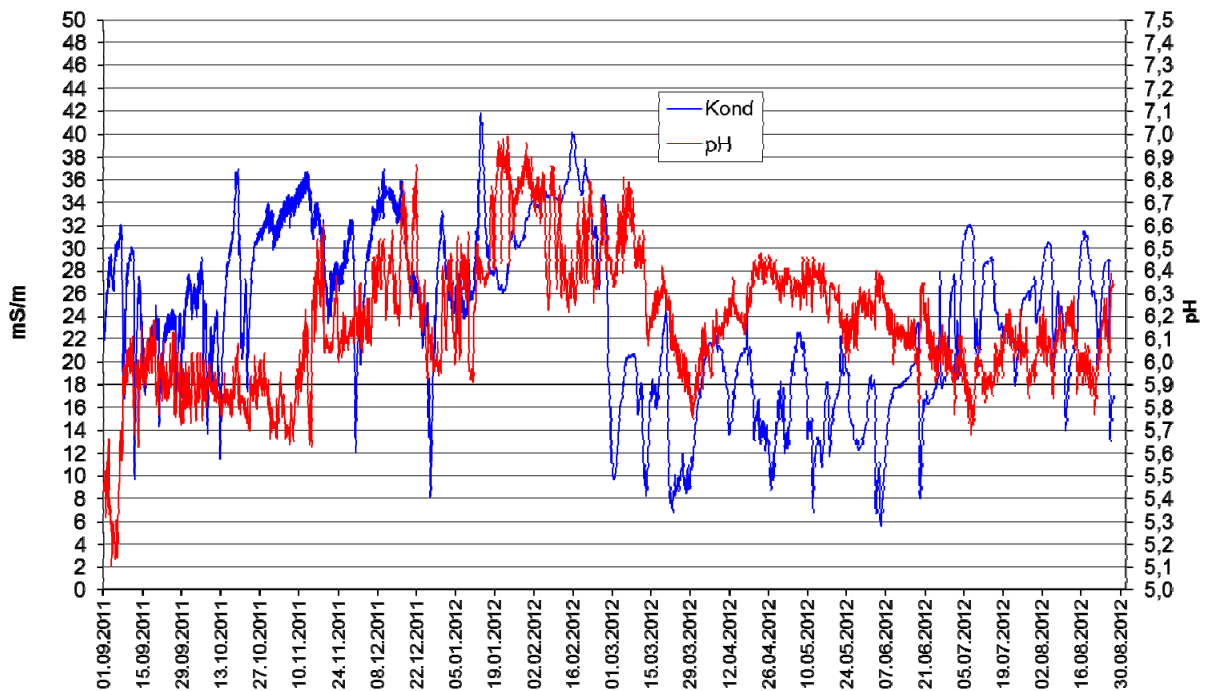


Figur 34. Årsmiddelverdier for pH og jern i Raubekken 1989-2012.



Figur 35. Årsmiddelverdier for kobber og sink i Raubekken 1989-2012.

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 siste år er det to forhold som har hatt betydning for vannkvaliteten i Raubekken. Overflatekalkingen av Bjørnlivatn førte til reduserte metalltilførsler fra dette nedbørfeltet mesteparten av året. Det ble dessuten gjennomført tiltak på Løkken-siden for å samle opp mer av avrenningen fra Nordre berghald, samt å lede bort relativt uforurenset vann fra velteområdet. Tiltakene førte til at pH-verdiene i Raubekken økte litt i forhold til foregående år. Figur 36 viser resultatene fra de kontinuerlige målingene av pH og konduktivitet i Raubekken siste år (registrering 2 x i timen).

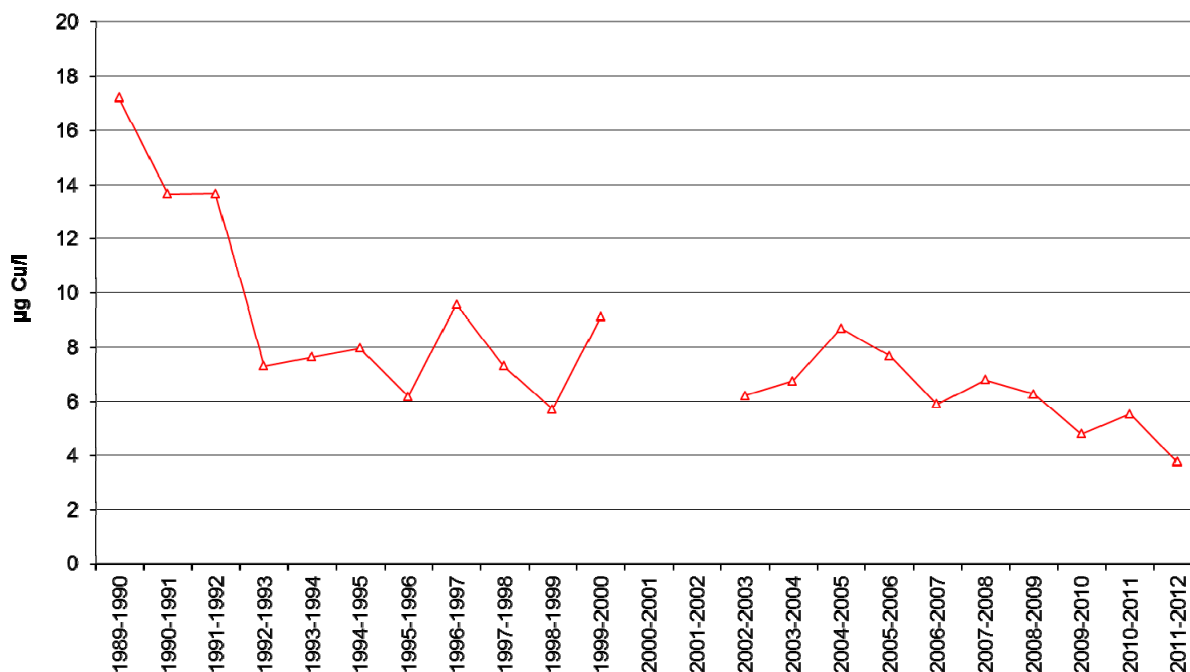


Figur 36. Kontinuerlige pH- og konduktivetsmålinger ved målestasjonen i Raubekken i 2011-2012.

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

3.4.2 Orkla ved Vormstad

Prøvene av Orkla ved Vormstad tas under Øyum bru. Her er tilførslene fra Raubekken godt innblandet i Orkla. Stasjonen ble opprettet av gruveselskapet i sin tid på 1920-tallet og en har analysemateriale 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 analysemateriale tilbake til 1989. Tiltaksplanen til Løkken Gruber fikk sin fulle virkning i april 1992 da utslippene fra Wallenberg pumpestasjon startet. I tabell 28 i vedlegget bak er samlet resultatene for prøvetakingene i 2011-2012. I tabell 10 er beregnet tidsveiede årsmiddelverdier for noen viktige metaller for hydrologiske år fra 1989. I figur 37 er årsmiddelverdien for kobber fremstilt grafisk.

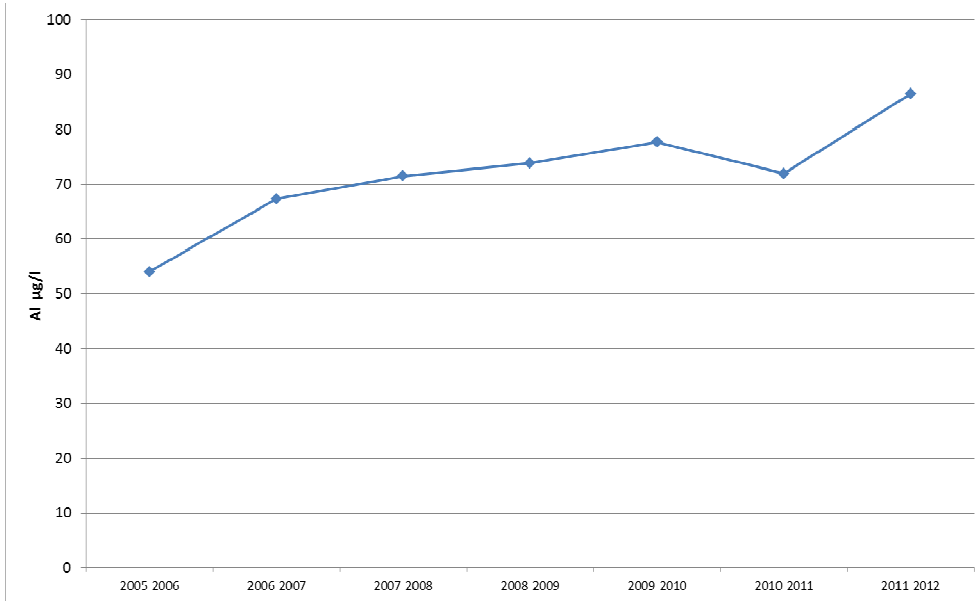


Figur 37. Tidsveiede årsmiddelverdier for kobber i Orkla ved Vormstad 1989-2012.

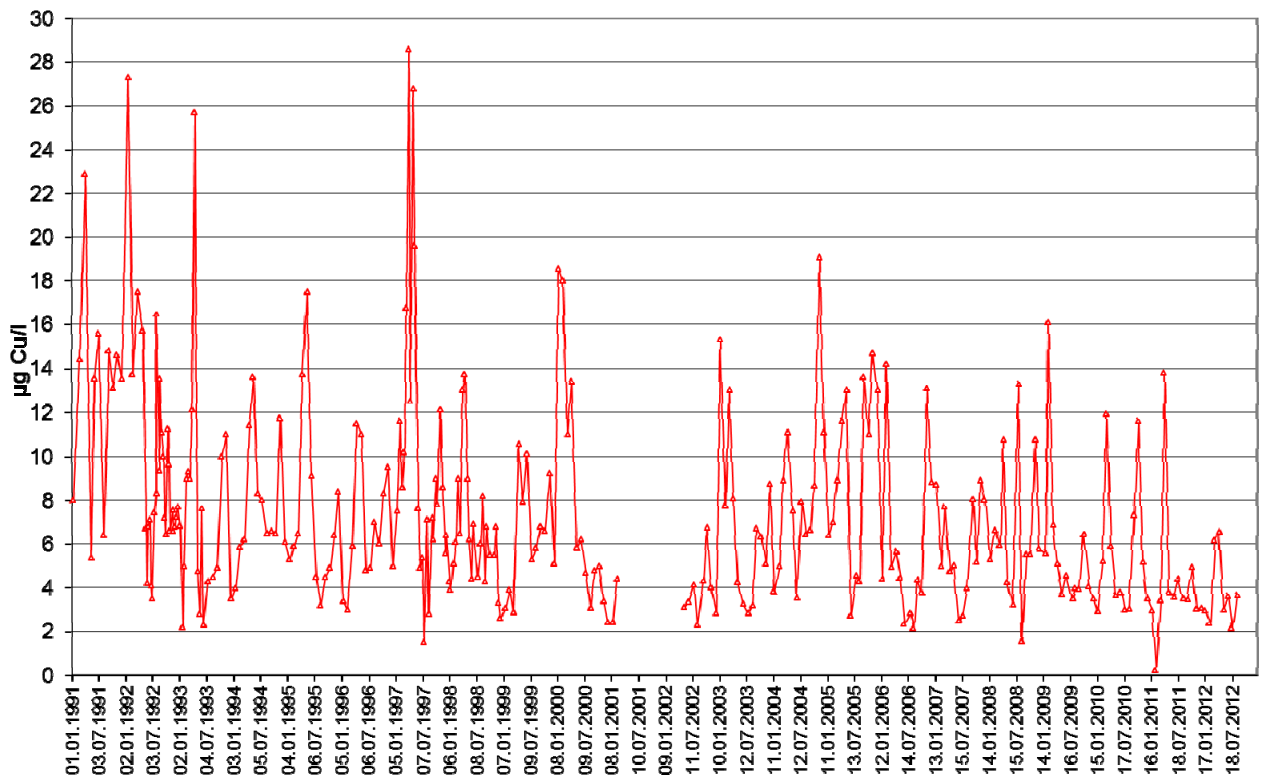
En ser at middelverdien for kobber har ligget under målet på 10 µg/l i alle år etter at tiltaksplanene ble satt i drift. Verdien falt ytterligere siste år pga. reduserte tilførsler fra Bjørnlivatn og Raubekken.

Når det gjelder å vurdere faren for eventuelle uønskede biologiske effekter, er det også viktig å ha tilsyn med øyeblikksverdiene. Figur 39 viser observasjonsmaterialet for kobber i årene 1991-2012. Figuren viser at en har hatt flere episoder med verdier over 10 µg/l kobber. I de senere år ser en at nødutslipp av drensvann fra Løkken-siden fra 2002 som følge av gjentettingsproblemer og omlegging av innløp i Gammelgruva førte til kobberverdier over 10 µg/l i perioder.

I 2011-2012 ble det ikke påvist kobberkonsentrasjoner over 10 µg/l. Slik sett kan en derfor si at kravet til Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF) allerede er oppnådd. Som nevnt kan dette ha sammenheng med kalkingstiltaket i Bjørnlivatn. Av dataene for siste år ser en imidlertid at en nå er helt avhengig av å ha kontroll på situasjonen i Bjørnlivatn for å unngå uheldige episoder i Orkla. Da effekten av kalkdosen i Bjørnlivatn tok slutt sommeren 2012, ser en at særlig aluminiumkonsentrasjonene økte betydelig. Det er viktig også å ha fokus på aluminium da dette gir tidlig informasjon om en eventuell ugunstig utvikling. Figur 38 viser hvordan årsmiddelverdiene for aluminium har utviklet seg siden målingene ble startet i 2005.



Figur 38. Tidsveiede middelverdier for aluminium hydrologiske år.



Figur 39. Kobberobservasjoner i Orkla ved Vormstad 1991-2012.

Tabell 10. Tidsveiede årsmiddelverdier, hydrologiske år. Orkla ved Vormstad.

Hyd.år	Fe	Cu	Zn	Al
	µg/l	µg/l	µg/l	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
2011-2012	147	3,7	8,8	86,5

4. Massebalanser

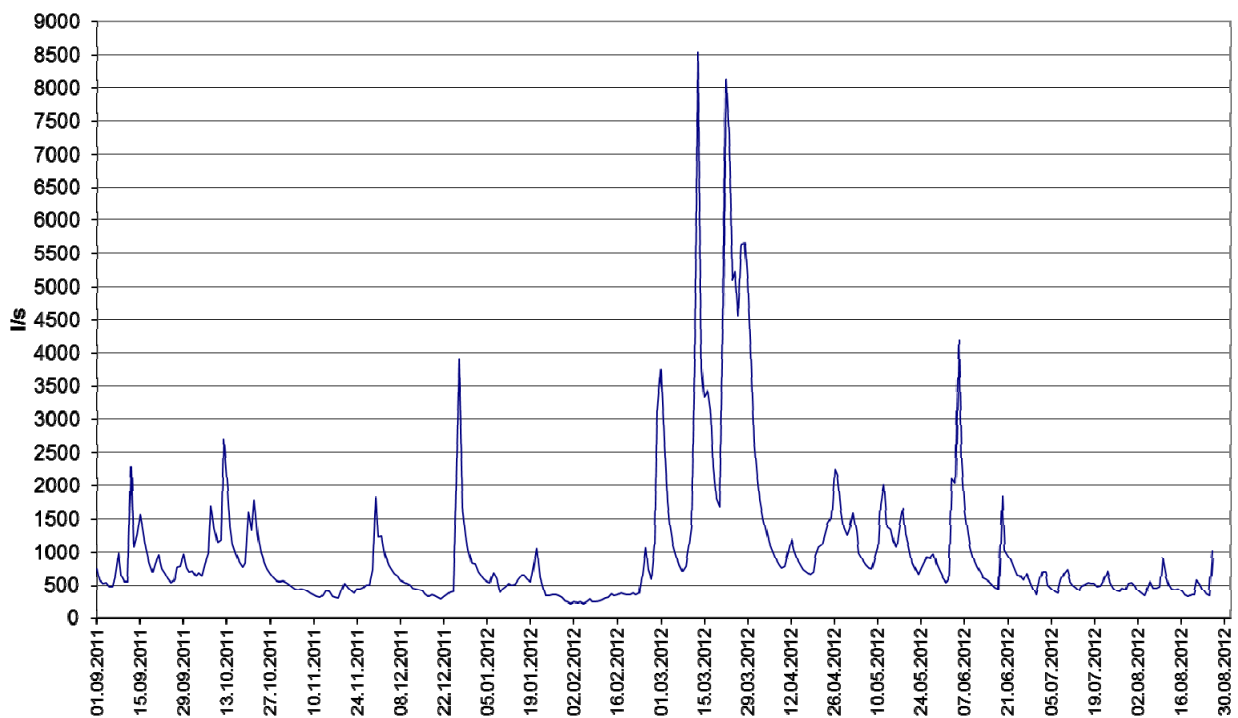
4.1 Vannbalanse

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. 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.

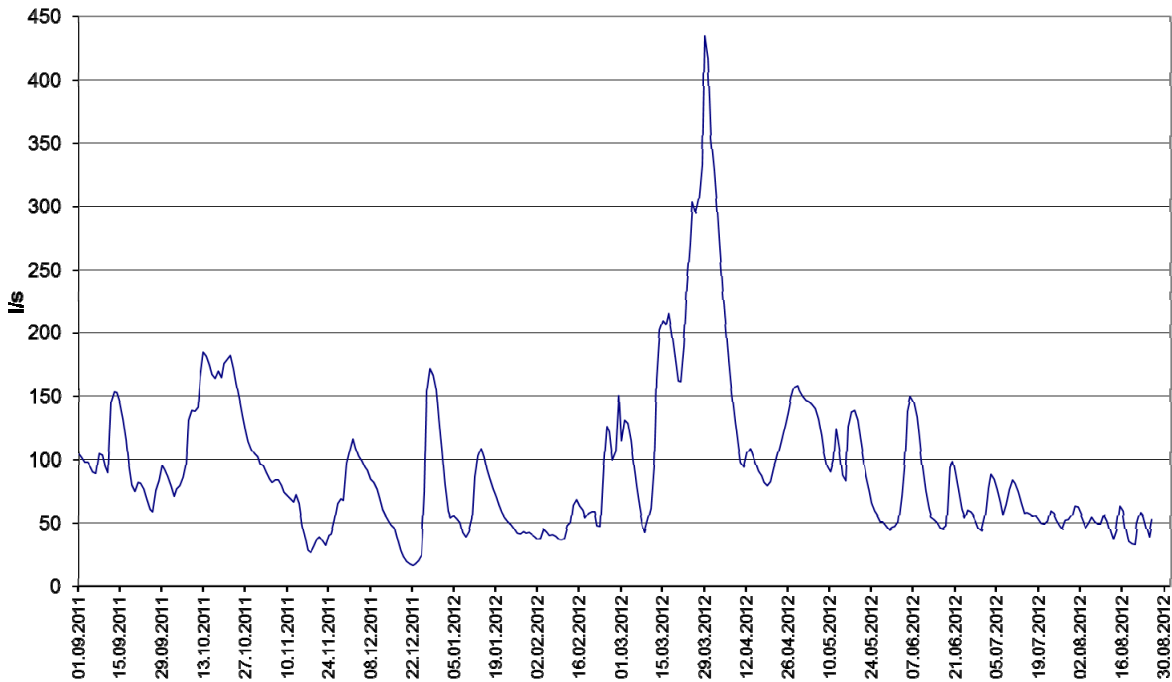
Figur 40 viser forløpet av vannføringsobservasjonene i 2011-2012. De høyeste vannføringene inntraff under vårflommen i mars måned. I resten av perioden var vannføringene forholdsvis lave.

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 for tiden 2 ganger pr. time. Vannføringen beregnes vha. formel for 120 graders trekantoverløp.



Figur 40. Døgnmiddelvannføringer i Raubekken i 2011 – 2012.

Figur 41 viser hvordan døgnmiddelvannføringen varierte i året 2011-2012 ved utløpet av Bjørnlivatn. Som for Raubekken ble det tidlig vårflom i mars måned.



Figur 41. Døgnmiddelvanføringer ved utløpet av Bjørnlivatn i 2011-2012.

Begge bekker er typiske flombekker der vannføringen kan variere mye i løpet av korte tidsrom. I dette området kan det også være store lokale forskjeller når det gjelder nedbørmengder. 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 13.3.2012. Da ble det målt ca. 8,5 m³/s som døgnmiddelvanføring. Ved utløpet av Bjørnlivatn ble høyeste vannføring målt den 29.3.2012. Døgnmiddelvanføringen den dagen ble målt til 435 l/s. De høyeste vannføringene inntreffer ofte i perioder med mildvær med regn og snøsmelting. Ved hjelp av døgnmiddelvanføringene har en i tabell 11 beregnet årsavrenningen og gitt en oversikt over middelvanføring, samt høyeste og laveste døgnmiddelvanføring.

Tabell 11. Avrenning fra Bjørnlivatn og i Raubekken i perioden 2005 – 2012.

		Raubekken						
		2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
Avrenning	m ³	34186727	46423605	45596457	35661959	32612735	39926757	31473297
Gj.snitt	l/s	1084	1472	1442	1131	1046	1489	995
Max	l/s	7700	7855	7027	6913	7626	6695	8528
Min	l/s	55	75	198	361	125	296	222
Median	l/s	684	1139	1109	735	849	923	656
		Bjørnlivatn						
		2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
Avrenning	m ³	2184444	2891154	2795943	1784318	2373096	2953079	2943472
Gj.snitt	l/s	66,1	91,7	102,1	57,7	75,3	93,6	93,1
Max	l/s	296	291	281	246,5	265	411,9	434,9
Min	l/s	2,48	12,8	8,3	4,36	6,6	10,8	16,9
Median	l/s	50,4	80,9	71,6	41,3	60,8	69,3	77,5

Avrenningen fra Bjørnlivatn utgjør ca. 5-8 % av samlet avrenning i Raubekken i følge målingene som er gjennomført siden 1.9.2005.

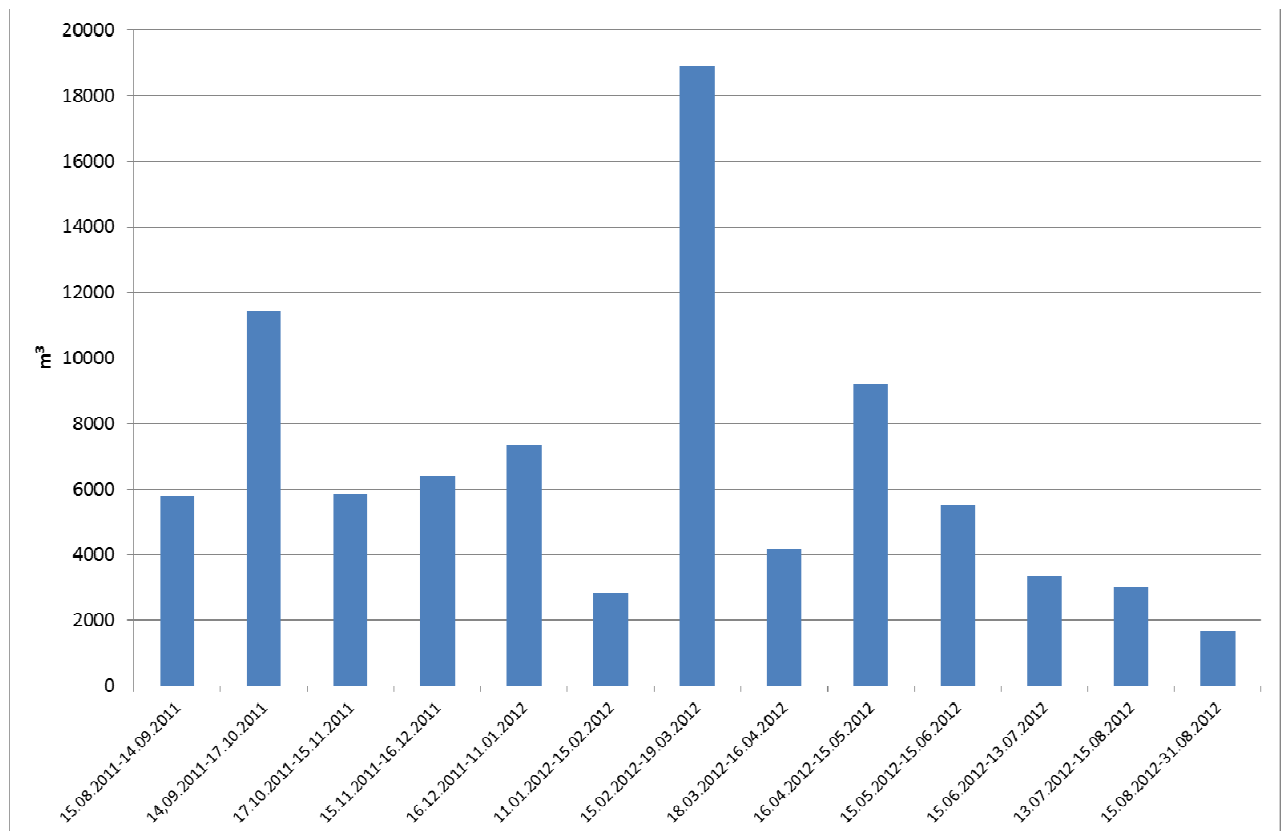
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve

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 42 viser grafisk utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking i året 2011-2012. Det ble pumpet mest vann i februar-mars 2012, dvs. under den tidlige vårflommen. I tabell 12 er beregnet årsvolumer for de periodene en har data for.

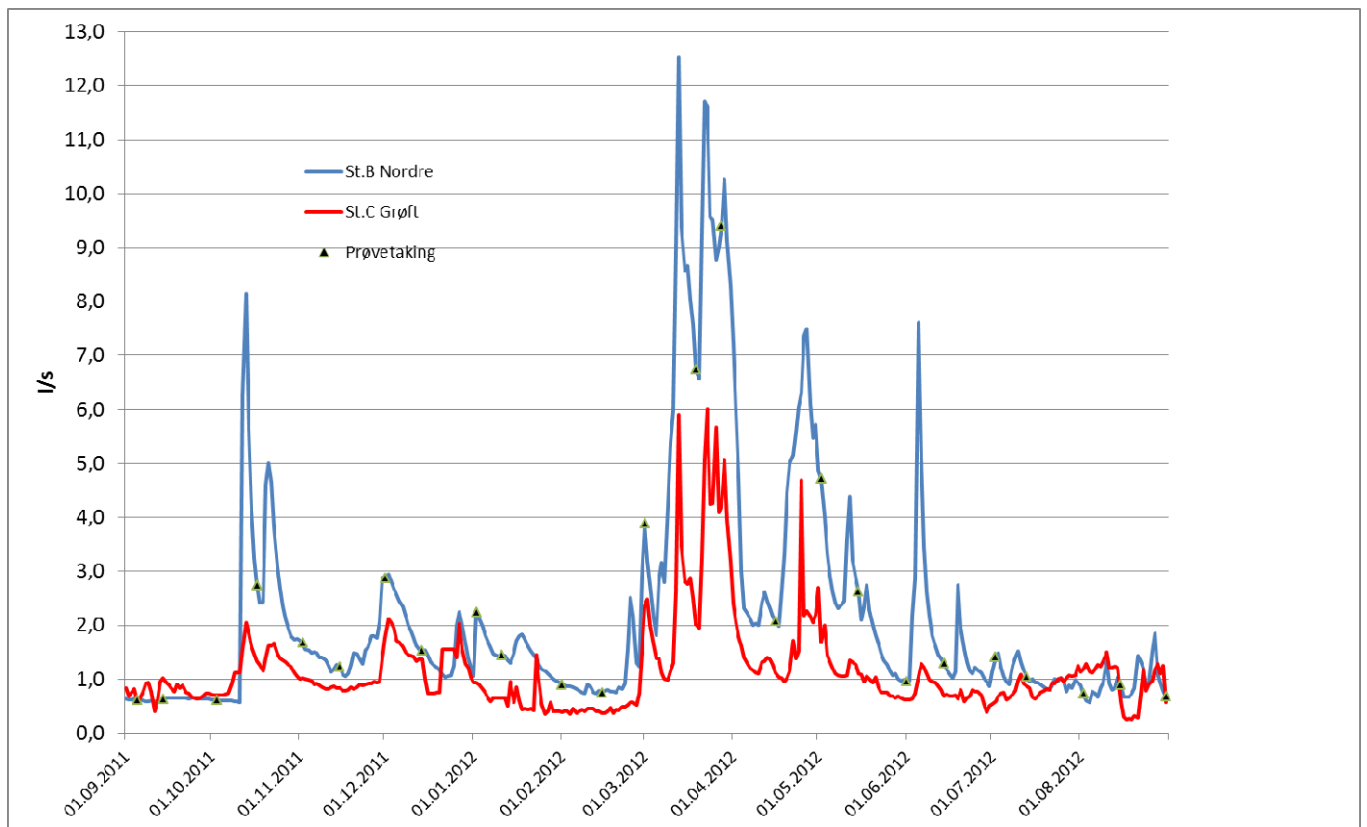


Figur 42. Stasjon A. Stallgata pumpestasjon. Utpumpet vannmengde i 2011-2012.

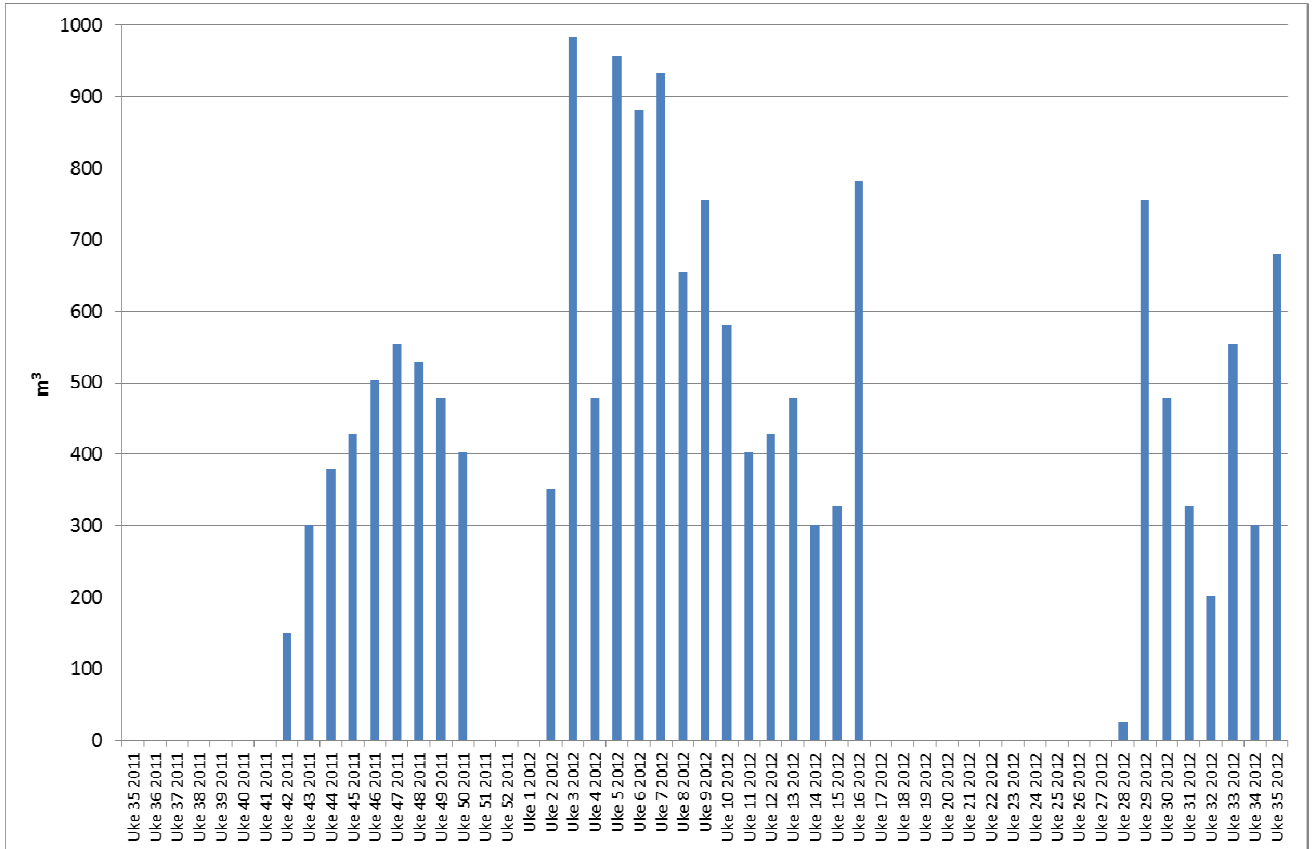
Tabell 12. Årsvolumer ved Stasjon A – Stallgata pumpestasjon.

Periode	m ³
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
2011-2012	85531

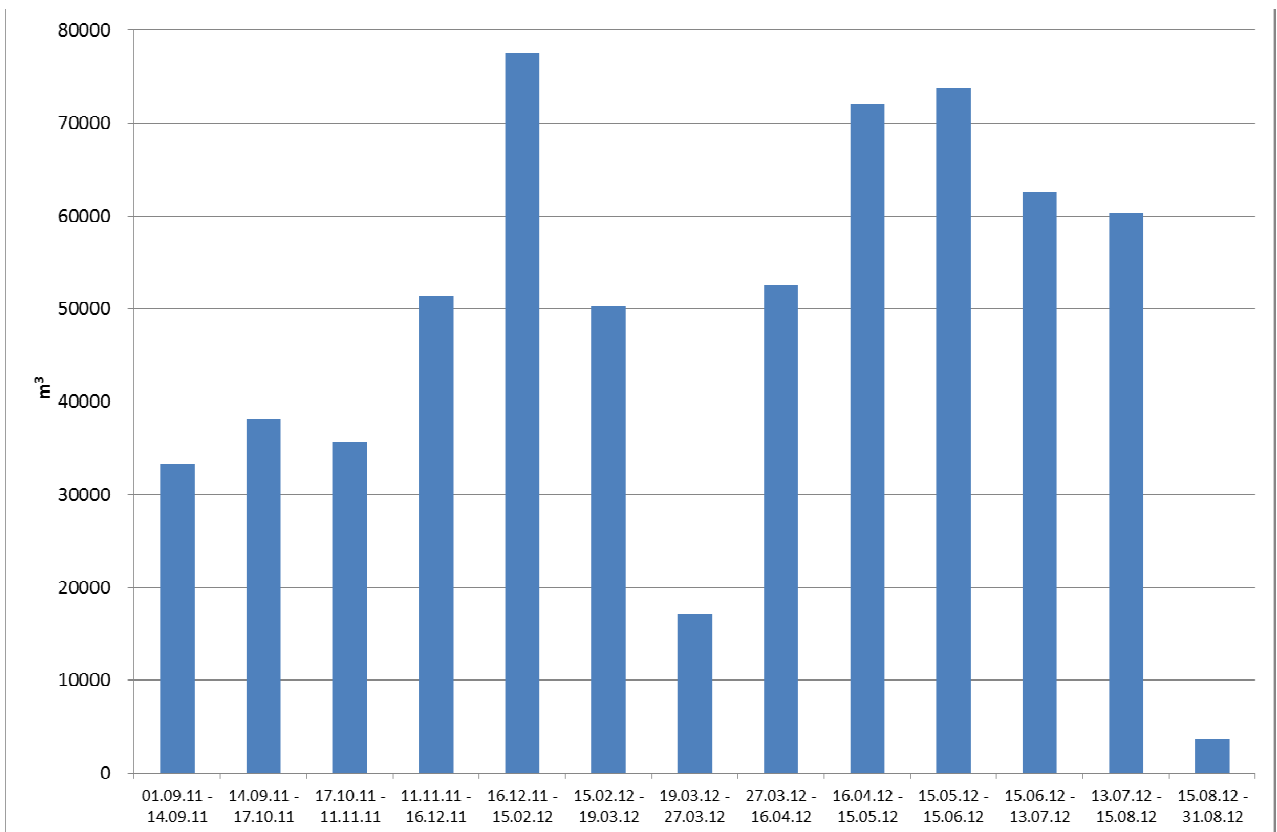
Figur 43 viser døgnmiddelvannføringene ved de to stasjonene inne i Gammelgruva med markering av prøvetakingstidspunktene for vannprøver.

**Figur 43.** Døgnmiddelvannføring ved stasjonene B og C i 2011-12 med markering av prøvetakinger.

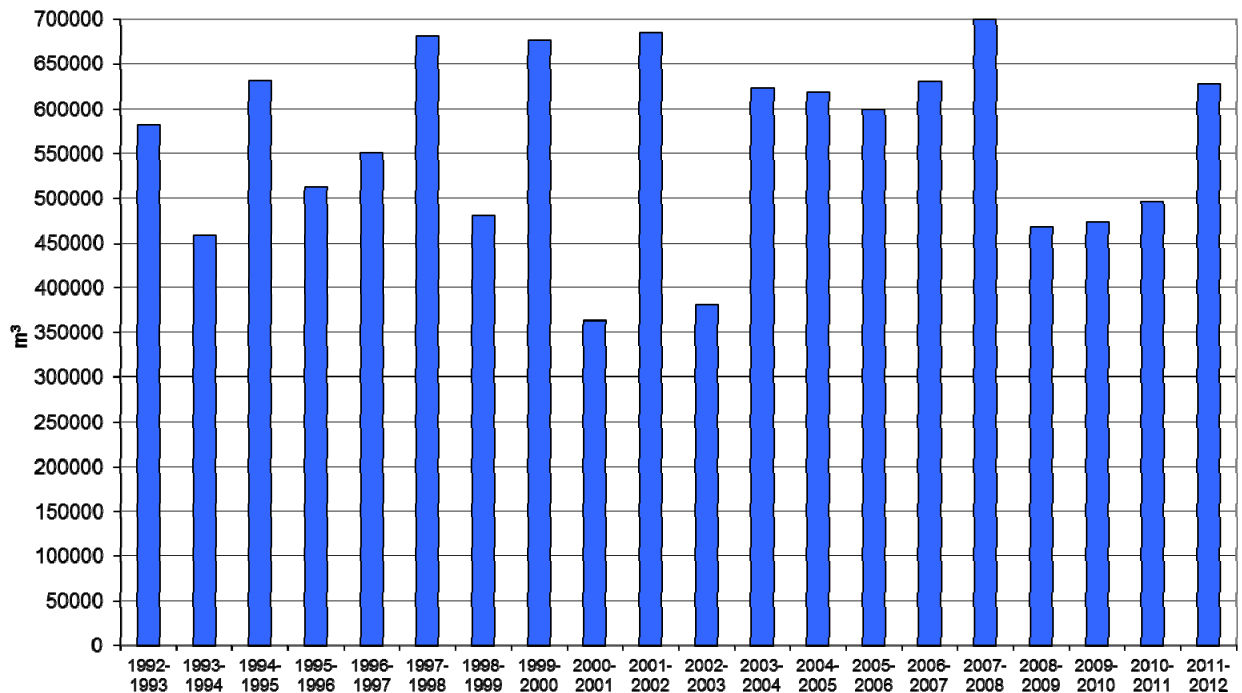
Figur 44 og figur 45 viser utpumpet vannmengde for Astrup gruve og for Wallenberg pumpestasjon. Figur 46 viser utpumpet vannmengde fra Wallenberg gruve i alle år mens figur 47 viser vannbalansen på gruva i 2011-2012. Det årlige datagrunnlaget er samlet i tabell 13.



Figur 44. Pumping av vann fra Astrup gruve til Wallenberg gruve i 2011-2012 (Kilde: Nammo NAD).



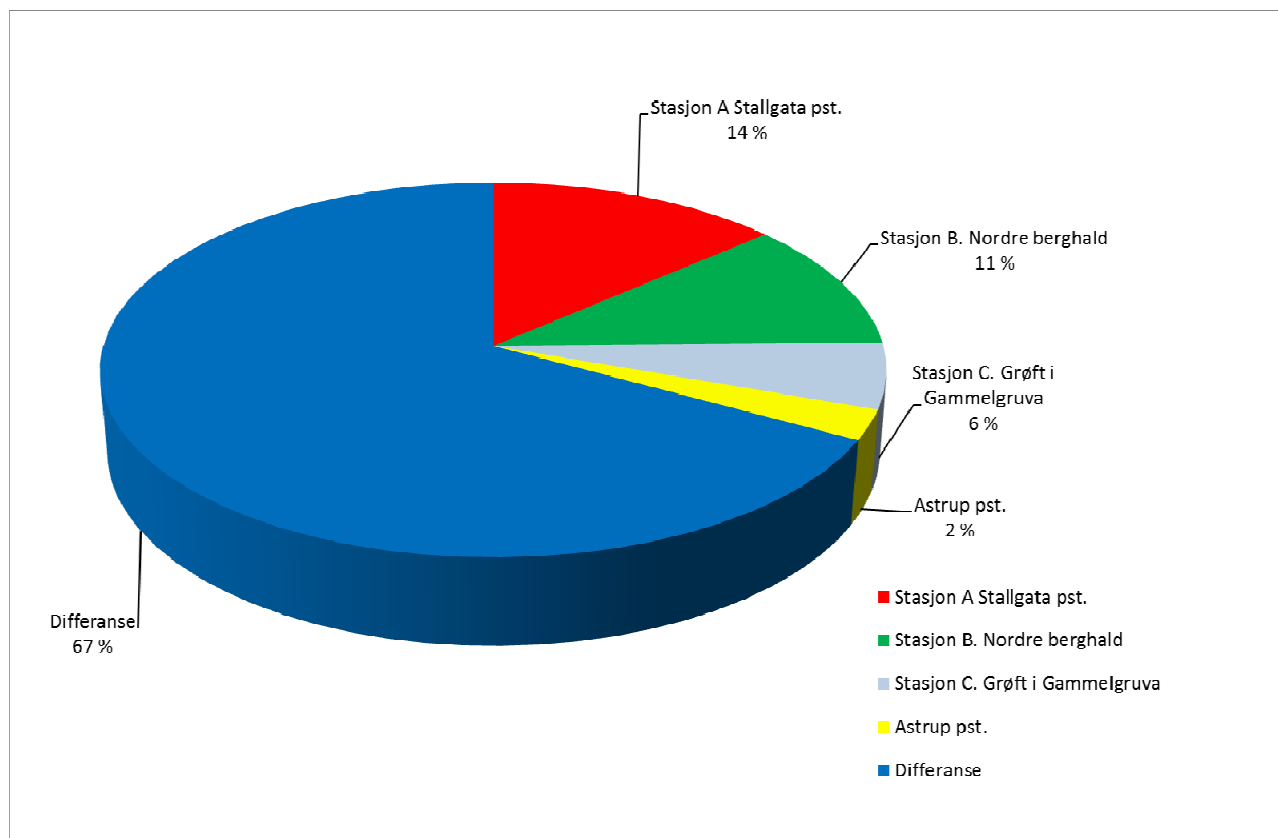
Figur 45. Pumping av gruvevann fra Wallenberg pst i 2011-2012.



Figur 46. 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 ³	Stasjon B. Nordre berghald m ³	Stasjon C. Grøft i Gammelgruva m ³	Astrup pst. nivå 311 m ³	Sum innløp m ³	Wallenberg pst. m ³	Diffe- ranse m ³
1992-1993	48900	52600	18200		911743	925500	13757
1997-1998	72497	93131	32354	30000	466400	635734	169334
2005-2006	73000	105821	70981	46000	295803	600000	304197
2006-2007	83663	142366	107898	37145	371072	631096	260024
2007-2008	80109	103711	56882	27695	268397	699820	431423
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
2011-2012	85531	69630	35719	16355	207234	628244	421010



Figur 47. Vannbalanse på Løkkengruva i 2011-2012. 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.

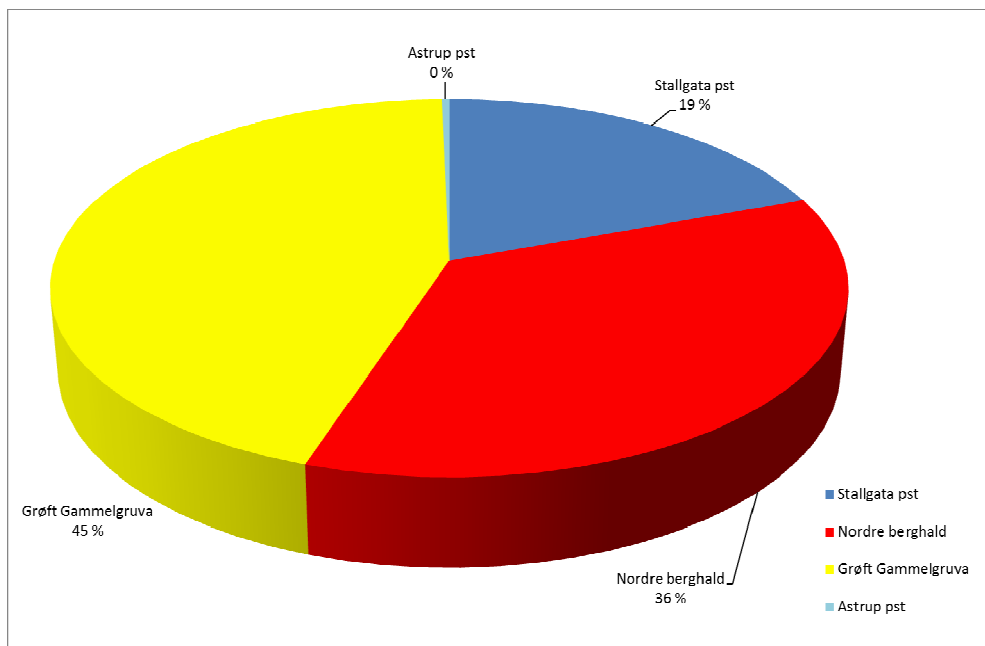
- For stasjon A, Stallgata pumpestasjon har vi beregnet årstransporten ved hjelp av årsmiddelverdi for konsentrasjon og multiplisert denne med samlet pumpevolum for perioden.
- For de to stasjonene for inngående vann til Gammelgruva, stasjonene B og C har vi i 2011-2012 beregnet forurensningstransporten 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 perioden 2011-2012 var datagrunnlaget svært dårlig. Vi har derfor benyttet beregnet transport for det foregående år.

Tabell 14 viser beregnet materialbalanse for Wallenberg gruve i perioden 2011-2012.

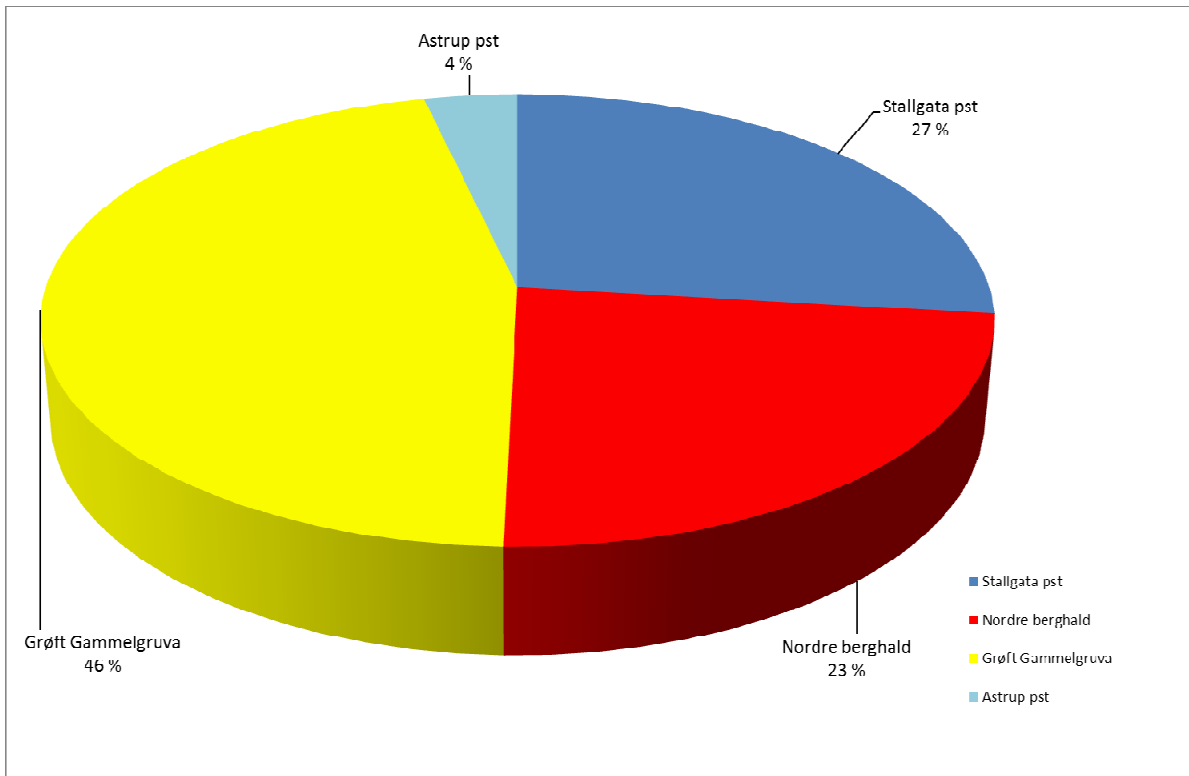
Tabell 14. Materialbalanse på Wallenberg gruve i 2011-2012.

Stasjon	SO ₄ tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Al tonn	Ca tonn	Mg tonn
A. Stallgata pst	326	48,0	4,1	3,2	13,0	11,2	29,6	10,3
B. Nordre berghald	360	88,0	3,6	1,7	6,5	10,5	12,3	8,8
C. Grøft Gammelgruva	487	110,0	6,9	4,6	17,3	21,4	10,5	21,8
Astrup pst nivå 311	34	0,9	0,6	1,3	7,2	0,5	6,7	1,2
Sum tilførsler 2011-2012	1205	246,9	15,1	10,6	43,6	43,5	58,7	42,0
Avløp Wallenberg pst 2011-2012	1478	164,6	7,7	20,1	65,4	37,0	239,7	82,3

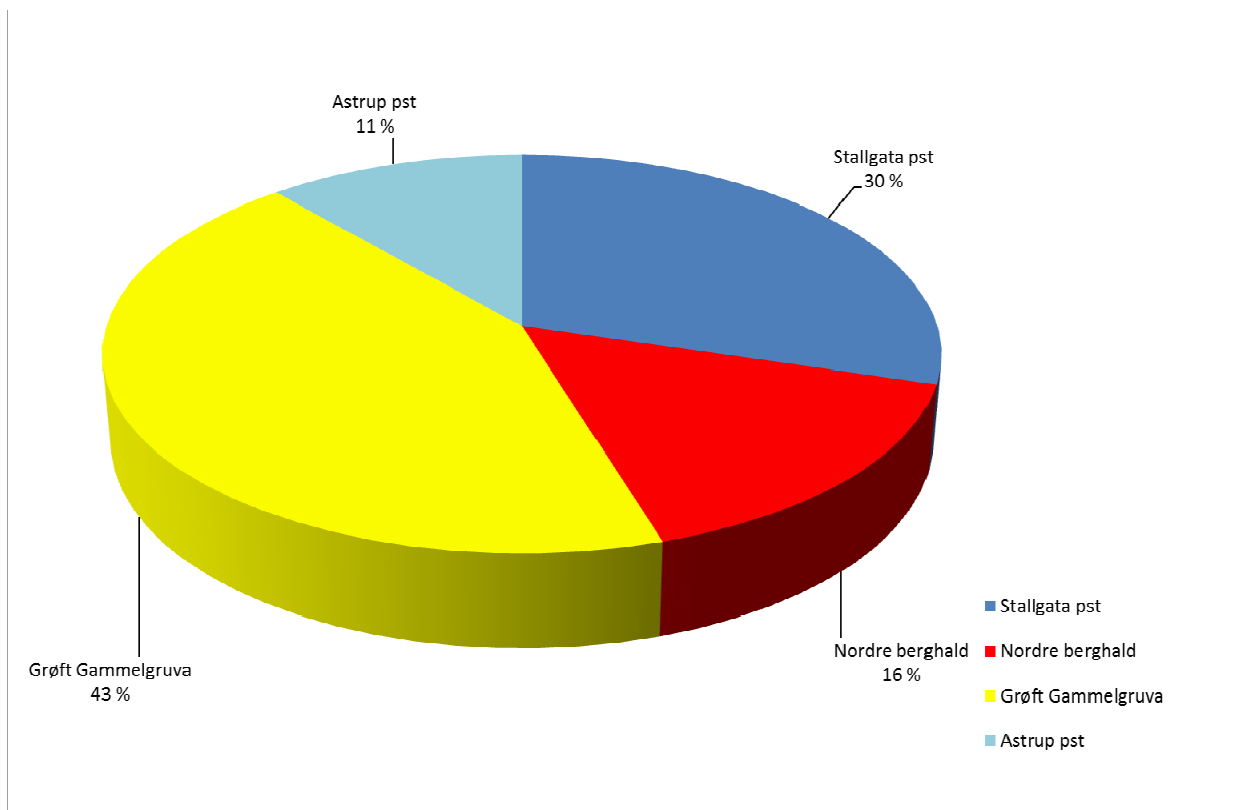
Figur 48, figur 49, figur 50, figur 51 og figur 52 gir en grafisk fremstilling av hvordan årstransporten fordeler seg på kildene for noen viktige komponenter.



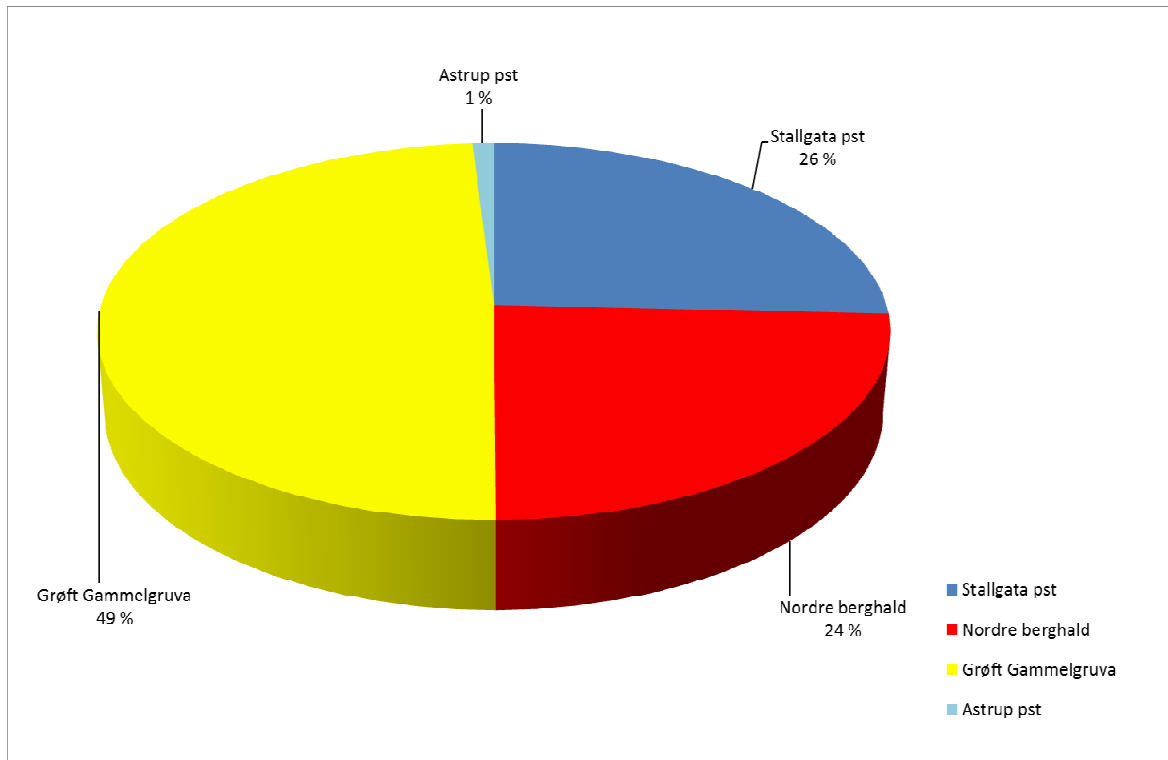
Figur 48. Jernbalanse på Wallenberg gruve 2011-2012. %-vis fordeling av jerntilførsler på kilder.



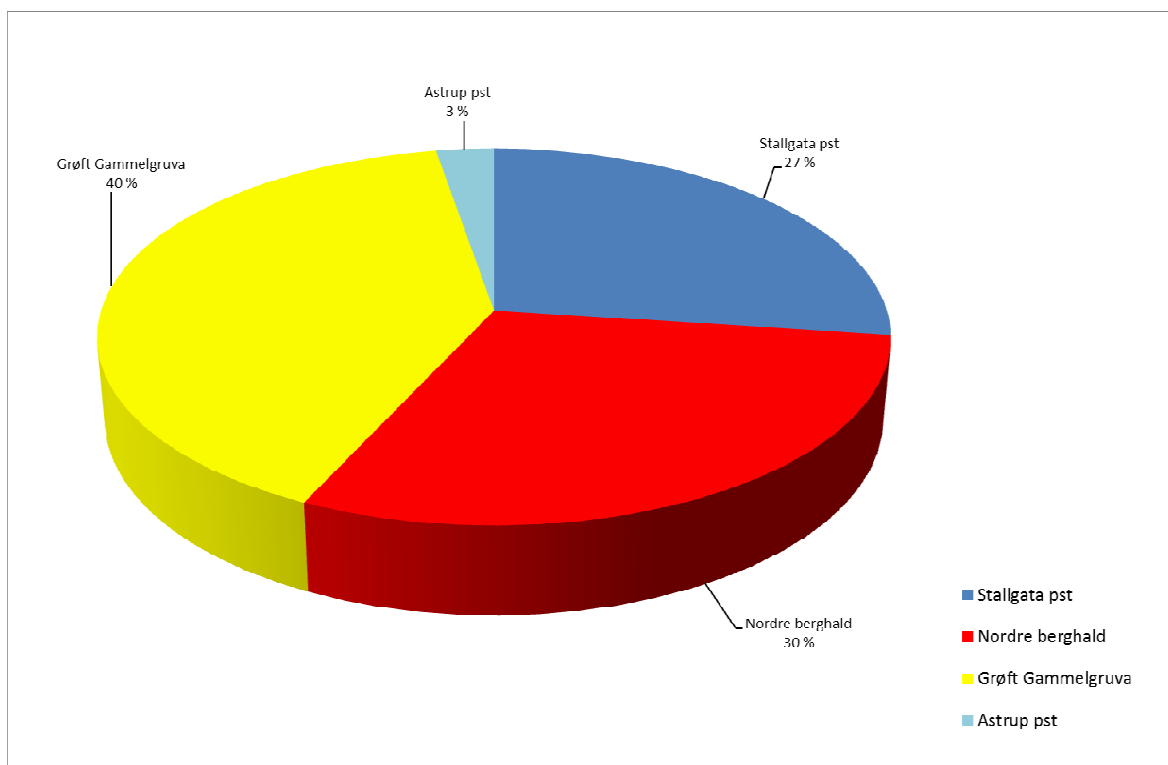
Figur 49. Kobberbalanse på Wallenberg gruve 2011-2012. % -vis fordeling av kobbertilførsler på kilder.



Figur 50. Sinkbalanse på Wallenberg gruve 2011-2012. % -vis fordeling av sinktilførsler på kilder.



Figur 51. Aluminiumbalanse på Wallenberg gruve 2011-2012. %-vis fordeling av aluminium på kilder.



Figur 52. Sulfatbalanse på Wallenberg gruve 2011-2012. %-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.

Stasjon	SO ₄	Fe	Cu	Zn	Cd	Al
	tonn	tonn	tonn	tonn	kg	tonn
A. Stallgata 1992-1993	290	52	5,9	5,9		
A. Stallgata 1997-1998	354	58	6,2	6,3	26	
A. Stallgata 2005-2006	308	46	4,3	3,7	15	11
A. Stallgata 2006-2007	372	52	5	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	3,2	14	11
A. Stallgata 2010-2011	248	35	3,3	3,6	11	8,9
A. Stallgata 2011-2012	326	48	4,1	3,2	13	11
B. Nordre 1992-1993	319	83	3,9	2		
B. Nordre 1997-1998	580	151	7,3	3,7	19	
B. Nordre 2005-2006	414	95	4,3	2	8	12
B. Nordre 2006-2007	650	148	6,5	3	11	19
B. Nordre 2007-2008	414	91	4,1	2	8	12
B. Nordre 2008-2009	143	30	1,4	0,7	3	4
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
B. Nordre 2011-2012	360	88	3,6	1,7	7	11
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	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
C. Grøft 2011-2012	487	110	6,9	4,6	17	21
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
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
Astrup pst 2011-2012	32	0,8	0,5	1,2	6,9	0,4
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	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	29	16
Wallenberg pst. 2010-2011	1220	128	4,6	14,9	44	29
Wallenberg pst. 2011-2012	1478	165	7,7	20,1	65	37

Tabell 16. Materialtransport ved Wallenberg pst 1992-2012.

År	SO ₄ tonn	Fe Tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Mn tonn	Ni Tonn	Co tonn	Pb kg	Al tonn	Vannmengde m ³
1992-1993	1286	59,0	2,20	14,2	28,4	4,49	0,10	0,45		2,2	582048
1993-1994	763	31,3	0,88	6,58	10,5	3,56	0,04	0,23		1,7	458600
1994-1995	1174	50,4	1,76	11,2	44,3	5,62	0,08	0,43		2,2	631492
1995-1996	675	32,5	0,78	6,36	9,0	3,11	0,06	0,15		1,5	513821
1996-1997	897	47,3	1,01	7,77	8,1	3,51	0,08	0,30		2,7	550965
1997-1998	1027	61,8	1,11	9,73	17,9	3,98	0,08	0,40		2,8	681638
1998-1999	989	71,9	0,77	9,52	15,3	3,15	0,59	0,36		2,4	481092
1999-2000	1056	66,1	0,73	8,25	14,6	3,10	0,07	0,36		2,3	676796
2000-2001	692	39,7	0,31	4,51	5,6	1,74	0,04	0,20		0,7	363598
2001-2002	1650	135,7	5,28	19,0	36,3	4,50	0,14	0,63	28,8	22,8	685408
2002-2003	686	48,1	0,52	5,63	9,3	1,87	0,05	0,23	4,3	3,9	381328
2003-2004	1201	92,4	3,03	12,1	28,7	2,96	0,10	0,45	12,3	14,5	623033
2004-2005	1496	140,0	5,90	19,3	52,2	3,34	0,13	0,62	25,1	28,2	618505
2005-2006	926	69,4	0,98	7,73	15,8	2,15	0,10	0,33	6,6	6,5	599112
2006-2007	1127	98,0	5,10	13,0	38,8	2,34	0,097	0,43	21,4	19,2	631096
2007-2008	1820	170,7	8,60	23,4	80,3	3,55	0,154	0,73	43,0	40,7	699820
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
2011-2012	1478	164,6	7,74	20,1	65,4	2,82	0,139	0,62	44,9	37,0	628244

4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene

Avløpet fra Wallenberg pumpe-stasjon 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 samt veier og gruveavfall i terrenget utenom hovedkildene (Øren et al, 1990).

I tabell 17 har en samlet årstransporten for Raubekken for alle år etter 1989. I 2011-2012 har en som i foregående år 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 1989-2012.

Hyd.år	SO ₄ Tonn	Al Tonn	Fe Tonn	Cu Tonn	Zn Tonn	Cd Kg
1989-1990	3040		383	40,4	65,8	130
1990-1991	4480		478	39,1	72,7	199
1991-1992	4195		434	37,6	72,3	190
1992-1993	4490	65,6	229	22,2	76,7	173
1993-1994	2761	29,4	133	11,8	43,8	82,3
1994-1995	3764	39,4	166	16,2	54,0	116
1995-1996	2431	29,1	112	9,1	33,2	73,3
1996-1997	4517	54,6	180	23,5	63,9	156
1997-1998	3484	36,7	117	12,6	42,7	101
1998-1999	3554	46,5	158	14,2	43,1	93,7
1999-2000	3707	40,2	126	14,4	44,7	95,6
2000-2001	2020					
2001-2002	3398					
2002-2003	3516					
2003-2004	3520	48,2	101	14,2	39,4	87,1
2004-2005	7156	126,5	192	36,7	90,7	273
2005-2006	4088	69,0	130	18,4	46,3	119
2006-2007	5717	70,2	125	21,9	58,8	138
2007-2008	5424	111,5	143	28,3	68,1	207
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
2011-2012	3071	31,0	58,4	9,1	22,0	72

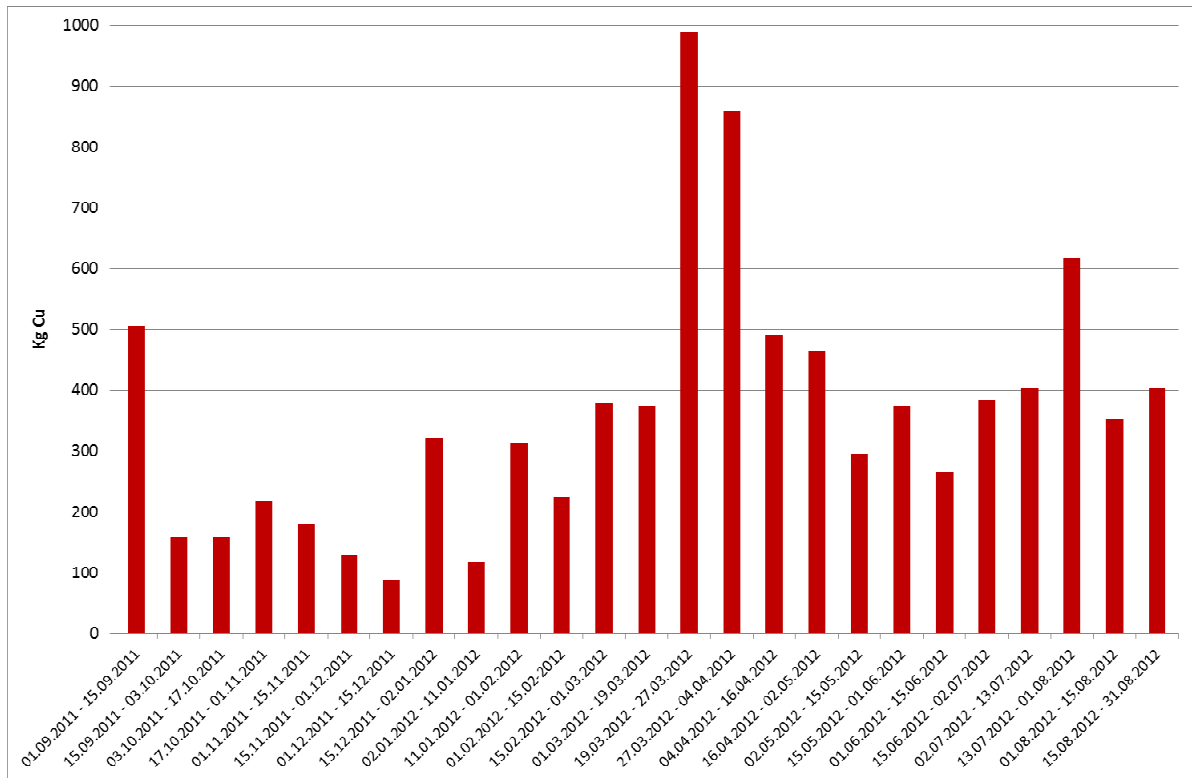
En ser at årstransporten avtok merkbart etter at tiltaksplanen ble satt i verk i 1992. Problemene med gjentetting av tilløpet gjennom synken i Gammelgruva og nødoverløp til Raubekken (2004-2005) førte til at transporten igjen ble omtrent den samme som i de siste årene før tiltaksplanen pga nødoverløp til Raubekken. I tillegg fikk en også økte tilførsler fra Wallenberg pumpe-stasjon. Etter at inngående drens vann ble overført til Gammelsjakta, førte dette til redusert transport i Raubekken igjen. En

vesentlig effekt i 2005-2006 var at det ikke lenger var noe nødoverløp fra Løkkensiden til Raubekken. I 2008-2009 var det nødvendig å lede avløpet fra grøfta i Stallgata og drensvannet fra Nordre berghald direkte til Raubekken i den perioden som pumpa i Wallenberg pumpestasjon ikke var i drift pga. driftshavari.

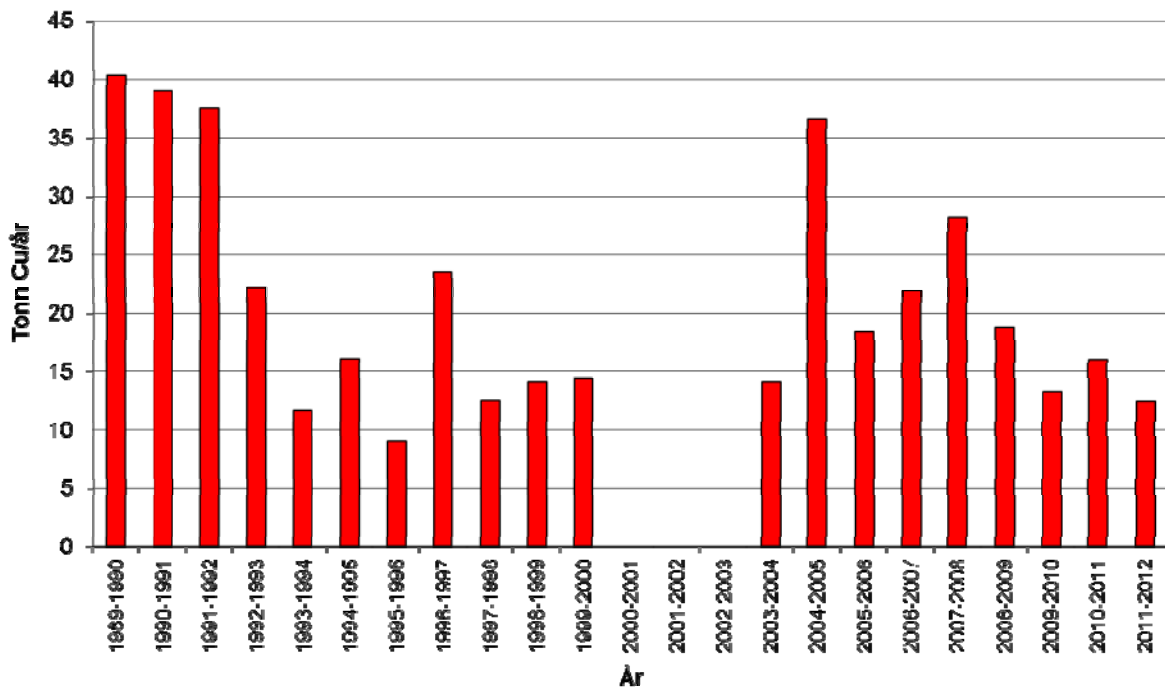
I tabell 18 er det gjort en beregning av transport for de viktigste komponenter innenfor hver prøvetakingsperiode for vannmengdeproporsjonale blandprøver. Årstransporten er beregnet ved å summere alle enkeltverdiene. I figur 53 det er gitt en grafisk fremstilling av kobbertransporten innenfor hver prøvetakingsperiode. En ser at de største tilførslene til Orkla skjedde under vårfloppen i annen halvdel av mars måned i 2012. En ser også at kobbertransporten varierte svært mye i løpet av året. 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 sigevann er det fortsatt slik at det vil være støbelastninger på Orkla når det er mye lokal nedbør. Figur 54 viser årstransporten for kobber i Raubekken siden 1990. Figuren er basert på at kobbertransporten er beregnet vha. tidsveiet årsmiddelverdi for konsentrasjon multiplisert med årsavrenning. Dette er gjort for sammenligningens skyld. Dette medfører noe avvik i forhold til å summere resultatene for døgnblandprøvene som er gjort tabellen under.

Tabell 18. Transport i Raubekken beregnet vha. vannmengdeproporsjonale blandprøver.

Prøvetakingsperiode	Vannmengde m ³	Al kg	Cd kg	Co kg	Cu kg	Fe kg	Mn kg	Ni kg	SO ₄ tonn	Zn kg
01.09.2011 - 15.09.2011	1116408	2367	2,2	26,8	506	2825	181	10,0	123	809
15.09.2011 - 03.10.2011	1232642	609	<1	8,8	159	1079	58	6,2	103	242
03.10.2011 - 17.10.2011	1525864	581	<1	9,2	159	999	72	7,6	124	270
17.10.2011 - 01.11.2011	1181183	943	1,2	15,4	217	1795	129	7,1	136	383
01.11.2011 - 15.11.2011	486351	1012	0,5	9,7	181	1897	78	3,4	72	214
15.11.2011 - 01.12.2011	800300	525	<0,8	11,2	130	1128	94	4,0	80	211
01.12.2011 - 15.12.2011	774418	324	1,5	16,3	86,7	578	119	6,2	96	348
15.12.2011 - 02.01.2012	1344987	1601	2,7	22,9	321	3295	191	9,4	126	651
02.01.2012 - 11.01.2012	425504	621	1,3	11,1	118	1094	76	4,3	51	312
11.01.2012 - 01.02.2012	890649	1496	1,78	24,9	314	3019	176	8,0	123	709
01.02.2012 - 15.02.2012	332591	1144	0,67	5,7	224	2065	32	2,3	24	359
15.02.2012 - 01.03.2012	1205107	1784	3,62	47,0	377	3206	328	12,1	251	1082
01.03.2012 - 19.03.2012	3705394	900	7,41	37,1	374	1760	348	14,8	192	1401
19.03.2012 - 27.03.2012	3648758	3196	12,4	116,8	989	7699	901	36,5	481	4160
27.03.2012 - 04.04.2012	2087561	1937	6,26	54,3	860	4112	315	16,7	181	2019
04.04.2012 - 16.04.2012	958243	682	4,22	34,5	490	1303	203	9,6	120	1246
16.04.2012 - 02.05.2012	1820275	1565	3,64	38,2	464	2767	235	12,7	129	1196
02.05.2012 - 15.05.2012	1309876	938	2,62	27,5	296	1598	176	10,5	89	901
15.05.2012 - 01.06.2012	1373114	1272	2,75	22,0	373	2485	133	6,9	102	860
01.06.2012 - 15.06.2012	1675199	491	1,68	14,2	266	657	83	6,7	62	536
15.06.2012 - 02.07.2012	1035193	1408	2,07	10,1	383	3364	128	5,2	45	315
02.07.2012 - 13.07.2012	511402	859	3,0	26,6	403	1212	151	7,7	80	895
13.07.2012 - 01.08.2012	817767	1447	4,7	40,9	617	1832	231	13,9	121	1349
01.08.2012 - 15.08.2012	594866	1648	3,0	23,8	352	2897	156	5,9	73	720
15.08.2012 - 31.08.2012	619646	1654	3,0	29,1	403	3730	164	8,7	89	812
Årssum 2011-2012	31473297	31004	72,2	684	9064	58398	4758	236	3072	21999



Figur 53. Koppertransport i Raubekken i 2011-2012.



Figur 54. Årstransport av kobber i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2012.

I tabell 19 har en sammenlignet årstransporten i Raubekken med tilførselen fra Bjørnlivatn i undersøkelsesperioden. Resultatene fram til 1.9.2012 viser at Løkkensiden fortsatt er den dominerende forurensningskilde i området når det gjelder metallene, men at tilførslene fra gruva via Bjørnlibekken bidrar med mye sulfat. Sett i forhold til fjorårets resultater var transporten mindre både i Raubekken og ved utløpet av Bjørnlivatn siste år. Det var overflatekalkingen av Bjørnlivatn som bidro til redusert transport fra Bjørnlivatn i store deler av året. Det ser ut til at årsaken til at transporten i Raubekken var mindre har sammenheng med at mer dremsvann ble samlet opp og ledet inn i gruva.

Tabell 19. Transport i Raubekken og ved utløp av Bjørnlivatn i 2011-2012.

Stasjon	SO ₄	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Kg
Raubekken	3072	31,0	58,4	9,06	22,0	72
Utløp Bjørnlivatn	1877	2,51	5,26	2,66	11,1	38
Differanse (= Løkkensiden)	1195	28,5	53,1	6,40	10,9	34

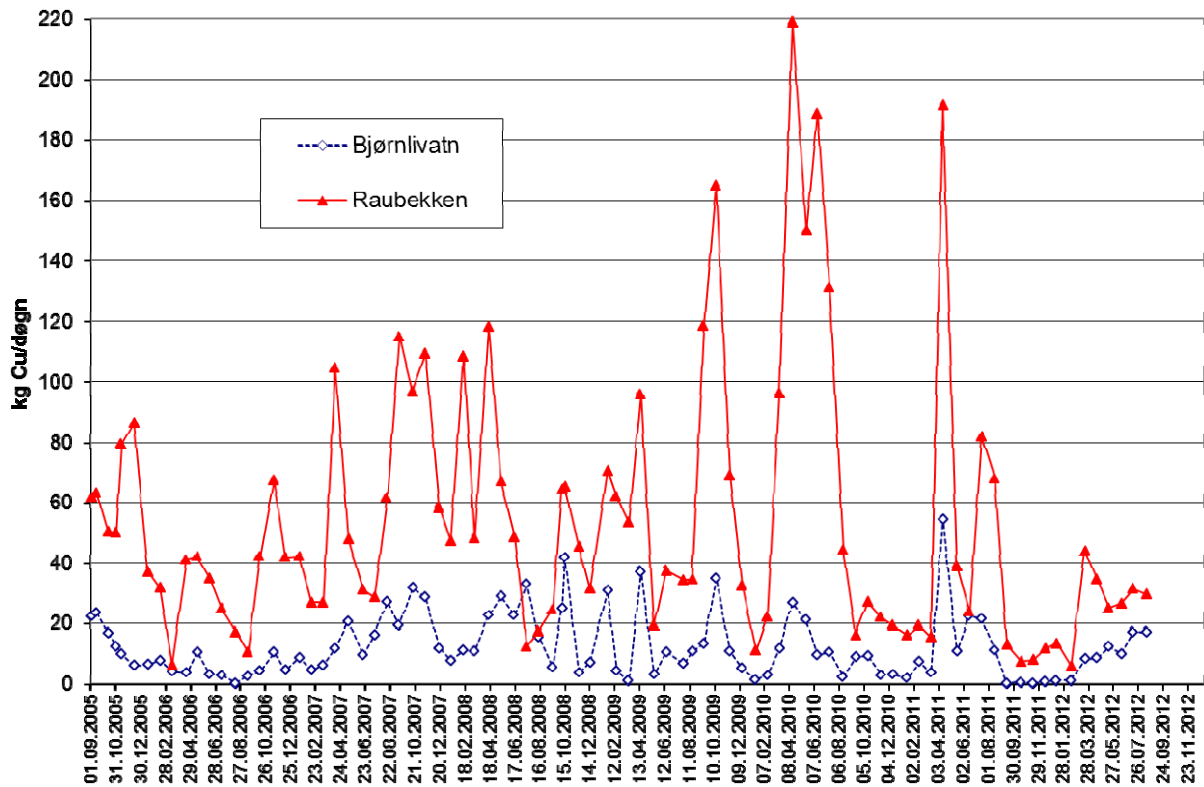
Ved hjelp av transportverdiene i tabell 19 og de tilsvarende transportverdiene for inngående vann til gruva (St. A, St. B og St. C) kan en anslå hvor stor andel av samlet materialtransport fra Løkkensiden som samles opp og ledes inn i gruva. I tabell 20 er det gjort en beregning av hvor effektivt dreneringstiltaket 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 dremsvann 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 20. Årlig virkningsgrad til dreneringstiltak på Løkkensiden.

	SO ₄	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
Oppsamlingsgrad i % i 2005-2006	21,5	29,3	53,9	36,1	15,1	21,5
Oppsamlingsgrad i % i 2006-2007	21,6	35,8	63,8	40,3	15,0	24,1
Oppsamlingsgrad i % i 2007-2008	18,7	23,3	55,2	30,4	11,7	15,6
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
Oppsamlingsgrad i % i 2011-2012	36,5	43,2	71,9	54,5	30,6	36,1

Beregningen viser at tiltaket er mest effektivt for jern og dårligst for sink, kadmium og aluminium. Dette har sammenheng med at bidraget fra Bjørnlivatnsiden har vært økende for sistnevnte metaller pga. fallende pH-verdier i Bjørnlivatn. Metaller som jern og kobber som tilføres Fagerlivatn og Bjørnlivatn felles ut for en stor del i innsjøene selv ved pH-verdier ned mot 3,3-3,5. Kalkingstiltaket som ble gjennomført i september 2011 førte til bedre utfelling av aluminium, sink og kadmium. Økt oppsamling av vann i grøfta i Stallgata og i dremsrørssystemet fra Nordre berghald er viktigste årsak til forbedret «virkningsgrad» siste år.

Figur 55 viser alle observasjonene av kobbertransport for hele perioden 2005-2012. En ser at kalkingstiltaket i september førte til en betydelig reduksjon i kobbertransporten fra Bjørnlivatn. Effekten varte helt til vårflommen i mars 2012. Etter den tid økte transporten igjen gradvis som følge av fallende pH-verdier.



Figur 55. Kobbertransport ved utløpet av Bjørnlivatn og i Raubekken 2005-2012.

Tabell 21 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 fordi overløpsprofilen er overskredet ved høye vannføringer.

Tabell 21. Den %-vise betydningen av tilførslene fra Bjørnlivatn av totaltransporten i Raubekken.

	Vann	SO ₄	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
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
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2011-2012	9,4	61,1	8,1	9,0	29,8	50,5	52,2

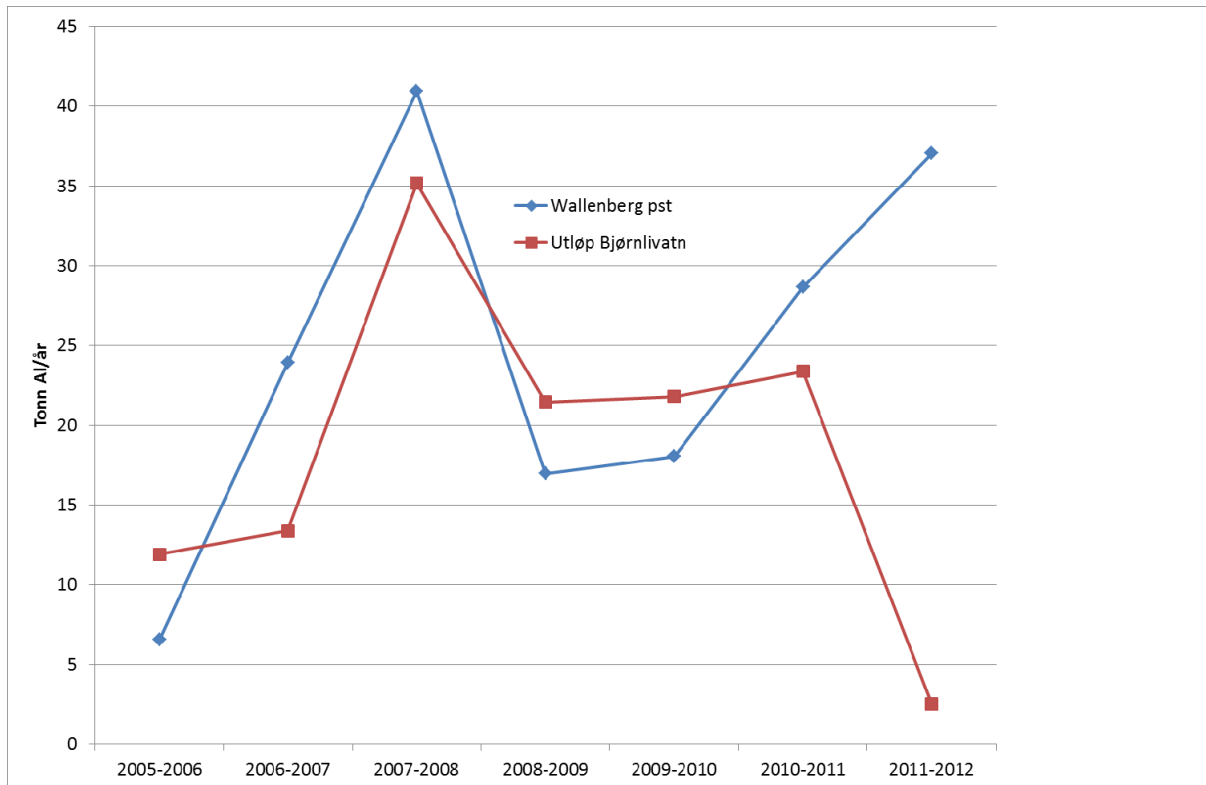
Det kan også være av interesse å følge med på hva som foregår i nedbørfeltet til Bjørnlivatn og spesielt se på hvor mye av tilførslene fra Wallenberg pumpestasjon som blir igjen i innsjøsystemet Fagerlivatn-Bjørnlivatn og hvor mye som transporteres videre til Raubekken. Resultatene som er vist grafisk i figur 56, figur 57, figur 58 og figur 59 viser i grove trekk at alle metaller bortsett fra jern i liten grad blir værende igjen i innsjøene. Mesteparten av jernet som kommer fra Wallenberg sjakt felles ut i innsjøene. En ser også at kalkingstiltaket i september 2011 ga en god effekt for alle metaller. Bildet er imidlertid egentlig mer komplisert da en også har flere forurensningskilder rundt Fagerlivatn, samt tilførsler fra sedimentene, noe som får økt betydning ved forsurening av innsjøene.



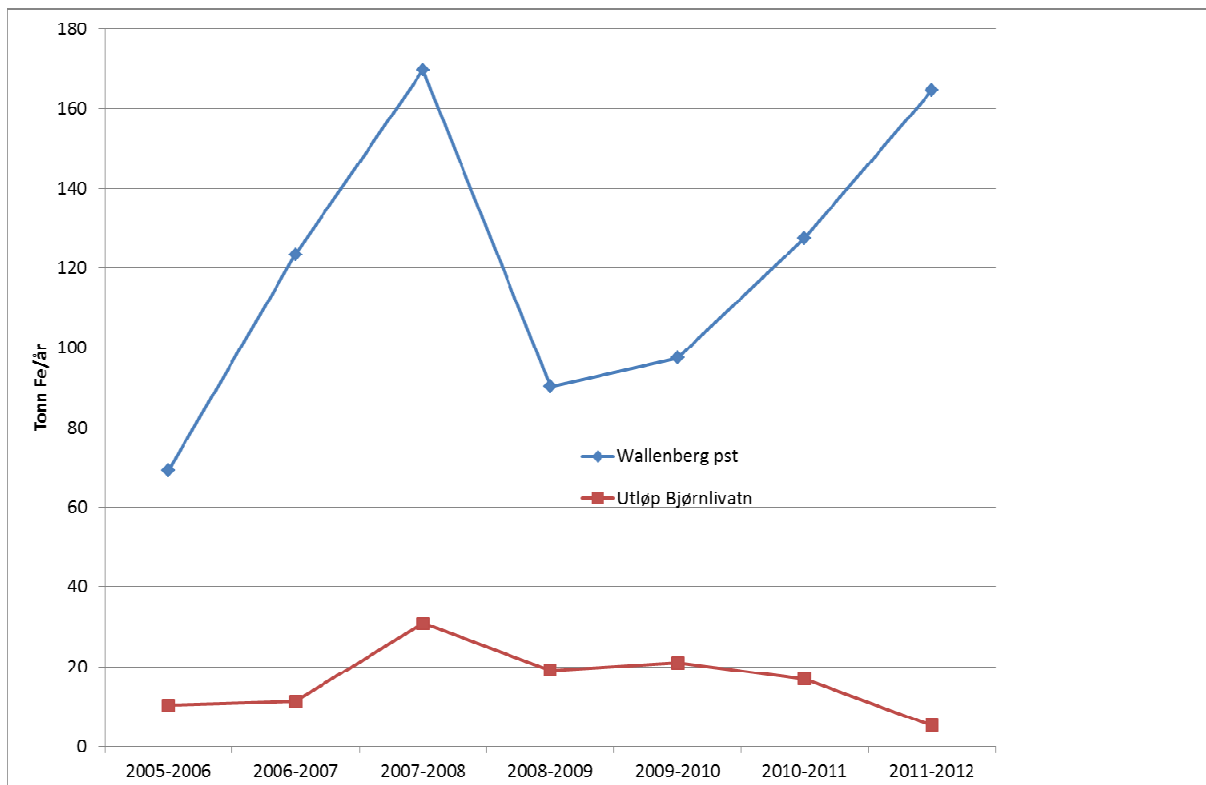
Figur 56. Årstransport av kobber fra Wallenberg pst og ved utløp av Bjørnlivatn.



Figur 57. Årstransport av sink fra Wallenberg pst og ved utløpet av Bjørnlivatn.



Figur 58. Årstransport av aluminium fra Wallenberg pst og ved utløpet av Bjørnlivatn.



Figur 59. Årstransport av jern fra Wallenberg pst og ved utløpet av Bjørnlivatn.

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 pumpe-stasjonen i Wallenberg sjakt ble satt i drift. Programmet har vært konsentrert om å føre tilsyn med vannkvaliteten til utgående vann fra gruva gjennom pumpe-stasjonen. 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 2011-2012 økte metalltransporten fra gruva igjen som følge av økte tilførsler av drensvann fra Løkken-siden..

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 synkende siste år, førte dette spesielt til økte 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. Resultatene fra den kontinuerlige overvåkingen av pH i utgående vann fra gruva viste at pH-verdiene falt mye etter vårflommen i 2012, noe som førte til økte kobberutslipp.

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 Løkken-siden 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. I kommende periode vil dette opplegget forbedres ytterligere da det planlegges å oksidere jernet før dosering av kalk. Dette vil føre til at en ikke lenger får utvikling av syre i innsjøene som følge av hydrolyse av jern.

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 i siste periode 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 og at hovedtransporten skjer på nivå 300.

I begynnelsen av september 2011 ble det gjennomført en overflatekalking av Bjørnlivatn for å teste beredskapen. Tiltaket viste seg effektivt og hadde en tilfredsstillende effekt fra til vårflommen i 2012.

Selv om tilførslene fra Bjørnlivatn-siden har økt en del de senere år er situasjonen likevel slik at det er avrenningen fra Løkken-siden som fortsatt betyr mest for tilførslene til Orkla. Det er imidlertid verdt å legge merke til at den relative betydningen av tilførslene fra Bjørnlivatn er økende og at det er nødvendig å gjennomføre en kontinuerlig kalking av utgående vann fra gruva for å ha kontroll på transporten av metaller fra Bjørnlivatn. 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 Løkken-siden. Slike anslag er usikre fordi en bare kan måle anslagene indirekte, men de indikerer likevel at omkring halvparten av metallavrenningen på Løkken-siden ikke fanges opp av dreneringstiltaket. Lekkasje er sannsynligvis størst når det gjelder drensvann fra Nordre berghald.

Det arbeides for tiden med å lage en ny tiltaksplan for Løkken gruveområde. Uavhengig av hva en velger som tiltaksløsning ser vi det som nødvendig å gjennomføre tiltak på Løkken-siden for å gjøre oppsamlingen av forurenset drensvann fra velteområdet på Løkken-siden mer effektiv, samt å lede bort rent overflatevann fra området. Slike arbeider ble påbegynt i 2012.

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. I 2011-2012 ble det ikke påvist kobberkonsentrasjoner over denne grensen. Dette har sammenheng med reduserte tilførsler fra Bjørnlivatn som følge av kalkingen og at større andeler av sigevannet fra veltene på Løkken-siden ble samlet opp.

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.

Iversen, E.R., 2012. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune. Undersøkelser i 2010-2011. NIVA-rapport, O-10402, L.nr. 6268-2011, 67 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 2011-2012

Tabell 22. Analyseresultater. Stasjon A – Stallgata pumpestasjon.

Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si	Telleverk	m ³ 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	m ³	forrige avlesn.
14.09.2011	2,39	512	4611	322	134	160	749	55,3	32,6	0,150	0,051	6,16	0,417	1,87	61,3	809501	5799
17.10.2011	2,45	490	4341	350	126	145	716	56,4	44,6	0,180	0,039	6,34	0,500	1,89	63,9	820942	11441
15.11.2011	2,29	491	4132	376	133	148	637	57,4	48,4	0,190	0,049	7,22	0,500	1,97	62,3	826799	5857
16.12.2011	2,47	478	3982	356	132	140	654	51,8	43,1	0,168	0,054	6,97	0,500	1,80	60,9	833203	6404
11.01.2012	2,50	473	3832	357	127	135	558	42,7	37,1	0,150	0,037	6,54	0,450	1,55	62,8	840559	7356
15.02.2012	2,57	472	4132	391	144	155	556	50,7	38,5	0,160	0,035	7,79	0,510	1,90	61,1	843388	2829
19.03.2012	2,39	545	4880	358	159	171	851	59,6	50,9	0,190	0,057	7,16	0,540	2,22	59,7	862299	18911
28.03.2012	Pumpestasjon stoppet. Ikke tatt prøve																
16.04.2012	2,63	314	2314	221	69,8	80,6	319	42,1	29,8	0,120	0,030	3,71	0,240	1,20	34,6	866475	4176
15.05.2012	2,44	431	3413	346	104	111	481	38,4	29,3	0,120	0,049	5,36	0,370	1,33	59,0	875678	9203
15.06.2012	2,47	440	3563	347	105	113	447	37,2	27,0	0,123	0,043	5,45	0,363	1,24	61,0	881213	5535
13.07.2012	2,51	425	3263	355	105	105	376	34,3	26,8	0,121	0,038	5,84	0,359	1,16	58,6	884560	3347
15.08.2012	2,58	411	3234	371	107	110	386	42,5	34,1	0,151	0,044	6,28	0,388	1,35	58,1	887562	3002
31.08.2012																889233	1671
Aritm.middel	2,47	457	3808	346	120	131	561	47,4	36,9	0,152	0,044	6,24	0,428	1,62	58,6	Sum:	85531
Maks.verdi	2,63	545	4880	391	159	171	851	59,6	50,9	0,190	0,057	7,79	0,540	2,22	63,9		
Min.verdi	2,29	314	2314	221	70	81	319	34,3	26,8	0,120	0,030	3,71	0,240	1,16	34,6		

Tabell 23. Analyseresultater. Stasjon B. Drensrør fra Nordre bergald.

Dato	pH	Kond	SO ₄	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
05.09.2011	2,37	391	3263	151	75,0	89,1	714	30,1	14,4	0,061	0,036	2,95	0,162	1,18	31,2	0,62
14.09.2011	2,45	316	2284	137	55,3	63,0	445	21,5	11,7	0,049	0,030	2,41	0,130	0,846	27,4	0,63
03.10.2011	2,48	355	2829	145	67,5	81,3	588	26,2	13,1	0,055	0,030	2,66	0,149	1,04	37,5	0,62
17.10.2011	2,37	475	4401	180	110	131	1010	43,6	22,6	0,086	0,048	4,22	0,260	1,82	36,0	2,74
02.11.2011	2,27	501	4970	182	124	147	1220	49,1	23,7	0,092	0,053	4,50	0,260	2,10	35,6	1,67
15.11.2011	2,19	514	5150	184	126	151	1270	49,9	23,9	0,095	0,055	4,64	0,270	2,19	35,6	1,23
01.12.2011	2,34	493	4790	173	124	144	1230	49,3	24,3	0,093	0,050	4,61	0,260	2,02	36,0	2,87
14.12.2011	2,33	520	5030	183	129	151	1330	50,9	25,2	0,094	0,063	4,81	0,270	2,22	35,1	1,52
02.01.2012	2,12	931	12096	274	295	362	3160	117,0	51,6	0,190	0,120	9,36	0,580	5,06	61,7	0,93
11.01.2012	2,34	537	5389	180	134	161	1370	52,8	25,5	0,092	0,050	4,77	0,300	2,31	35,2	1,44
01.02.2012	2,32	591	6557	185	156	193	1590	63,0	26,3	0,100	0,063	5,22	0,300	2,67	36,0	0,89
15.02.2012	2,32	597	6557	195	158	194	1590	62,9	26,6	0,110	0,068	5,33	0,300	2,70	35,3	0,74
01.03.2012	2,17	810	9701	224	266	341	2510	103,0	46,3	0,190	0,088	8,40	0,480	4,09	51,2	3,88
19.03.2012	2,34	500	4910	162	123	147	1230	52,6	23,9	0,089	0,066	4,07	0,230	2,17	28,3	6,74
28.03.2012	2,37	754	5090	170	113	134	1300	51,2	22,5	0,088	0,061	3,82	0,240	2,07	30,1	4,23
16.04.2012	2,21	692	8323	213	188	231	2100	82,9	32,3	0,130	0,078	5,83	0,340	3,29	41,4	2,07
02.05.2012	2,40	398	3443	165	85,0	98,7	805	37,8	18,7	0,068	0,054	3,13	0,180	1,51	28,1	4,71
15.05.2012	2,39	408	3593	171	87,8	102	828	38,7	18,9	0,074	0,064	3,18	0,180	1,56	28,9	2,62
01.06.2012	2,29	559	6048	105	137	167	1470	58,8	25,6	0,100	0,063	4,56	0,270	2,44	34,8	0,97
14.06.2012	2,32	503	4970	182	115	138	1220	48,2	23,4	0,090	0,055	4,09	0,23	2,08	34,5	1,19
02.07.2012	2,38	451	4072	167	97,0	115	970	40,0	20,5	0,079	<0,1	3,70	0,190	1,74	31,9	1,41
13.07.2012	2,39	439	4012	165	92,9	110	911	37,4	18,9	0,076	0,039	3,44	0,190	1,57	32,0	1,05
02.08.2012	2,33	449	4102	168	98,0	115	988	38,9	18,8	0,071	0,043	3,59	0,200	1,61	34,0	0,73
15.08.2012	2,47	369	3024	148	75,6	84,8	681	28,9	14,2	0,059	0,035	3,02	0,158	1,18	29,8	0,89
31.08.2012	2,31	485	4671	192	110	130	1080	43,0	22,6	0,087	0,06	4,26	0,24	1,83	38,3	0,68
Aritm.middel	2,33	522	5171	176	126	151	1264	51,1	23,8	0,093	0,057	4,42	0,255	2,13	35,4	1,88
Maks.verdi	2,48	931	12096	274	295	362	3160	117	51,6	0,190	0,120	9,36	0,580	5,06	61,7	6,74
Min.verdi	2,12	316	2284	105	55,3	63,0	445	21,5	11,7	0,049	0,030	2,41	0,130	0,85	27,4	0,62

Tabell 24. Analyseresultater. Stasjon C – Grøft i Gammelgruva

Dato	pH	Kond	SO ₄	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
05.09.2011	2,40	835	12096	294	534	533	2580	173	118	0,467	0,130	17,4	1,10	7,90	37,4	0,56
14.09.2011	2,42	736	10060	303	439	432	2180	143	99,3	0,388	0,100	14,9	1,00	6,62	38,2	1,02
03.10.2011	2,49	795	11018	306	501	504	2340	160	110	0,433	0,100	15,9	1,10	7,41	37,5	0,70
17.10.2011	2,50	745	10269	297	445	440	2140	142	97,8	0,371	0,097	14,4	1,00	6,70	38,1	1,34
02.11.2011	2,34	831	12395	308	543	547	2700	176	123	0,465	0,120	17,6	1,20	8,40	39,2	1,03
15.11.2011	2,34	908	13234	307	597	591	2860	189	132	0,502	0,150	18,7	1,20	9,00	38,2	0,84
01.12.2011	2,42	810	10898	310	482	471	2650	163	109	0,404	0,150	15,8	1,12	7,67	39,7	1,78
14.12.2011	2,45	921	13204	297	624	593	3160	195	138	0,503	0,170	19,4	1,29	9,68	37,2	1,37
02.01.2012	2,12	931	12904	292	592	564	2920	182	127	0,462	0,15	18,1	1,20	9,16	36,9	2,24
11.01.2012	2,50	1029	15719	292	728	689	3600	220	154	0,555	0,160	21,5	1,41	11,4	38,1	0,65
01.02.2012	2,50	1137	18832	305	869	851	4190	268	175	0,666	0,180	25,2	1,60	13,3	37,4	0,39
15.02.2012	2,51	1187	19611	301	919	907	4370	283	183	0,691	0,190	26,2	1,61	13,9	36,5	0,37
01.03.2012	2,39	967	15539	326	617	641	3880	222	130	0,470	0,170	20,2	1,30	10,9	44,4	2,37
19.03.2012	2,44	1020	15569	281	702	711	3860	227	142	0,505	0,160	21,1	1,30	11,5	38,0	2,02
28.03.2012	2,23	628	10359	255	423	414	2520	141	87,0	0,320	0,077	13,2	0,88	6,84	32,7	9,01
16.04.2012	2,43	1200	21377	287	920	881	5170	297	170	0,659	0,160	25,9	1,59	14,6	37,2	1,12
02.05.2012	2,40	845	11796	262	531	519	2710	170	111	0,401	0,210	15,9	1,00	8,47	33,6	1,69
15.05.2012	2,43	880	12665	268	564	562	2870	185	120	0,442	0,200	17,0	1,00	9,03	32,6	1,11
01.06.2012	2,39	1033	16707	290	777	744	3890	236	161	0,604	0,180	22,3	1,36	12,1	35,0	0,63
14.06.2012	2,41	932	14461	285	656	649	3140	208	139	0,518	0,170	19,3	1,20	10,2	35,0	0,73
02.07.2012	2,45	934	13593	290	637	606	3010	194	135	0,498	0,150	18,7	1,10	9,70	34,7	0,59
13.07.2012	2,51	882	13024	288	577	557	2790	179	125	0,47	0,130	17,3	1,10	8,89	35,3	0,88
02.08.2012	2,46	858	12485	295	551	538	2660	177	120	0,461	0,100	16,7	1,10	8,41	34,2	1,19
15.08.2012	2,48	826	11437	298	512	497	2410	164	112	0,398	0,130	15,6	0,98	7,75	34,6	0,59
31.08.2012	2,45	812	11347	295	499	508	2420	162	110	0,421	0,160	15,5	1,00	7,65	35,6	0,57
Gj.snitt	2,42	907	13624	293	610	598	3081	194	129	0,483	0,148	18,6	1,19	9,49	36,7	1,39
Maks.verdi	2,51	1200	21377	326	920	907	5170	297	183	0,691	0,210	26,2	1,61	14,60	44,4	9,01
Min.verdi	2,12	628	10060	255	423	414	2140	141	87,0	0,320	0,077	13,2	0,88	6,62	32,6	0,37

Tabell 25. Analyseresultater. Avløp fra Wallenberg pumpestasjon.

Dato	Telleverk	Utpumpet fra	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Pb
	m ³	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
14.09.2011	851009	33242	3,21	324	2488	395	136	59,0	300	7,55	31,7	0,103	4,60	0,217	0,978	30,3	0,065
17.10.2011	889113	38104	3,36	331	2584	407	142	60,4	276	6,53	36,8	0,100	4,87	0,280	1,040	31,4	0,080
11.11.2011	924677	35564	3,03	338	2302	386	135	53,8	251	5,46	31,8	0,087	4,51	0,213	0,945	29,1	0,065
16.12.2011	976128	51451	3,49	323	2195	372	130	52,8	283	5,85	31,6	0,085	4,52	0,217	0,940	29,1	0,052
15.02.2012	1053656	77528	3,37	327	2407	390	133	61,9	265	9,24	30,6	0,087	4,46	0,214	0,957	31,3	0,053
19.03.2012	1103881	50225	3,46	317	2003	375	124	58,0	250	8,75	30,4	0,083	4,37	0,199	0,912	30,6	0,064
27.03.2012	1120935	17054	3,77	336	2323	367	125	58,9	274	14,0	29,3	0,092	4,27	0,210	0,949	30,1	0,059
16.04.2012	1173505	52570	2,98	339	2299	356	118	58,6	268	31,6	28,2	0,134	4,13	0,215	0,996	27,6	0,100
15.05.2012	1245609	72104	2,54	350	2497	383	131	64,7	272	23,4	35,1	0,130	4,61	0,230	1,130	29,6	0,100
15.06.2012	1319380	73771	2,69	365	2365	379	128	62,4	187	19,5	32,2	0,130	4,46	0,224	1,050	30,7	0,088
13.07.2012	1382012	62632	2,95	336	2416	378	129	60,7	276	14,1	32,3	0,120	4,42	0,217	1,010	30,8	0,076
15.08.2012	1442389	60377	2,96	338	2296	378	132	58,2	233	10,7	32,2	0,112	4,44	0,212	1,010	29,9	0,075
31.08.2012	1446011	3622															
	2011-2012:	628244															

Tabell 26. Analyseresultater. Utløp Bjørnlivatn.

Prøve tatt	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
14.09.2011	10,80	123,1	673,7	263	3,41	0,031	0,379	0,032	0,0712	<0,01	0,001	0,0172	<0,004	0,003	2,12	152,6
17.10.2011	7,70	118,0	694,6	242	13,5	0,088	0,305	0,044	0,175	<0,01	0,001	0,155	0,008	0,018	2,59	164,8
15.11.2011	6,13	118,2	709,6	237	21,2	0,020	0,501	0,082	1,70	0,01	0,0062	0,571	0,020	0,074	3,24	47,2
16.12.2011	6,09	126,0	715,6	232	26,5	0,051	0,513	0,192	3,28	0,02	0,011	0,784	0,030	0,112	3,94	46,5
11.01.2012	6,19	115,2	640,7	206	26,0	0,192	0,673	0,255	3,39	<0,01	0,011	0,793	0,031	0,120	4,11	54,5
15.02.2012	6,19	127,2	733,5	232	29,7	0,035	0,213	0,203	3,74	<0,01	0,012	0,877	0,032	0,129	4,23	68,7
19.03.2012	5,47	108,0	559,9	178	26,0	0,181	1,15	0,539	4,38	0,01	0,014	0,843	0,028	0,134	4,40	181,6
16.04.2012	4,17	90,0	473,1	140	21,3	0,952	1,78	1,12	4,31	<0,01	0,014	0,724	0,035	0,124	4,22	90,5
15.05.2012	3,92	102,0	586,8	167	26,8	1,29	2,96	1,73	5,74	0,01	0,019	0,916	0,043	0,167	4,84	83,1
15.06.2012	3,57	123,0	700,6	172	30,3	2,11	5,39	2,33	6,49	0,02	0,023	1,03	0,048	0,192	6,15	50,6
13.07.2012	3,64	129,3	733,5	192	35,6	3,57	7,80	3,00	7,64	0,01	0,028	1,20	0,056	0,231	7,12	66,5
15.08.2012	3,56	133,6	736,5	195	36,5	4,85	2,50	3,10	8,16	0,02	0,029	1,28	0,058	0,244	7,16	63,9
30.08.2012	3,46	138,6	787,4	201	38,0	4,72	1,61	3,04	8,01	0,01	0,029	1,27	0,058	0,244	7,46	39,2
Gj.snitt	5,45	119,4	672,7	204	25,8	1,39	1,98	1,21	4,39	<0,01	0,014	0,805	0,033	0,138	4,74	85,4
Maks.verdi	10,80	138,6	787,4	263	38,0	4,85	7,80	3,10	8,16	0,02	0,029	1,28	0,058	0,244	7,46	181,6
Min.verdi	3,46	90,0	473,1	140	3,41	0,02	0,21	0,03	0,07	<0,01	<0,001	0,017	<0,004	0,003	2,12	39,20

Tabell 27. Analyseresultater. Prøvesnitt i Wallenberg sjakt.

Dato	Nivå	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Pb mg/l	Temp gr.C
27.03.2012	160	3,77	296	2251	373	127	58,1	277	13,5	29,9	0,091	4,30	0,207	0,946	31,0	0,058	10,7
	200	3,27	361	2868	442	150	73,3	343	18,3	37,0	0,118	5,39	0,259	1,20	34,8	0,062	10,7
	300	3,25	405	3024	442	153	76,4	349	20,0	36,5	0,12	5,39	0,264	1,23	35,6	0,068	10,8
	340	5,76	573	2817	464	603	8,04	158	2,15	5,09	0,015	5,57	0,028	0,177	15,2	0,030	12,8
	380	5,89	694	4731	455	955	8,13	484	2,03	4,80	0,013	8,02	0,049	0,283	15,9	0,030	13,5
	430	5,53	1770	24521	454	1990	13,8	8990	2,80	631	0,03	68,2	0,990	13,5	14,6	<0,010	13,6
Dato	Nivå	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Pb mg/l	Temp gr.C
20.06.2012	160	3,55	308	2347	368	129	58,5	294	17,0	32,6	0,125	4,41	0,223	1,05	29,9	0,078	10,9
	200	3,57	327	2347	366	126	58,2	289	17,0	32,4	0,124	4,39	0,221	1,05	29,3	0,073	10,9
	300	3,11	394	2943	454	158	77,4	372	22,3	42,1	0,164	5,70	0,281	1,34	34,8	0,100	11,0
	340	5,82	483	2808	484	560	4,34	101	1,41	4,62	0,016	5,16	0,042	0,233	15,8	0,030	11,8

Tabell 28. Orkla ved Vormstad.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l	Fe µg/l	Al µg/l
14.09.2011	3,49	4,49	150	65,3
17.10.2011	4,95	8,37	126	58,9
15.11.2011	3,05	7,20	100	43,1
15.12.2011	3,10	6,90	61	36,3
11.01.2012	2,95	7,67	64	35,8
15.02.2012	2,37	7,24	68	37,6
19.03.2012	6,17	25,2	120	76,8
16.04.2012	6,56	21,8	74	45,9
15.05.2012	3,01	3,19	190	113
15.06.2012	3,64	5,26	86	56,6
13.07.2012	2,15	2,90	381	243
15.08.2012	3,67	6,19	332	216

Tabell 29. Analyseresultater. Raubekken ved inntak kraftverk.

Dato	pH	Kond	SO ₄	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
14.09.2011	6,26	19,3	66,5	28,9	1,51	0,969	0,122	0,158	<1	0,038	<0,004	0,004	0,492	1,89	1250
17.10.2011	6,19	31,8	134,7	48,2	4,03	2,01	0,290	0,384	<1	0,089	0,006	0,013	1,04	2,64	308
15.11.2011	6,35	32,1	134,7	47,6	5,27	2,10	0,283	0,525	1,0	0,151	0,008	0,021	1,10	2,86	332
15.12.2011	5,97	34,1	134,4	47,1	6,12	2,47	0,337	0,772	2,0	0,191	0,009	0,028	1,18	3,21	412
11.01.2012	6,91	28,8	116,2	39,5	5,60	2,57	0,327	0,756	3,0	0,177	0,009	0,026	1,40	3,07	479
15.02.2012	6,54	54,1	238,0	79,8	10,8	1,33	0,211	1,21	3,0	0,306	0,010	0,044	0,774	3,26	339
19.03.2012	6,05	30,7	115,3	39,0	5,81	1,44	0,284	1,02	3,0	0,185	0,010	0,031	0,728	2,69	1807
16.04.2012	5,09	26,6	106,0	32,1	5,25	3,35	0,550	1,17	3,9	0,194	0,010	0,034	1,51	3,01	733
15.05.2012	6,15	14,6	54,2	18,1	2,92	1,26	0,246	0,598	2,0	0,099	0,006	0,019	0,700	1,84	1186
15.06.2012	5,38	24,8	100,9	30,4	5,26	2,42	0,558	1,14	3,5	0,196	0,010	0,034	1,39	2,58	554
13.07.2012	5,54	35,4	156,0	45,9	8,18	2,37	0,788	1,75	5,9	0,296	0,015	0,052	1,68	3,38	464
15.08.2012	5,61	36,7	156,9	47,8	8,62	2,19	0,776	1,78	6,3	0,304	0,017	0,054	1,79	3,41	443
Gj.snitt	6,00	30,8	126,1	42,0	5,78	2,04	0,398	0,94	2,9	0,185	0,010	0,030	1,15	2,82	692
Maks.verdi	6,91	54,1	238,0	79,8	10,80	3,35	0,788	1,78	6,3	0,306	0,017	0,054	1,79	3,41	1807
Min.verdi	5,09	14,6	54,2	18,1	1,51	0,969	0,122	0,158	<1	0,038	0,006	0,004	0,492	1,84	308

Tabell 30. Analyseresultater. 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
01.09.2011 - 15.09.2011	14	2,12	36,2	0,002	0,024	0,453	2,53	4,89	0,162	0,009	<0,01	36,8	2,89	0,725
15.09.2011 - 03.10.2011	18	0,494	32,6	<0,001	0,0071	0,129	0,875	2,26	0,047	0,005	<0,01	27,8	2,42	0,196
03.10.2011 - 17.10.2011	14	0,381	32,4	<0,001	0,0060	0,104	0,655	2,53	0,047	0,005	<0,01	27,2	2,36	0,177
17.10.2011 - 01.11.2011	15	0,798	42,5	0,001	0,013	0,184	1,52	3,92	0,109	0,006	<0,01	38,4	2,53	0,324
01.11.2011 - 15.11.2011	14	2,08	51,7	0,001	0,020	0,372	3,90	5,67	0,160	0,007	<0,01	49,2	3,12	0,441
15.11.2011 - 01.12.2011	16	0,656	36,9	<0,001	0,014	0,162	1,41	4,16	0,118	0,005	<0,01	33,3	2,66	0,264
01.12.2011 - 15.12.2011	14	0,418	44,8	0,0020	0,021	0,112	0,747	5,23	0,154	0,008	<0,01	41,4	2,74	0,450
15.12.2011 - 02.01.2012	18	1,19	33,2	0,0020	0,017	0,239	2,45	4,3	0,142	0,007	<0,01	31,2	2,66	0,484
02.01.2012 - 11.01.2012	9	1,46	40,3	0,0030	0,026	0,278	2,57	5,69	0,178	0,010	<0,01	40,2	3,23	0,733
11.01.2012 - 01.02.2012	21	1,68	46,7	0,0020	0,028	0,352	3,39	6,53	0,198	0,009	<0,01	46,1	3,31	0,796
01.02.2012 - 15.02.2012	14	3,44	20,9	0,0020	0,017	0,674	6,21	6,02	0,095	0,007	<0,01	23,7	3,29	1,08
15.02.2012 - 01.03.2012	14	1,48	65,7	0,0030	0,039	0,313	2,66	9,29	0,272	0,010	<0,01	69,6	3,28	0,898
01.03.2012 - 19.03.2012	18	0,243	20,1	0,0020	0,010	0,101	0,475	2,94	0,094	0,004	<0,01	17,3	1,99	0,378
19.03.2012 - 27.03.2012	8	0,876	43,0	0,0034	0,032	0,271	2,11	6,40	0,247	0,010	<0,01	44,0	2,74	1,14
27.03.2012 - 04.04.2012	8	0,928	28,1	0,0030	0,026	0,412	1,97	4,15	0,151	0,008	<0,01	29,0	2,28	0,967
04.04.2012 - 16.04.2012	12	0,712	37,7	0,0044	0,036	0,511	1,36	5,96	0,212	0,010	<0,01	41,9	2,84	1,30
16.04.2012 - 02.05.2012	16	0,860	23,2	0,0020	0,021	0,255	1,52	3,6	0,129	0,007	<0,01	23,7	2,39	0,657
02.05.2012 - 15.05.2012	13	0,716	22,4	0,0020	0,021	0,226	1,22	3,51	0,134	0,008	<0,01	22,7	2,11	0,688
15.05.2012 - 01.06.2012	17	0,926	21,7	0,0020	0,016	0,272	1,81	3,54	0,097	0,005	<0,01	24,7	2,13	0,626
01.06.2012 - 15.06.2012	14	0,293	13,5	0,0010	0,009	0,159	0,39	2,09	0,050	0,004	<0,01	12,4	1,59	0,320
15.06.2012 - 02.07.2012	16	1,36	16,6	0,0020	0,010	0,370	3,25	2,70	0,124	0,005	<0,01	14,6	1,98	0,304
02.07.2012 - 13.07.2012	11	1,680	45,9	0,0059	0,052	0,788	2,37	8,18	0,296	0,015	<0,01	52,1	3,38	1,75
13.07.2012 - 01.08.2012	19	1,77	43,8	0,0057	0,050	0,755	2,24	7,88	0,282	0,017	0,01	49,3	3,18	1,65
01.08.2012 - 15.08.2012	14	2,77	38,4	0,0050	0,040	0,592	4,87	6,73	0,262	0,010	<0,01	41,1	3,21	1,21
15.08.2012 - 31.08.2012	16	2,67	39,8	0,0049	0,047	0,650	6,02	7,27	0,265	0,014	<0,01	48,2	3,53	1,31

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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