

# Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune. Undersøkelser i perioden 1.9.2012 – 31.8.2013



# RAPPORT

**Hovedkontor**

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

**NIVA Region Sør**

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

**NIVA Region Innlandet**

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

**NIVA Region Vest**

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

**NIVA Region Midt-Norge**

Høgskoleringen 9  
7034 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 1.9.2012 – 31.8.2013	Løpenr. (for bestilling) 6613-2014	Dato 09.01.2014
	Prosjektnr. Undernr. O-12388	Sider Pris 61
Forfatter(e)  Thyve, Anette Haug Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA

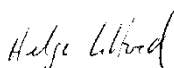
Oppdragsgiver(e) Direktoratet for mineralforvaltning	Oppdragsreferanse Best.nr 19/2012
---	--------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>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 2012-2013 tyder på at metalltilførslene fra Wallenberg gruve fortsatt er økende, selv om en liten reduksjon er observert siden 2011/2012. Denne reduksjon har trolig oppstått pga lite nedbør i 2012/2013. 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 fra gruva via Fagerlivatn/Bjørnlivatn. I det hydrologiske året 2012-2013 ble metalltransporten til Orkla anslått til 8 tonn kobber, 14 tonn sink, 65 tonn jern, 40 tonn aluminium og 44 kg kadmium. Vannkvaliteten i Orkla er fortsatt tilfredsstillende i forhold til målsettingen fra 1991 (årsmiddel &lt;10 µg Cu/l). Det ble ikke påvist kobberkonsentrasjoner over denne grense i 2012-2013. Metalltilførslene fra Løkken gruveområde var en del lavere i 2011-2012 og 2012-2013 pga. kalking av Bjørnlivatn og økt oppsamling av drens vann fra velteområdet i Løkken sentrum.</p>
--

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



Anette Thyve  
Prosjektleder



Helge Liltved  
Forskningsleder



Claus Beier  
Forskningsdirektør

O-12388

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

Undersøkelser i perioden 1.9.2012 – 31.8.2013

## Forord

NIVA utfører kontrollmålinger i Løkken gruveområde på oppdrag fra Direktoratet for mineralforvaltning med Bergmesteren for Svalbard. Oppdraget er en kontinuerlig fortsettelse av et utvidet kontrollprogram fra 2005. Vår kontaktperson har vært Senioringeniør Siv-Christin Taftø.

NIVAs instrumentsentral 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.

Oppdal, januar 2014

*Anette Thyve*

---

# Innhold

<b>Oversikt figurer og tabeller</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
<b>2. Undersøkellesprogram</b>	<b>11</b>
2.1 Prøvetaking og analyse	11
<b>3. Resultater</b>	<b>13</b>
3.1 Hydrologi, klima og vannstrøm	13
3.2 Vannkvalitet på Løkken-siden	15
3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon	15
3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald	16
3.2.3 Stasjon C. Drensrøft i Gammelgruva	18
3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatn-siden	20
3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt	20
3.3.2 Utløp Fagerlivatn	28
3.3.3 Utløp Bjørnlivatn	29
3.3.4 Astrup gruveområde	30
3.4 Vassdragsstasjoner	31
3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk	31
3.4.2 Orkla ved Vormstad	34
<b>4. Massebalanser</b>	<b>37</b>
4.1 Vannbalanse	37
4.1.1 Bjørnlivatn – Raubekken	37
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve	38
4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve	43
4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene	46
<b>5. Samlet vurdering</b>	<b>53</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>55</b>
<b>Vedlegg A. Analyseresultater 2012-2013</b>	<b>56</b>

---

## Oversikt figurer og tabeller

<b>Figur 1.</b> Beliggenheten til Løkken gruveområde i Orklavassdraget. (Løkken Verk 1654-1954 - En norsk grube gjennom 300 år. Orkla Grube- Aktiebolag, 1954).	10
<b>Figur 2.</b> Kart over gruveområdet med markering av prøvetakingsstasjoner i perioden 2005-2013. Stasjonsnavn i <b>Tabell 1</b> .	12
<b>Figur 3.</b> Månedlige nedbørhøyder og normaler ved DNMI 66620 Rennebu i 2012-2013.	13
<b>Figur 4.</b> Gruveinngangen til Gammelgruva.	13
<b>Figur 5.</b> Lufttemperatur ved Gammelgruva i 2012-2013.	14
<b>Figur 6.</b> Nedbørstype ved Rennebu målestasjon 2012-2013.	14
<b>Figur 7.</b> pH-verdier ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2013.	15
<b>Figur 8.</b> Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2013.	16
<b>Figur 9.</b> Jernkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992–2013.	16
<b>Figur 10.</b> pH-verdier ved stasjon B, dremsvann fra Nordre berghald 1992 – 2013.	17
<b>Figur 11.</b> Kobber- og sinkverdier ved stasjon B, dremsvann fra Nordre berghald 1992 – 2013.	18
<b>Figur 12.</b> Jernkonsentrasjoner ved stasjon B, dremsvann fra Nordre berghald 1992 – 2013.	18
<b>Figur 13.</b> pH-verdier ved Stasjon C, Grøft i Gammelgruva 1992-2013.	19
<b>Figur 14.</b> Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved Stasjon C, Grøft i Gammelgruva 1992-2013.	19
<b>Figur 15.</b> Jernkonsentrasjoner ved Stasjon C, Grøft i Gammelgruva 1992-2013.	20
<b>Figur 16.</b> Laboratoriemålinger av pH i prøver fra Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.	21
<b>Figur 17.</b> Online målinger av pH og konduktivitet i utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon i 2012-2013 (døgnmiddelverdier) når pumpestasjonen er i drift og pumper ut vann fra gruva.	22
<b>Figur 18.</b> Vannstand i Wallenberg gruve 2012-2013 med markering av prøvetakingstidspunkt for utgående vann fra pumpestasjonen. Prøvetidspunkt er markert med firkanter. Firkant uten farge har ukjent vannstand.	22
<b>Figur 19.</b> Kobberkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.	23
<b>Figur 20.</b> Jernkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.	23
<b>Figur 21.</b> Aluminiumkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.	23
<b>Figur 22.</b> Årsmiddelverdier for sulfat og konduktivitet ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.	24
<b>Figur 23.</b> pH-observasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2012. Ingen målinger gjort i 2013.	25
<b>Figur 24.</b> Kobberkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2012. Ingen målinger gjort i 2013.	25
<b>Figur 25.</b> Jernkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2012. Ingen målinger gjort i 2013.	25
<b>Figur 26.</b> pH-observasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012. Ingen målinger gjort i 2013.	26
<b>Figur 27.</b> Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012. Ingen målinger gjort i 2013.	26
<b>Figur 28.</b> Jernkonsentrasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012. Ingen målinger gjort i 2013.	26
<b>Figur 29.</b> Kalsium- og magnesiumkonsentrasjoner ved Wallenberg pst 1992-2013.	27
<b>Figur 30.</b> Årsmiddelverdier for aluminium ved utløpet av Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.	27
<b>Figur 31.</b> pH-verdier ved utløpet av Fagerlivatn 2005-2013.	28
<b>Figur 32.</b> Kontinuerlige pH- og konduktivitetsmålinger ved utløpet av Bjørnlivatn i 2012-2013.	30
<b>Figur 33.</b> Lensesystemet i Astrup gruve.	31
<b>Figur 34.</b> Årsmiddelverdier for pH og jern i Raubekken 1989-2013.	33
<b>Figur 35.</b> Årsmiddelverdier for kobber og sink i Raubekken 1989-2013.	33
<b>Figur 36.</b> Kontinuerlige pH- og konduktivitetsmålinger ved målestasjonen i Raubekken i 2012-2013.	34
<b>Figur 37.</b> Tidsveiede årsmiddelverdier for kobber i Orkla ved Vormstad 1989-2013.	34
<b>Figur 38.</b> Kobberobservasjoner i Orkla ved Vormstad 1991-2013.	35
<b>Figur 39.</b> Tidsveiede middelverdier for aluminium hydrologiske år 2005-2013.	36
<b>Figur 40.</b> Døgnmiddelvannføringer i Raubekken i 2012 – 2013.	37
<b>Figur 41.</b> Døgnmiddelvannføringer ved utløpet av Bjørnlivatn i 2012-2013.	37

<b>Figur 42.</b> Stasjon A. Stallgata pumpestasjon. Utpumpet vannmengde i 2012-2013. Skravert søyle har usikker verdi på grunn av pumpehavari i perioden.....	39
<b>Figur 43.</b> Døgnmiddelvannføring ved stasjonene B og C i 2012-13 med markering av prøvetakinger. Stasjon C er estimert på bakgrunn av data fra Stasjon B fra og med 5.7.13 til og med 31.8.13.....	40
<b>Figur 44.</b> Pumping av vann fra Astrup gruve til Wallenberg gruve i 2012-2013 (Kilde: Nammo NAD). ..	40
<b>Figur 45.</b> Pumping av gruvevann fra Wallenberg pst i 2012-2013.....	41
<b>Figur 46.</b> Årlig utpumpet vannmengde fra Wallenberg gruve for alle hydrologiske år 1992-2013.....	41
<b>Figur 47.</b> Vannbalanse på Løkkengruva i 2012-2013. Fordeling på kilder i %.....	42
<b>Figur 48.</b> % -vis fordeling av tilførsler for hvert av metallene og sulfat inn i gruva. ....	45
<b>Figur 49.</b> Kobbertransport i Raubekken i 2012-2013. Søylene er markert med antall dager målingen er gjort for.....	48
<b>Figur 50.</b> Årstransport av kobber i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2013.....	49
<b>Figur 51.</b> Kobbertransport ved utløpet av Bjørnlivatn og i Raubekken 2003-2013.....	51
<b>Figur 52.</b> Sinktransport ved utløpet av Bjørnlivatn 2005-2013 .....	52
<b>Figur 53.</b> Kobbertransport ved utløpet av Bjørnlivatn 2005-2013 .....	52
<b>Tabell 1.</b> Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2012-2013.....	11
<b>Tabell 2.</b> Noen hydrologiske data for nedbørfeltene (Øren et al, 1990).....	15
<b>Tabell 3.</b> Årlige middelerverdier for hydrologiske år for prøver fra Stallgata pst. ....	15
<b>Tabell 4.</b> Årlige middelerverdier for hydrologiske år for prøver av dreinsvann fra Nordre bergghald.....	17
<b>Tabell 5.</b> Årlige middelerverdier for hydrologiske år for prøver fra Stasjon C, Grøft i Gammelgruva. ....	18
<b>Tabell 6.</b> Wallenberg pumpestasjon. Tidsveiede årsmiddelerverdier hydrologiske år.....	20
<b>Tabell 7.</b> pH-verdier ved utløpet av Fagerlivatn i 2012-2013. ....	28
<b>Tabell 8.</b> Utløp Bjørnlivatn. Tidsveiede årsmiddelerverdier for hydrologiske år 1972-2013. ....	29
<b>Tabell 9.</b> Tidsveiede årlige middelerverdier for stasjonen i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2013. ....	32
<b>Tabell 10.</b> Tidsveiede årsmiddelerverdier, hydrologiske år. Orkla ved Vormstad. ....	35
<b>Tabell 11.</b> Avrenning fra Bjørnlivatn og i Raubekken i perioden 2005–2013. ....	38
<b>Tabell 12.</b> Årsvolumer ved Stasjon A – Stallgata pumpestasjon. ....	39
<b>Tabell 13.</b> Samlet vannbalanse for målestasjonene i Wallenberg gruve. ....	42
<b>Tabell 14.</b> Materialbalanse på Wallenberg gruve i 2012-2013. ....	43
<b>Tabell 15.</b> Materialbalanse for Wallenberg gruve for alle undersøkelsesperioder 1992-2013.....	44
<b>Tabell 16.</b> Materialtransport ved Wallenberg pst 1992-2013. ....	46
<b>Tabell 17.</b> Materialtransport i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2013.....	47
<b>Tabell 18.</b> Transport i Raubekken beregnet vha. vannmengdeproporsjonale blandprøver.....	48
<b>Tabell 19.</b> Transport i Raubekken og ved utløp av Bjørnlivatn i 2012-2013.....	49
<b>Tabell 20.</b> % -vis betydning av tilførslene fra Bjørnlivatn av totaltransporten i Raubekken. ....	50
<b>Tabell 21.</b> Årlig virkningsgrad til dreneringstiltak på Løkkensiden.....	50
<b>Tabell 22.</b> Analyseresultater. Stasjon A – Stallgata pumpestasjon. ....	56
<b>Tabell 23.</b> Analyseresultater. Stasjon B – Dreinsrør fra Nordre bergghald.....	56
<b>Tabell 24.</b> Analyseresultater. Stasjon C – Grøft i Gammelgruva .....	57
<b>Tabell 25.</b> Analyseresultater. Avløp fra Wallenberg pumpestasjon. ....	57
<b>Tabell 26.</b> Analyseresultater. Prøvesnitt i Wallenberg sjakt. Ble ikke tatt prøver 2012-2013.....	58
<b>Tabell 27.</b> Analyseresultater. Utløp Bjørnlivatn. ....	58
<b>Tabell 28.</b> Analyseresultater. Astrup gruve pumpeump.....	59
<b>Tabell 29.</b> Analyseresultater. Orkla ved Vormstad.....	59
<b>Tabell 30.</b> Analyseresultater. Raubekken ved inntak kraftverk.....	60
<b>Tabell 31.</b> Analyseresultater. Vannmengdeproporsjonale blandprøver fra Raubekken.....	61

## Sammendrag

Tiltaksplanen for Løkken Gruber som ble satt i verk i 1992 har vært fulgt opp med et kontrollprogram. Allerede omkring 1995 var det mulig å påvise at jernmengdene ut av gruva økte. Økningen var en påminnelse om at tiltaket med rensing gjennom gruva ikke var 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 i påfølgende år.

Resultatene for 2012-2013 viser at pH-verdiene i utgående vann fra gruva, når pumpestasjonen i Wallenberg sjakt er i drift, fortsatt er lave. pH har ligget mellom 2,5 og 4,7 siste år, med hovedvekt i nedre sjikt. Vannet som kontrolleres når pumpa går 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 grunnet mengde nedbør og klima. 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 foregående og inneværende år ble gruva mer belastet enn tidligere med tilførsler av surt drens vann fra Løkken-siden på grunn av økt drenering. Spesielt kobberkonsentrasjonene økte merkbart som følge av surere gruvevann. Av disse årsaker er kalkingsstasjonen i Fagerlia forsterket. Det er nå to målestasjoner for kontinuerlig kontroll av vannkvalitet i Bjørnlivatn-området.

Inngående vann fra Løkkensiden beveger seg nå trolig gjennom de tre øverste nivåene som går fra gammelgruva fram til Wallenberg sjakt, trolig med en oppholdstid på 2-3 år mot ca. 8 år teoretisk oppholdstid. pH fall ved nivå 300, dvs det tredje nivået, ble observert første gang i 2011-2012 samtidig som metallkonsentrasjonene økte betydelig. Lite nedbør har ført til at prøvetaking i Wallenberg sjakt ikke ble gjort i 2012-2013 og trenden ved nivå 300 har ikke blitt sjekket. Redusert kvalitet fra Wallenberg gruve med lave pH verdier og økte metallkonsentrasjoner gjør at permanent kalking av avløpet er nødvendig for å begrense belastningen på Orkla. Det er likevel fortsatt slik at avrenning fra Løkken-siden er største forurensningskilde i gruveområdet. Over halvparten av metallavrenningen fra Løkken-siden fanges ikke opp av dreneringstiltaket fra 1992 og 2011/2012.

Forurensningssituasjonen i Orkla er fortsatt tilfredsstillende sett i forhold til målsettingen fra 1992. Årsmiddel for Cu-konsentrasjon i Orkla ligger fortsatt lavere enn 10 µg Cu/l. I 2012-2013 ble det ikke påvist kobberkonsentrasjoner over denne grensen. Dette har sammenheng med kalkingstiltaket og mer effektiv oppsamling av drens vann 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 kortvarige variasjoner.. For det hydrologiske året 2012-2013 er det beregnet følgende nøkkeltall for metalltransporten i Løkken gruveområde:

Kilde	SO <sub>4</sub> tonn/år	Al tonn/år	Fe tonn/år	Cu tonn/år	Zn tonn/år	Cd kg/år
Tilførsler til Wallenberg gr.	581,3	20,4	119	7,5	5,9	24
Ut av Wallenberg pst.	1063	22	126	1,7	13,3	34
Ut av Bjørnlivatn	1819	5,0	5,7	1,1	10,3	32
Transport i Raubekken	2059	40	65	7,6	13,7	44
Differanse (=Løkkensiden)*	240	35	60	6,5	3,4	12

\*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 årperioder, foreligger datagrunnlag for å beregne samlet årstransport fra Løkken gruveområde til Orkla. Utviklingen har vært som følgende:

<b>Hyd.år</b>	<b>SO<sub>4</sub> tonn/år</b>	<b>Al tonn/år</b>	<b>Fe tonn/år</b>	<b>Cu tonn/år</b>	<b>Zn tonn/år</b>	<b>Cd kg/år</b>
1989-1990	3040		383	40,4	65,8	130
1990-1991	4480		478	39,1	72,7	199
1991-1992	4195		434	37,6	72,3	190
1992-1993	4490	65,6	229	22,2	76,7	173
1993-1994	2761	29,4	133	11,8	43,8	82,3
1994-1995	3764	39,4	166	16,2	54,0	116
1995-1996	2431	29,1	112	9,1	33,2	73,3
1996-1997	4517	54,6	180	23,5	63,9	156
1997-1998	3484	36,7	117	12,6	42,7	101
1998-1999	3554	46,5	158	14,2	43,1	93,7
1999-2000	3707	40,2	126	14,4	44,7	95,6
2003-2004	3520	48,2	101	14,2	39,4	87,1
2004-2005	7156	126,5	192	36,7	90,7	273
2005-2006	4088	69,0	130	18,4	46,3	119
2006-2007	5717	70,2	125	21,9	58,8	138
2007-2008	5424	111,5	143	28,3	68,1	207
2008-2009	4022	79,7	107	18,7	48,6	136
2009-2010	3652	56,6	81	13,3	40,3	106
2010-2011	4055	67,8	90	16,1	42,6	118
2011-2012	3072	31,0	58	9,1	22,0	72
2012-2013	2059	40,1	65,3	7,6	13,7	44

## Summary

Title: Loadings of Heavy Metals in the Løkken Mining Area in 2012-2013

Year: 2013

Author: Anette Thyve and Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6348-0

The abandoned Løkken pyrite mine in Meldal municipality has been the most polluting pyrite mine in Norway over a long period. 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. These measures have been under surveillance since 1992 until today. 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 drainage water dropped from 6 to below 3 in periods. Elevated concentrations of copper, zinc, aluminium and ferrous iron were observed as well. 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. Decreased pH at level 300, the third level, was first observed in 2011-2012. At the end of 2013 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. Continuous use of lime is now necessary to control the heavy metals transported out of the mine and Bjørnlivatn to the river Orkla. Ferric iron in the incoming water is oxidizing 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 decreasing due to pH-values falling 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 with a slightly better situation in 2013. The changing metal run-off from the mine does not change any of the conclusions from the previous investigations. A liming treatment of the out coming mine water has already been implemented.

The yearly mean of copper concentration in the River Orkla is below the limit set by the Norwegian authorities of 10 µg Cu/l. No monthly sample for the year 2012-2013 did exceed this threshold.

<b>Pollution source</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>Al</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>
	<b>ton/year</b>	<b>ton/year</b>	<b>ton/year</b>	<b>ton/year</b>	<b>ton/year</b>	<b>kg/year</b>
Drainage into Wallenberg mine.	581,3	20,4	119	7,5	5,9	24
Out of Wallenberg pst.	1063	22	126	1,7	13,3	34
Out of Bjørnlivatn	1819	5,0	5,7	1,1	10,3	32
Transport in Raubekken	2059	40	65	7,6	13,7	44
Difference (=Løkkensiden)*	240	35	60	6,5	3,4	12

\*The difference between the metal transport in Raubekken and the transport in Bjørnlivatn estimates the runoff not included in the planned drainage at the Løkken side of the mine area.

# 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. Etter 2000 er dette ansvaret overført til Direktoratet for mineralforvaltning med Bergmesteren for Svalbard (DMF).

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 ”renseanlegg” for forurenset drensvann fra bergveltene på Løkkensiden. Etter at dette tiltaket viste de første tegn på å svikte i 2002, ble det startet et mer omfattende undersøkelsesprogram sommeren 2005. 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 2012-2013. 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. Undersøkellesprogram

### 2.1 Prøvetaking og analyse

I **Tabell 1** er gitt en oversikt over prøvetakingsstasjoner som er benyttet under feltundersøkelsen. 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.

**Tabell 1.** Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2012-2013.

Stasjonsnr i kart (Figur 2)	Stasjon	Opplegg
1	Overløp Bjørndalsdammen	<i>Ikke prøvetatt i 2012-2013</i>
2	Gruvevann fra nivå 311, pumpeump Astrup	Prøvetaking bestemmes av Nammo NAD. Utpumpet vannmengde (ukemengde) journalføres av Nammo NAD. Ca. 1 pr mnd.
3	Wallenberg sjakt	<i>Ikke prøvetatt i 2012-2013</i> <i>Kontroll av vannkvalitet ved hovednivåene</i> <i>Manuell prøvetaking av NIVA ved befaringer. Kan kun utføres når pumpen går.</i>
4	Wallenberg pumpestasjon	Månedlig stikkprøve som tidligere. Registrering av vannmengder ved hver prøvetaking. Kontinuerlig registrering av pH, konduktivitet og vannstands nivå i Wallenberg sjakt. Kan kun utføres når pumpen går.
5	Utløp Fagerlivatn	Stikkprøvetaking hver måned for kontroll av vannkvalitet (pH).
6	Utløp Bjørnlivatn	Månedlig stikkprøve ved utløpet under gammel steindam. Kontinuerlig registrering av vannmengde. Kontinuerlig registrering av pH og konduktivitet startet sommeren 2008
7	A. Stallgata pumpestasjon	Stikkprøve i pumpestasjonen 1x mnd. Manuell registrering av vannmengde ved hver prøvetaking ved avlesning av pumpestand.
8	B. Drensrør fra Nordre bergchald	Kontinuerlig registrering av vannmengde. Stikkprøver 2 x mnd.
9	C. Grøft i Gammelgruva (sig fra tipp med magnetittmalm)	Kontinuerlig registrering av vannmengde. Stikkprøver 2 x mnd.
10	Raubekken ved inntak kraftverk	Månedlig stikkprøve. Kontinuerlig logging av pH og konduktivitet samt vannstand over måleprofil. Vannmengde-proporsjonal blandprøvetaking 2x mnd.
Ikke vist	Orkla ved Vormstad	Månedlig prøvetaking.

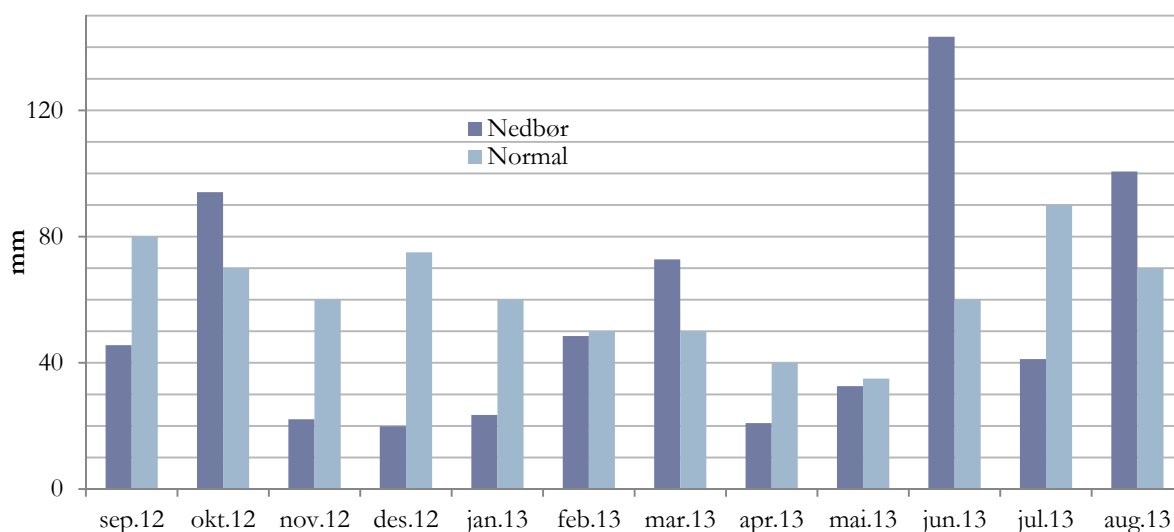
I 2012-2013 har Meldal kommune hatt ansvaret for prøvetakinger ved Wallenberg pumpestasjon, utløp Bjørnlivatn, i Raubekken, i Orkla og ved Stallgata pumpestasjon. Orkla Industrimuseum har tatt prøvene i Gammelgruva ved stasjonene B og C. Prøvene er tatt på prøvetakingsflasker utsendt av NIVA. Alle analyser er utført av NIVA. Det er benyttet metallanalyser utført vha. akkreditert induktivt koblet plasma-teknikk (ICP-teknikk).for analyse av drens vann i alle år etter 1992. Tungmetallanalysene i Orkla er utført ved hjelp av akkreditert induktivt koblet plasma - massespektrometer-teknikk (ICP-MS).



## 3. Resultater

### 3.1 Hydrologi, klima og vannstrøm

En av målsettingene med prosjektet er å beregne vannbalansen og metalltransporten i gruveområdet. Nedbørmengde og fordeling mellom regn, snø og snøsmelting har stor betydning for vannbalansen. I tillegg viser avrenningskoeffisientene store lokale variasjoner på grunn av topografi (NVE, 1987). I denne undersøkelsen er det benyttet nedbørdata for den nærmeste meteorologiske stasjonen til Det norske meteorologiske institutt (DNMI): 66620 Rennebu. **Figur 3** viser månedlige nedbørhøyder og normaler for perioden 2012-2013.



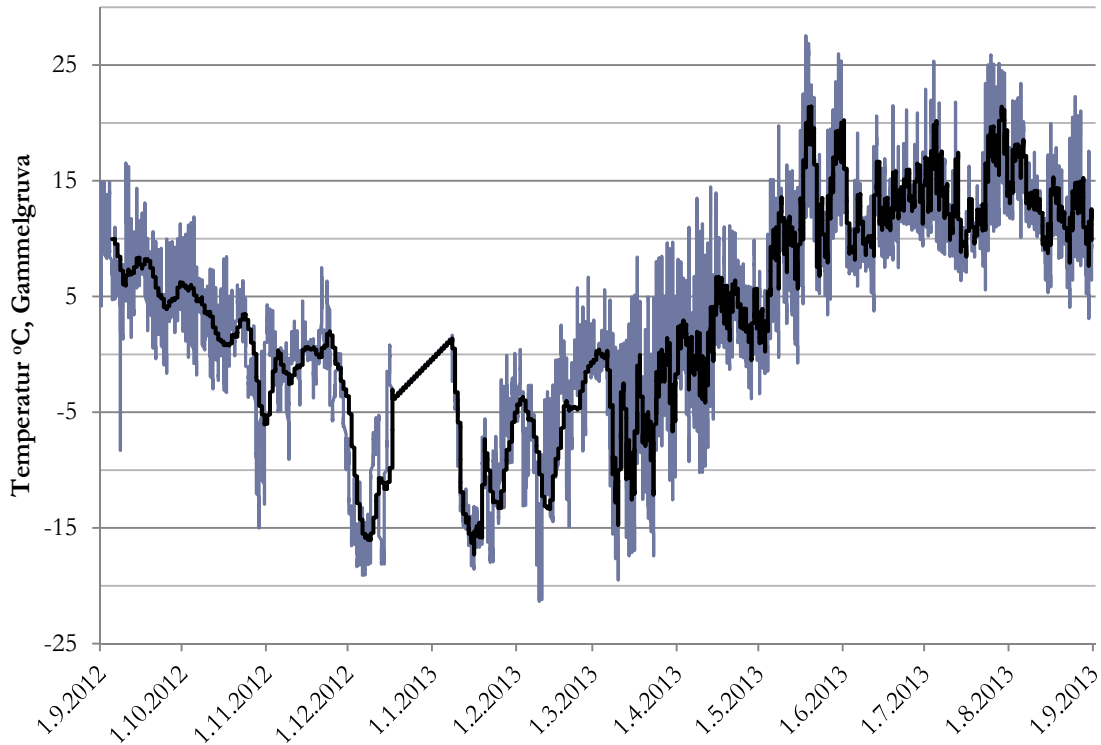
**Figur 3.** Månedlige nedbørhøyder og normaler ved DNMI 66620 Rennebu i 2012-2013.

Den faktiske fordelingen av nedbør i 2012-2013 viser veldig tørr vinter i november, desember og januar, samt tørt i april, mai, juli og sept. Februar var tilnærmet normal. Ellers var det relativt mye regn i oktober, mars og august, samt over dobbelt så mye regn som normalt i juni. Det falt minst nedbør i desember 2012. I året 1.9.2012 – 31.8.2013 falt det 90 % nedbør i forhold til et normalår. Nedbørmengdene kan variere en del fra Rennebu til Løkken på grunn av lokalevariasjoner, men dette er den nærmeste stasjonen, og dermed et godt utgangspunkt. Ved inngangen til Gammelgruva på skyggesiden er det utplassert en sonde for lufttemperatur, se **Figur 4**.



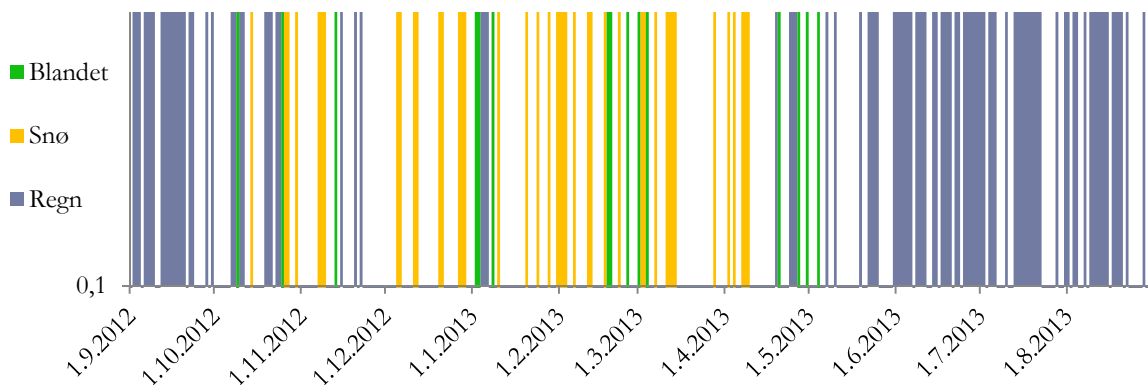
**Figur 4.** Gruveinngangen til Gammelgruva.

**Figur 5** viser observasjonsmaterialet som foreligger for måleperioden 2011-2012. Svart linje representerer et glidende gjennomsnitt av temperaturen. Det var kaldest i perioden desember-januar, med en kald periode i begynnelsen av april i tillegg.



**Figur 5.** Lufttemperatur ved Gammelgruva i 2012-2013.

I **Figur 5** vises nedbørstype for all nedbør i Rennebu. Fra midten av oktober til midten av april kom nedbøren stort sett som snø eller blandet type nedbør. Blandet nedbør er en kombinasjon av sludd, regn og snø. Nedbørstypen passer godt med temperaturmålingene gjort ved Gammelgruva.



**Figur 6.** Nedbørstype ved Rennebu målestasjon 2012-2013.

Vannføringsmålinger og nedbørsmålinger er nødvendig for beregningene. **Tabell 2** gjengir en oversikt over hydrologiske data for de viktigste nedbørfeltene som påvirker gruva og gruveområdet. Generelt kan gruveområdet deles i to. Løkkensiden hvor avrenningen i utgangspunktet går ned til Raubekken og avrenning via Bjørnlibekken som mottar forurenset vann fra Bjørndalsdammen, Fagerlivatn og Bjørnlivatn. Drenering fra Løkkensiden sammen med gruvevann dannet ved infiltrering av nedbør pumpes ut av Wallenberg sjakt og kalkes etter behov før det når Fagerlivatn. Det er laget et budsjett for

inngående og utgående stoffmengder til gruva. Likeledes er det estimert et transportbudsjett for tilførsler til Raubekken og totaltransporten i Raubekken.

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

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

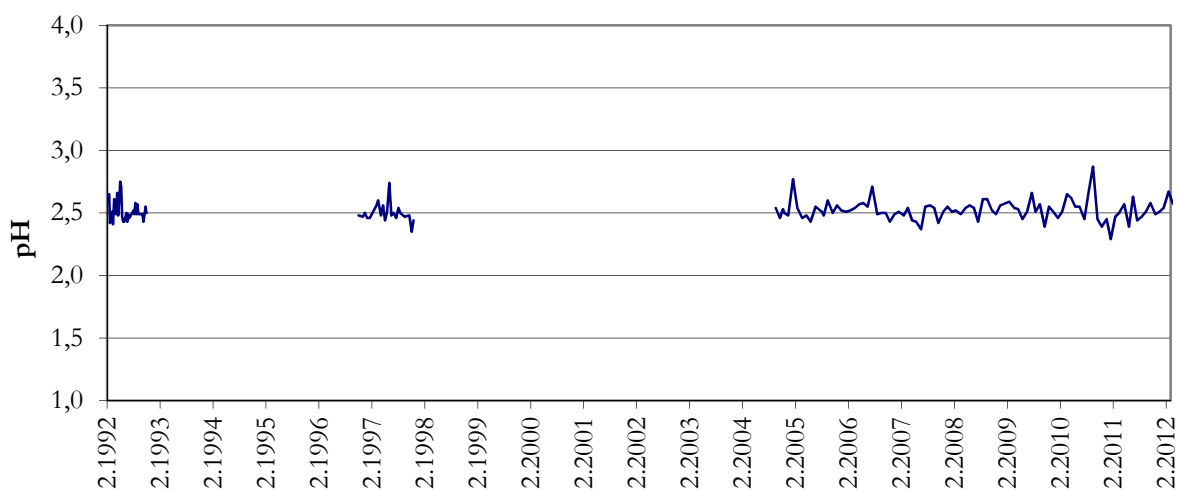
## 3.2 Vannkvalitet på Løkken-siden

### 3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon

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

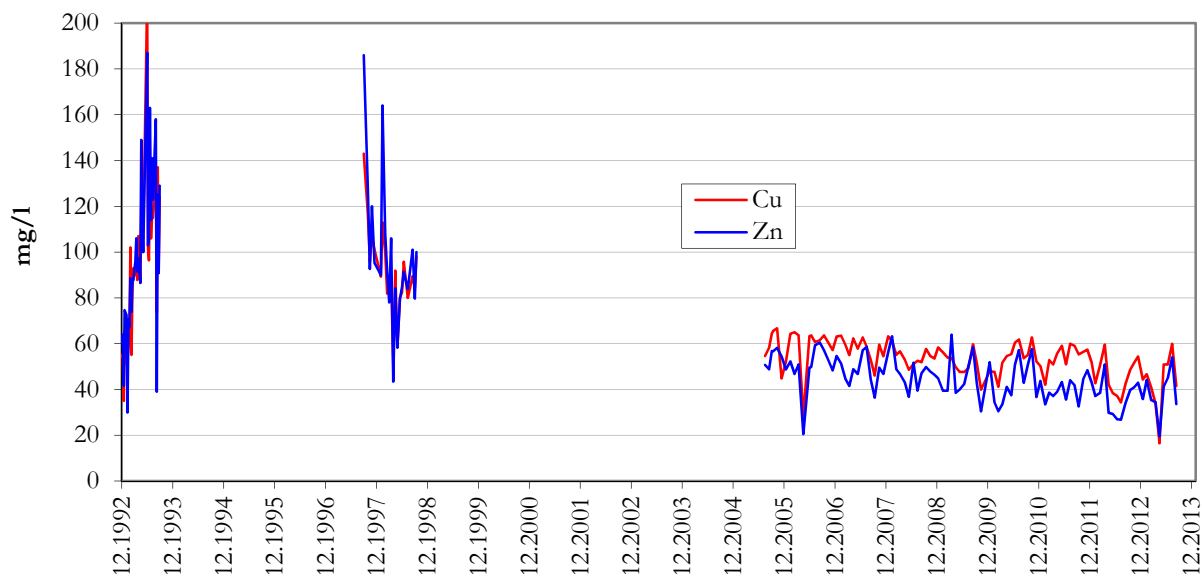
Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,5	466	4783	343	172	201	818	93,3	97,2	0,369		8,90	0,55	2,48	58,1
1997-1998	2,5	493	4566	374	141	170	738	80,7	81,8	0,338		7,49	0,51	2,46	49,0
2005-2006	2,5	469	4221	337	134	156	622	58,8	51,1	0,208		7,45	0,51	2,03	53,7
2006-2007	2,6	486	4452	356	139	157	623	59,8	50,5	0,203		7,62	0,52	2,03	58,2
2007-2008	2,5	476	4364	363	131	146	587	54,4	47,1	0,198	0,038	7,17	0,48	1,87	59,1
2008-2009	2,5	459	4079	369	131	143	519	53,5	46,7	0,199	0,039	7,51	0,53	1,81	58,8
2009-2010	2,5	456	3945	341	132	146	530	51,4	41,2	0,179	0,039	7,13	0,46	1,78	54,3
2010-2011	2,6	455	4024	348	129	145	567	54,2	41,8	0,183	0,040	6,90	0,46	1,77	55,3
2011-2012	2,5	457	3808	346	120	131	561	47,4	36,9	0,152	0,044	6,24	0,43	1,62	58,6
2012-2013	2,6	404	3353	351	113	118	406	45,0	38,9	0,162	0,041	6,56	0,432	1,50	53,3

Analyseresultatene for vannprøver som er tatt i 2012-2013 ved stallgata er samlet i **Tabell 22** i Vedlegg A bak i rapporten. I **Tabell 3** er det gjort en sammenligning mellom de årlige middelerverdiene for alle måleperiodene som er gjennomført etter at tiltaksplanen ble satt i drift.

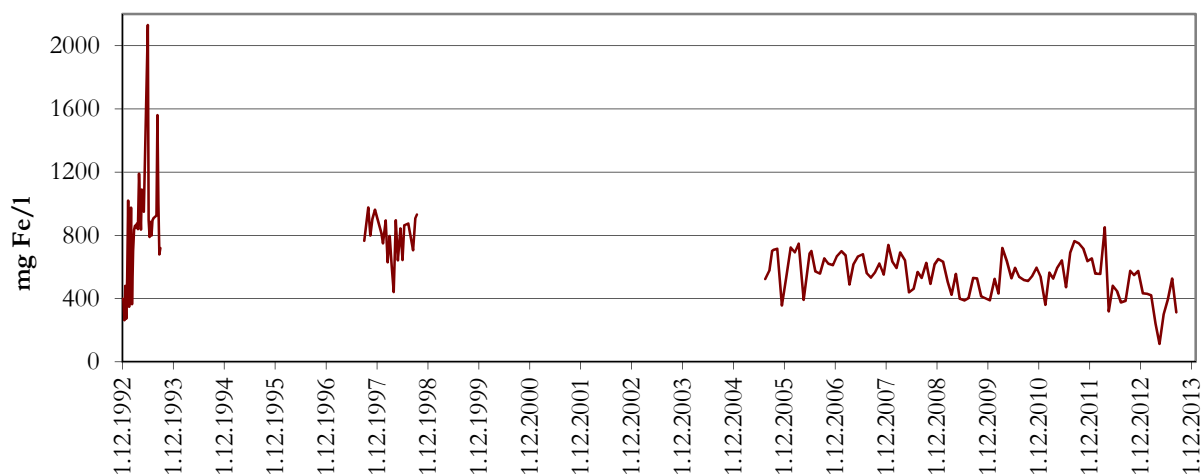


**Figur 7.** pH-verdier ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2013.





Figur 8. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992 – 2013.



Figur 9. Jernkonsentrasjoner ved stasjon A, Stallgata pumpestasjon 1992–2013.

Figur 7 viser at pH-verdiene er forholdsvis stabile. Tendensen for tungmetallkonsentrasjonene, som vist i Figur 8 og Figur 9, ser ut til å ha en avtakende karakter over hele perioden 1992-2013. Dette bekreftes av sulfatverdiene. Dette kan tyde på at omfanget av forvitningsprosessene i gruveavfallet på Løkkensiden er avtakende. Variasjonene ser ut til å ha sammenheng med grad av fortykning. I året 2011-2012 var det mer nedbør enn vanlig og konsentrasjonene var litt under trenden, mens i året 2012-2013 er nedbøren under normalen, og konsentrasjonene er litt over trenden. 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. Disse tiltakene kan ha bidratt til mindre og jevnere utvasking fra avfallet

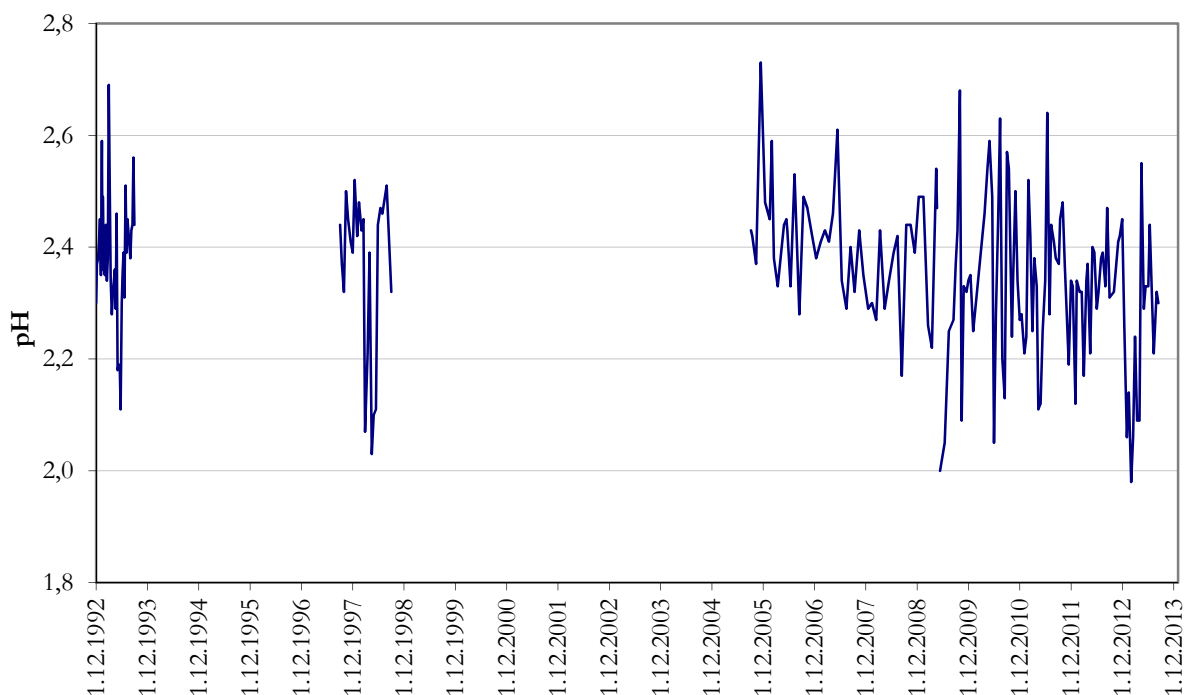
### 3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald

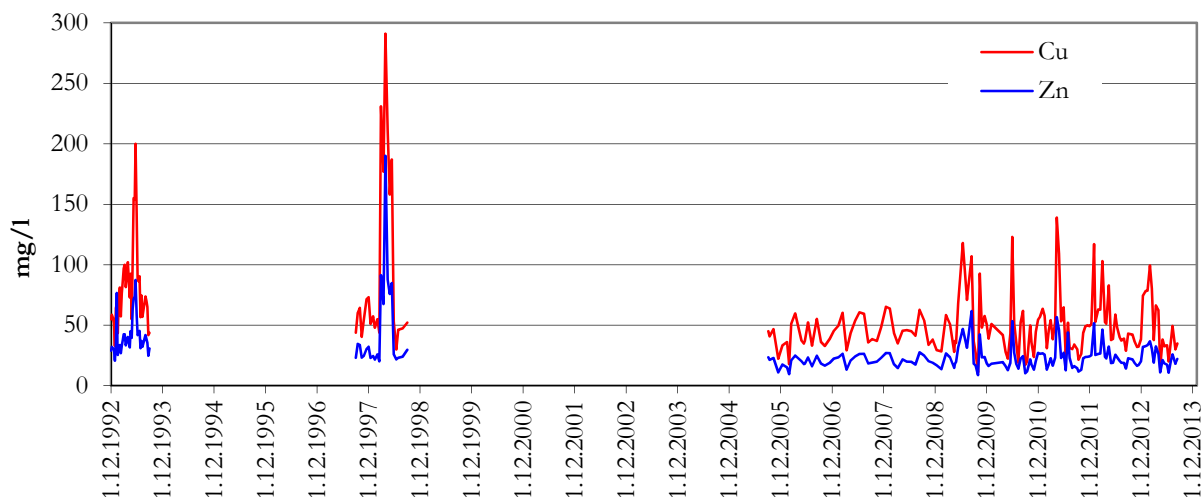
Analyseresultater for prøver som er tatt i 2012-2013 er samlet i Tabell 23 bakerst i rapporten i vedlegg A. I Tabell 4 under er beregnet årlige middelverdier for alle undersøkelsesperiodene som er gjennomført.

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

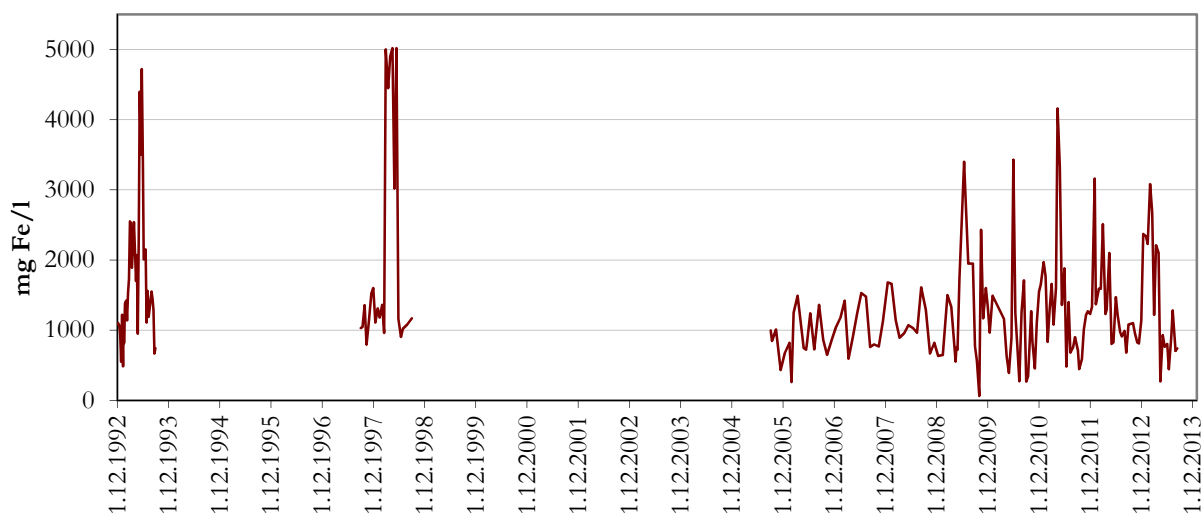
Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,38	539,8	6663	203	196,1	238	1740	80,3	40,6	0,185		6,42	0,39	3,07	32,2
1997-1998	2,36	612,7	7817	183	216,8	259	2049	93,3	45,1	0,255		5,98	0,33	3,98	29,0
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
2012-2013	2,28	535,4	5365	205	125,2	152	1337	47,2	22,8	0,089	0,054	4,56	0,27	2,00	37,6

**Figur 10, Figur 11, og Figur 12** viser målingene for pH, Cu og Zn, samt jern. Som for drensvannet fra Stallgata pumpestasjon har det vært relativt beskjedne endringer i pH-verdiene siden 1992, men det er mulig at det er en svak senkning av pH siden 2005. Som for stasjon A er metallkonsentrasjonene i perioden 2005-2013 er 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.

**Figur 10.** pH-verdier ved stasjon B, drensvann fra Nordre berghald 1992 – 2013.



Figur 11. Kobber- og sinkverdier ved stasjon B, drengsvann fra Nordre berghald 1992 – 2013.



Figur 12. Jernkonsentrasjoner ved stasjon B, drengsvann fra Nordre berghald 1992 – 2013.

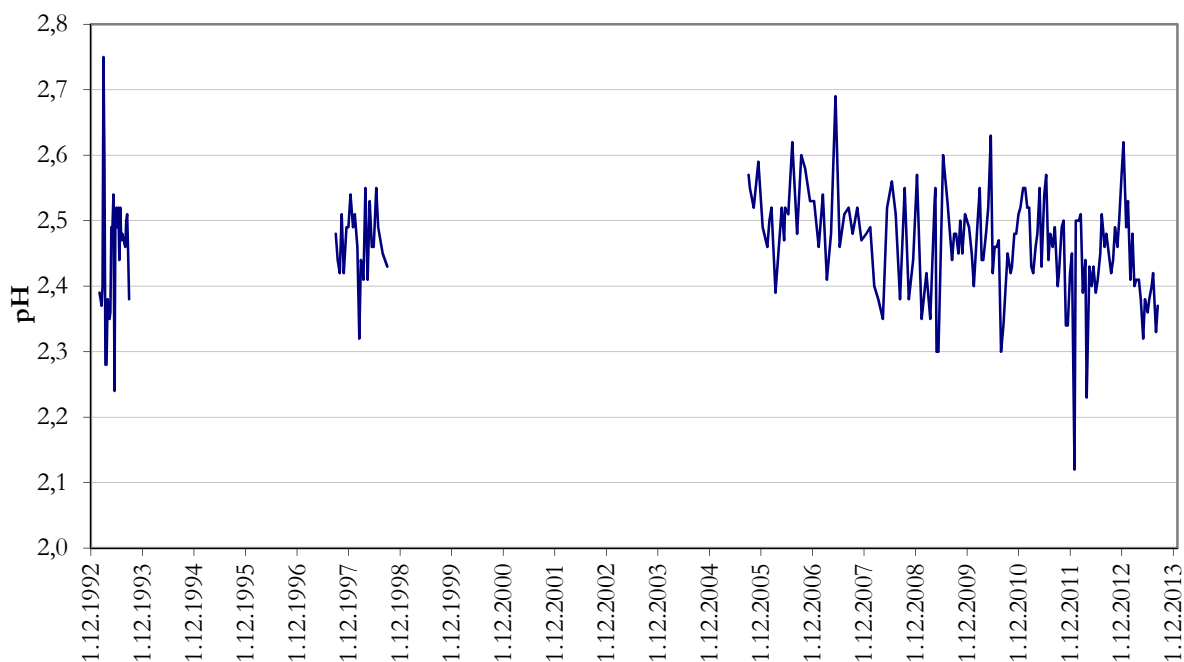
### 3.2.3 Stasjon C. Drenggrøft i Gammelgruva

Resultatene for 2012-2013 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.

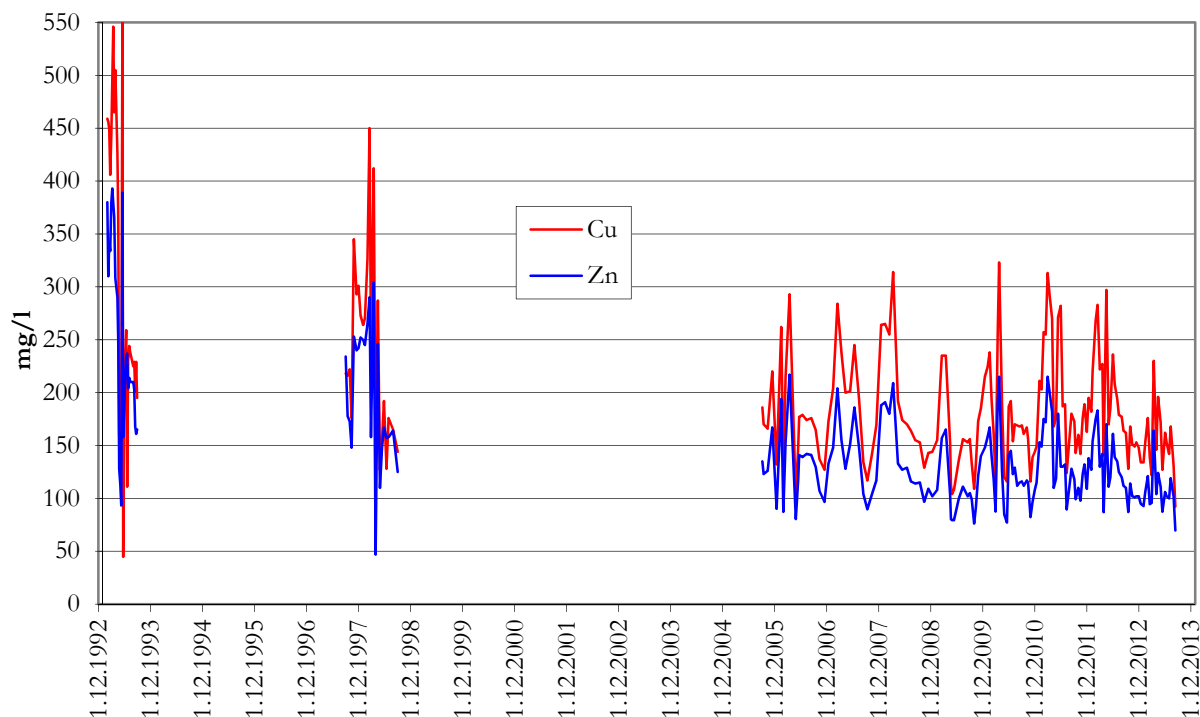
**Tabell 5.** Årlige middelveidier for hydrologiske år for prøver fra Stasjon C, Grøft i Gammelgruva.

Hyd. År	pH	Kond mS/m	SO4 mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si 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
2012-2013	2,43	789,9	10324	287	465	454	2280	151	104	0,39	0,12	14,6	0,98	7,23	33,1

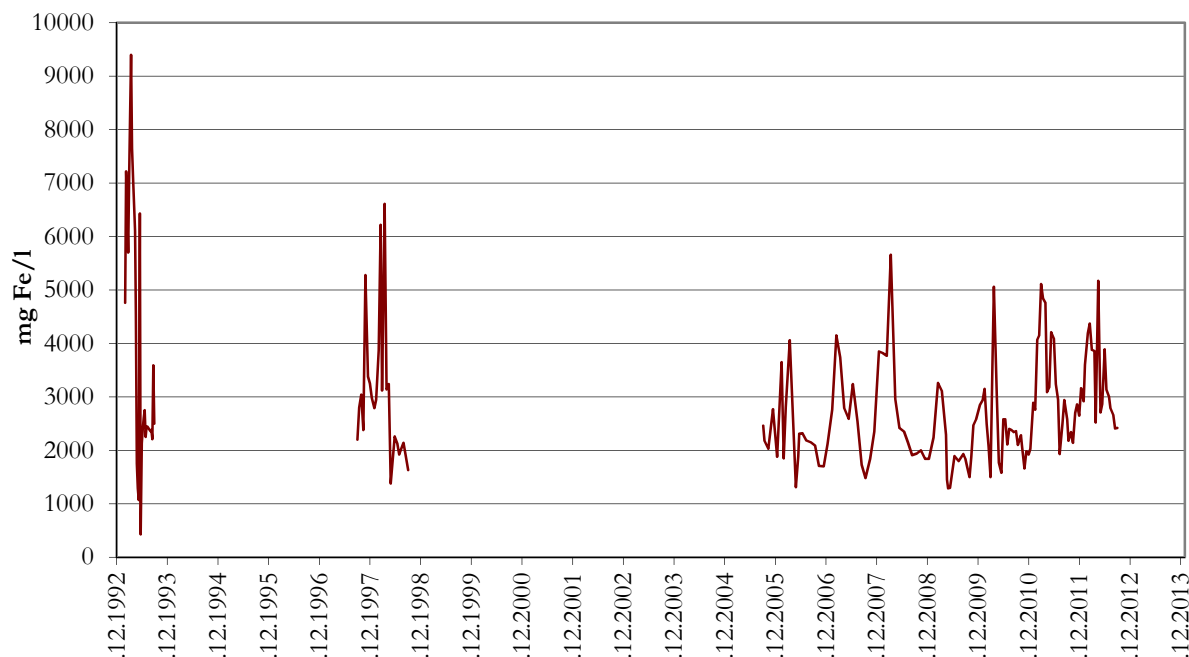
**Figur 13** viser pH målinger mens **Figur 14** og **Figur 15** viser henholdsvis Cu og Zn, og jern. Resultatene for perioden 2005 – 2013 viser relativt stabil lav pH om mulig svakt synkende, og stabile metallverdier etter 2005. Maksimumsverdiene for Cu og Zn ser ut til å være lavere i 2012.2013 enn tidligere, men dette kan også være påvirket av klimatiske forhold eller kun normal variasjon i prøvedataene. Situasjonen etter 2005 synes å ha forandret seg relativt lite når en tar hensyn til de variasjoner som i klima og nedbør forårsaker. Total konsentrasjonene og variasjonene i løpet av året er noe større enn for stasjon A og B.



**Figur 13.** pH-verdier ved Stasjon C, Grøft i Gammelgruva 1992-2013.



**Figur 14.** Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved Stasjon C, Grøft i Gammelgruva 1992-2013.



Figur 15. Jernkonsentrasjoner ved Stasjon C, Grøft i Gammelgruva 1992-2013.

### 3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatn-siden

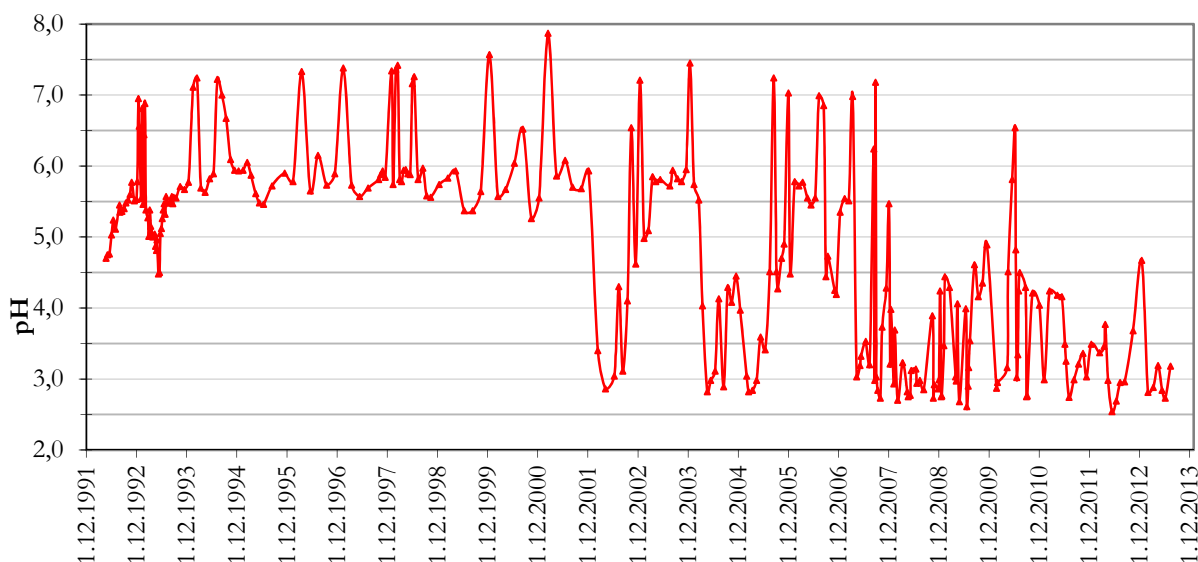
#### 3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt

Tabell 6. Wallenberg pumpestasjon. Tidsveiede årsmiddelverdier hydrologiske år.

År	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Pb	Volum
		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 <sup>3</sup>
1992-1993	5,47	304,5	2210	436,7	258,6	3,73	101,4	3,78	24,3	0,049	7,71	0,18	0,78	14,3		582048
1993-1994	6,18	253,2	1664	402,0	188,3	3,72	68,3	1,92	14,3	0,023	7,76	0,09	0,51	12,7		458600
1994-1995	5,85	289,8	1859	454,3	186,6	3,50	79,8	2,79	17,8	0,070	8,90	0,12	0,68	13,8		631492
1995-1996	6,14	231,5	1313	367,3	141,9	2,97	63,2	1,52	12,4	0,017	6,06	0,12	0,30	11,5		513821
1996-1997	5,98	248,5	1628	397,2	162,4	4,90	85,9	1,83	14,1	0,015	6,38	0,14	0,55	13,4		550965
1997-1998	6,56	232,2	1507	362,4	155,7	4,16	90,7	1,62	14,3	0,026	5,84	0,12	0,58	12,4		681638
1998-1999	5,63	298,3	2055	458,8	195,8	5,07	149,5	1,59	19,8	0,032	6,55	1,23	0,74	12,7		481092
1999-2000	6,15	232,0	1561	355,4	147,6	3,40	97,6	1,08	12,2	0,022	4,58	0,11	0,53	12,3		676796
2000-2001	6,04	272,7	1903	402,6	187,0	1,91	109,3	0,86	12,4	0,016	4,78	0,11	0,54	12,7		363598
2001-2002	4,16	332,6	2408	426,2	196,3	33,3	197,9	7,71	27,8	0,053	6,57	0,20	0,92	20,2	0,042	685408
2002-2003	5,60	280,3	1798	400,2	174,9	10,4	126,1	1,36	14,8	0,024	4,92	0,14	0,61	15,3	0,011	381328
2003-2004	4,79	283,0	1928	368,9	156,3	23,2	148,3	4,86	19,4	0,046	4,75	0,16	0,72	17,4	0,020	623033
2004-2005	3,73	325,2	2420	373,5	162,3	45,6	226,4	9,54	31,1	0,084	5,40	0,21	1,01	23,1	0,041	618505
2005-2006	5,50	239,9	1546	345,4	133,2	10,9	115,8	1,63	12,9	0,026	3,59	0,17	0,55	14,1	0,011	599112
2006-2007	4,54	288,9	2190	388,9	144,7	37,9	195,6	8,32	25,1	0,076	4,40	0,18	0,84	23,3	0,020	631096
2007-2008	3,25	351,1	2595	399,8	152,0	58,5	242,5	12,01	33,6	0,114	5,07	0,22	1,05	29,3	0,060	699820
2008-2009	3,35	354,1	2170	352,6	142,6	36,2	192,9	5,23	25,7	0,067	4,15	0,18	0,79	22,9	0,041	468184
2009-2010	3,88	322,8	2314	411,5	168,2	38,1	205,5	4,87	25,5	0,066	4,49	0,27	0,84	25,2	0,051	474165
2010-2011	3,65	324,6	2459	392,7	140,7	57,8	257,1	9,19	30,0	0,089	4,52	0,22	0,94	30,0	0,049	496081
2011-2012	3,14	334,7	2353	381,5	130,9	59,0	262,0	12,30	32,0	0,10	4,49	0,22	0,99	30,1	0,072	628244
2012-2013	3,38	332,6	2495	395,4	142,4	52,7	294,4	3,96	31,2	0,08	4,53	0,22	0,95	30,0	0,053	426292

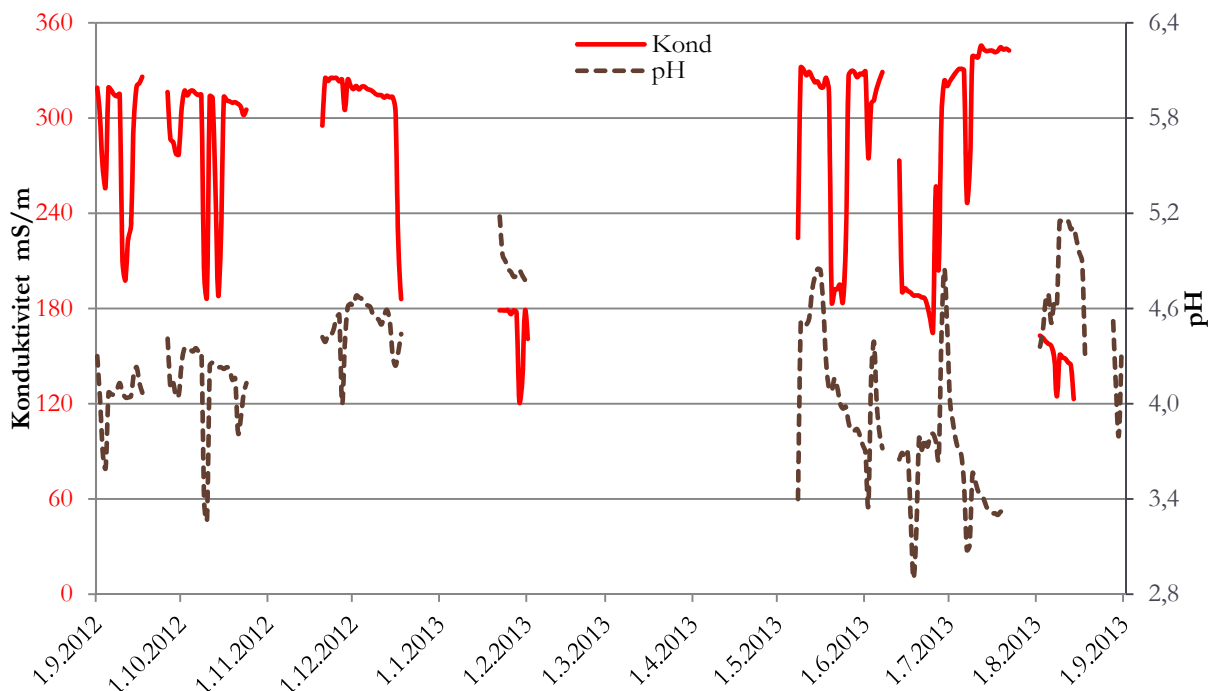
I 1984 startet tiltaket med å fylle Wallenberg gruve med vann fra naturlig tilsig. Oppfyllingen ble fulgt opp med peiling av vannstand og prøvetaking i sjakten fra 1986. Den 9.april 1992 var nivået kommet så høyt at pumpestasjonen i Wallenberg sjakt ble startet. Vannkvaliteten til utgående vann har vært fulgt regelmessig i alle år etterpå. Til å begynne med ble det tatt hyppige prøver. Etter ble vannkvaliteten vurdert som stabil, og prøvemengden ble redusert til 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.

**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 Gammelsjakt høsten 2005. Ut over høsten 2005 og vinteren 2006 steg pH igjen. Våren 2006 returnerte lave pH-verdier. Bortsett fra episoder med pumping av mer ionefattig overflatevann har pH vært vedvarende lav omkring 3 siden våren 2006.



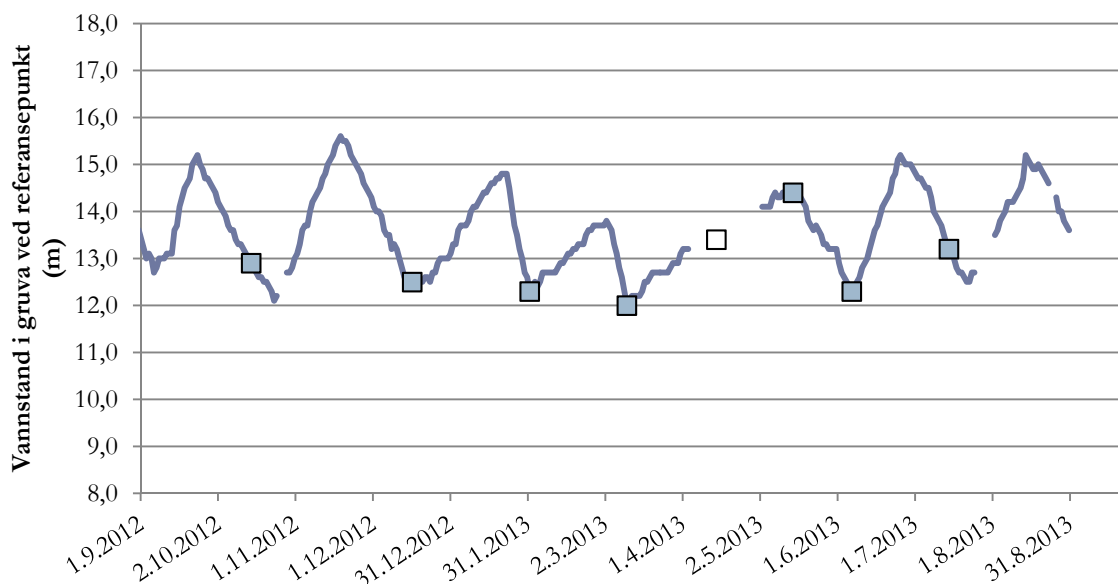
**Figur 16.** Laboriemålinger av pH i prøver fra Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.

pH måles av prøvemottaket ved NIVAs laboratorium. Verdiene kan til dels være vesentlig lavere ved mottak ved laboriet enn på prøvetakingstidspunktet pga. oksidasjon og hydrolyse av toverdlig 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 laborieanalyser. Resultatene for de kontinuerlige pH-målingene utført på inngående vann til kalkingsstasjonen viser at pH var svakt stigende ut desember 2012. Målingene i januar var veldig høye sammenlignet med høsten. Fra mai til august var pH ganske varierende med pH fra 2,9 til 4,8. På slutten av målesesongen i august var pH verdiene igjen litt høyere og opp mot 5. Pumpestasjonen var i drift kun halve perioden (49 % av tiden) med mest opphold på senvinteren/våren på grunn av lite tilsig til gruva.

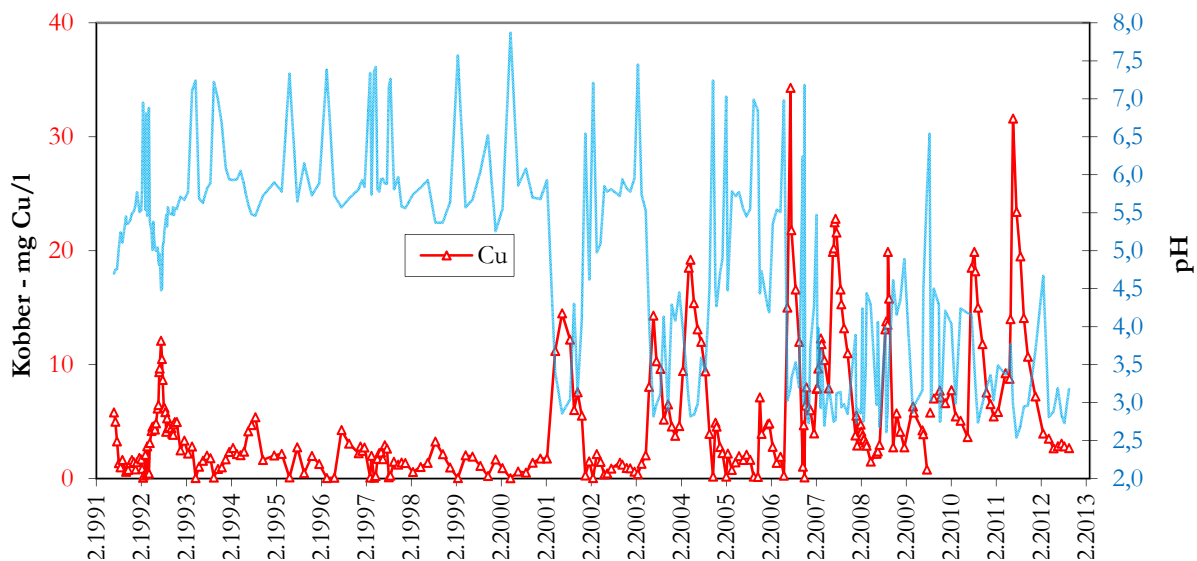


**Figur 17.** Online målinger av pH og konduktivitet i utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon i 2012-2013 (døgnmiddelverdier) når pumpestasjonen er i drift og pumper ut vann fra gruva.

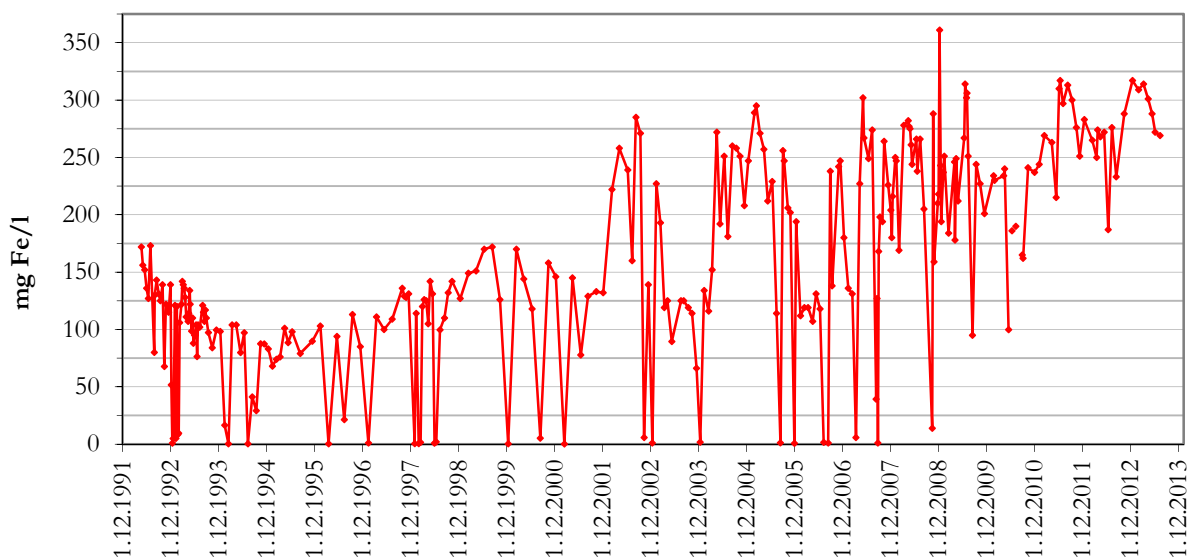
**Figur 18** viser at vannstanden i 2012-2013 har hatt relativt jevnt tilsig og dermed blitt pumpet ned med ganske jevne mellomrom. Det har aldri vært kritisk mye vann i gruva og pumpe har holdt godt unna ved behov. **Figur 19**, **Figur 20** og **Figur 21** viser hvordan konsentrasjonene av kobber og pH, jern og aluminium har utviklet seg siden 1992.



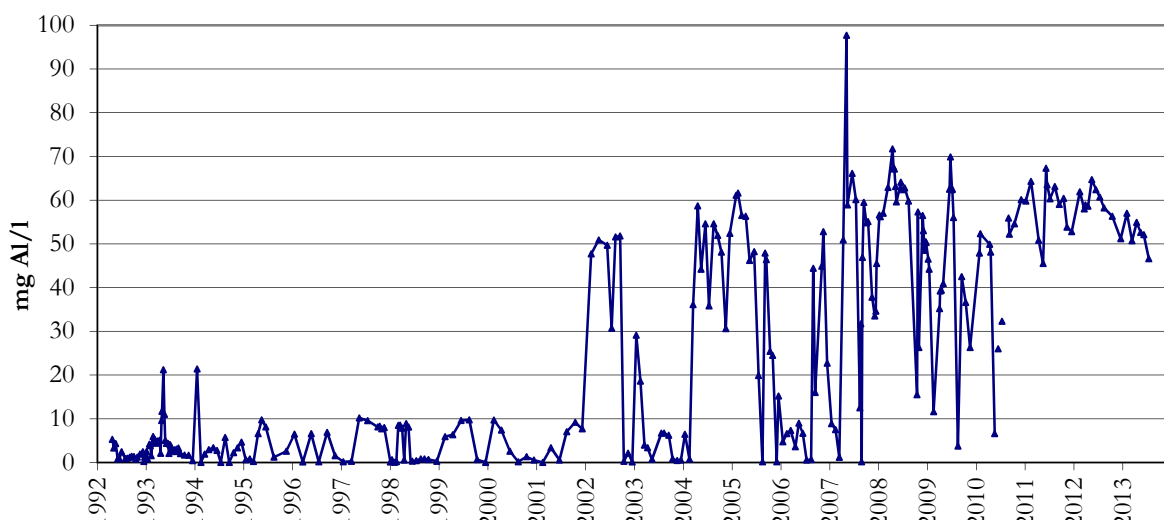
**Figur 18.** Vannstand i Wallenberg gruve 2012-2013 med markering av prøvetakingstidspunkt for utgående vann fra pumpestasjonen. Prøvetidspunkt er markert med firkanter. Firkant uten farge har ukjent vannstand.



Figur 19. Kobberkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.



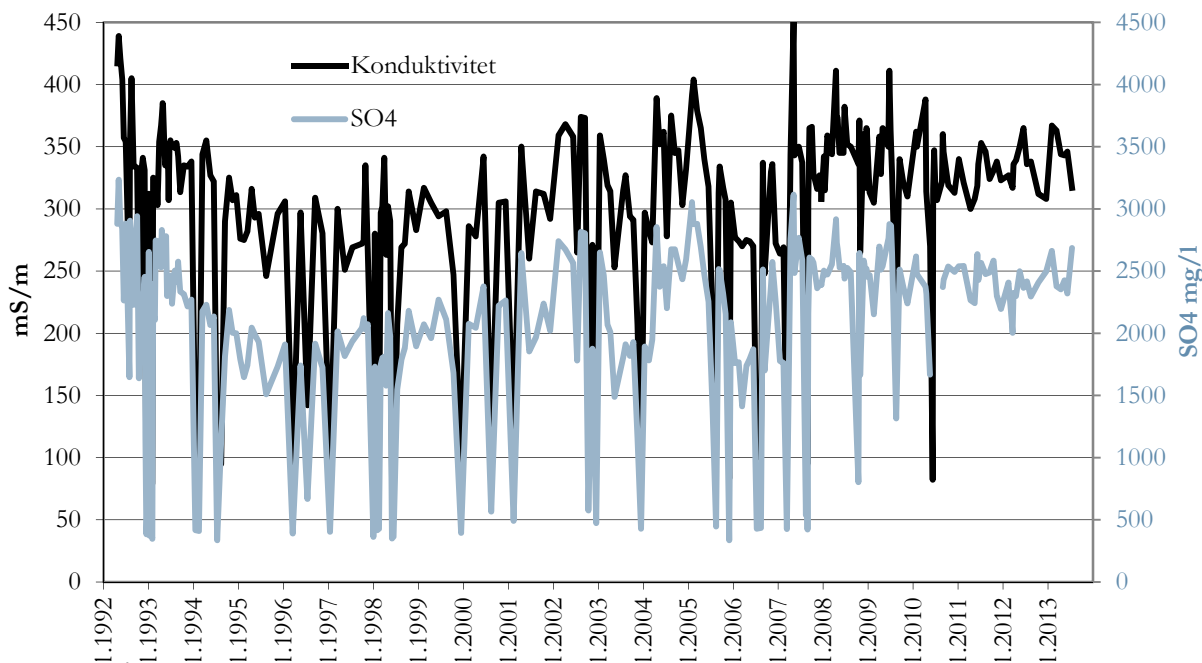
Figur 20. Jernkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.



Figur 21. Aluminiumkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.



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 «rensprosessen» 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. pH svingninger og kobberverdier har vært innenfor samme variasjon siden omtrent 2008. fra 2008 har utslippet av kobber fra Wallenberg vært høyere enn de foregående årene. Det var stabilt lave utslipp fram til ca. 2003. Utslipet av aluminium og jern ser også til å være økende og har siden 2011 ligget i området 250 mg/l for jern som har doblet seg siden målingenes start og 55 mg/l for aluminium som er en femdobling siden 90-tallet. Aluminium finnes ikke i malmen på Løkken, så en økning i aluminium tyder på økt forvitring av sidebergartene amfibolitt og grønnskifer.

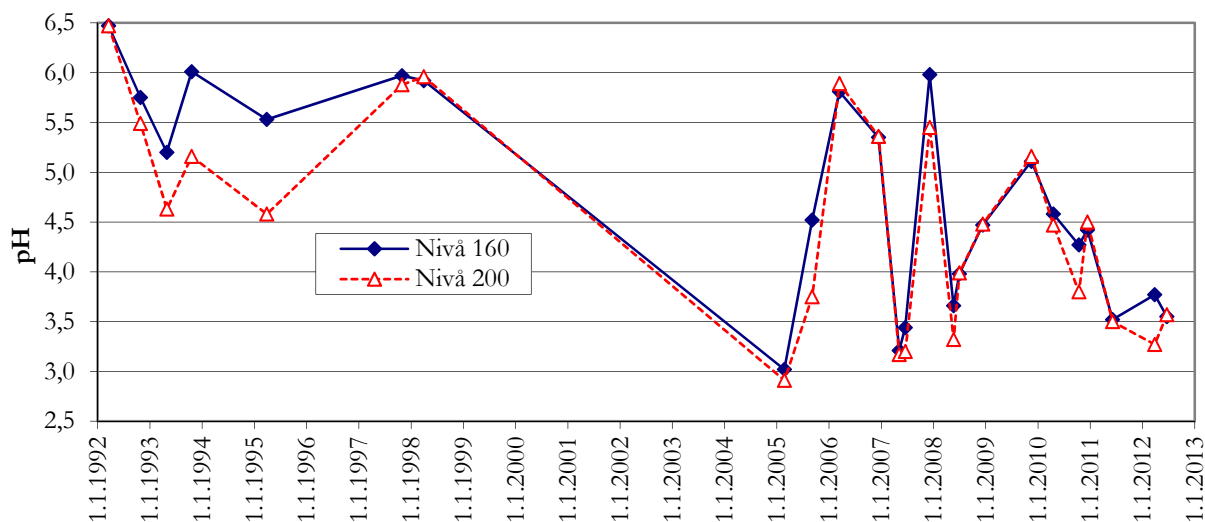


**Figur 22.** Årsmiddelverdier for sulfat og konduktivitet ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.

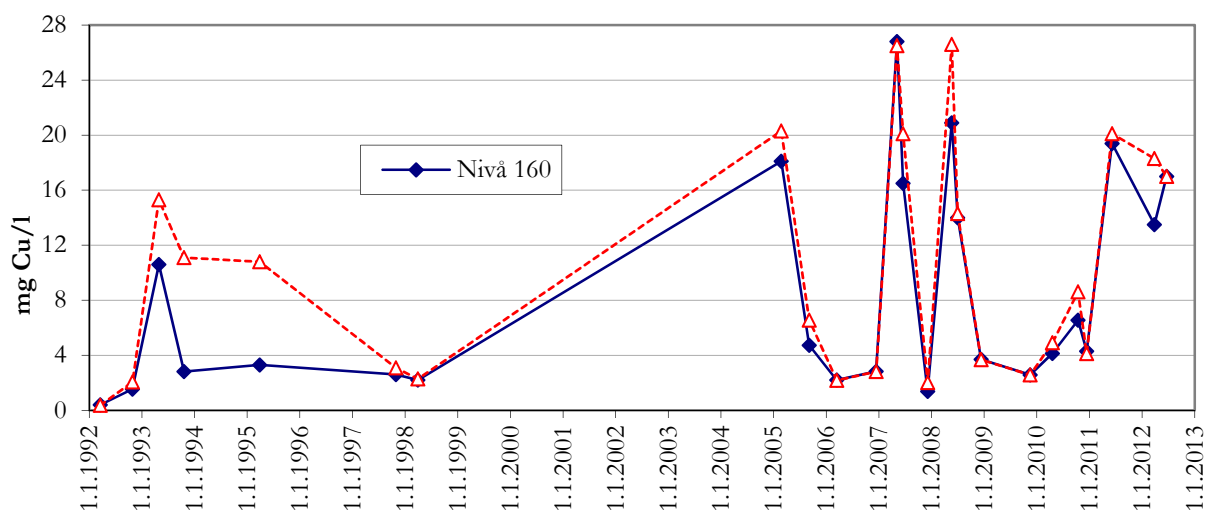
**Figur 22** viser hvordan årsmiddelverdiene for konduktivitet og sulfat har utviklet seg etter 1992. Etter omkring 1998 har tendensen vært økende for begge parameterne. Siden ingenting tyder på økte tilførsler av forvitningsprodukter fra Løkken-siden til gruva, tyder dette på at det pågår en økt forvitring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

I undersøkelsesperioden 2012-2013 har det ikke blitt gjennomført prøvetaking i hovednivåene i Wallenberg sjakt, selv om det har blitt gjort i foregående år. For helheten sin del, er grafene som ble presentert i fjorårets tabeller og grafer inkludert her. Prøvetaking ved hovednivåene i gruva i Wallenberg sjakt gir 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 26** i vedlegg A bak i rapporten.

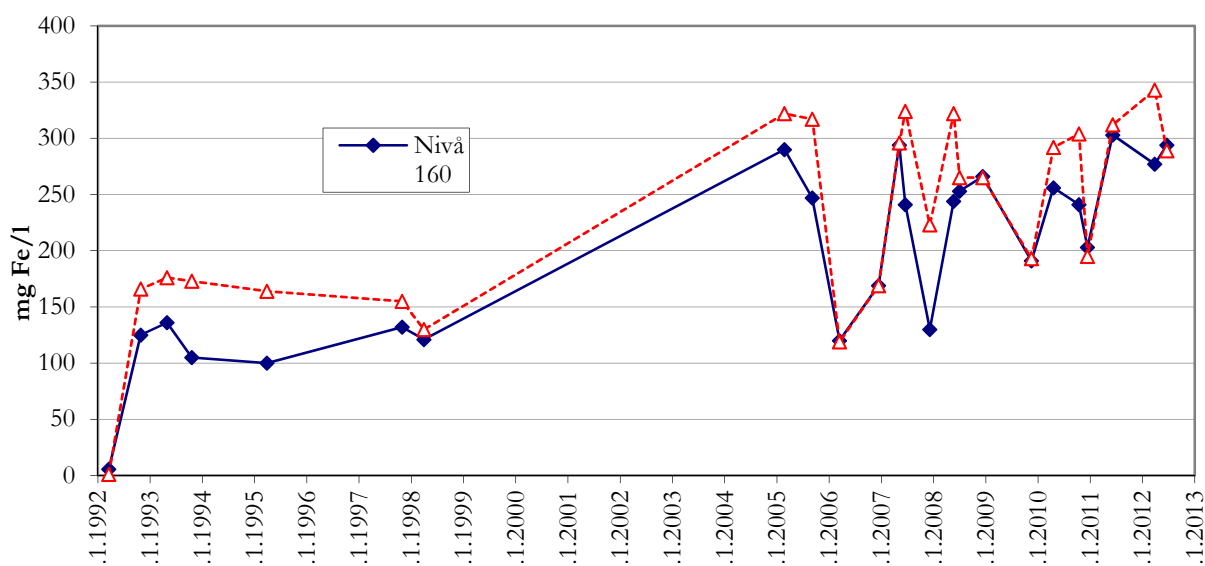
**Figur 26, Figur 27 og Figur 28.** Jernkonsentrasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012. Ingen målinger gjort i 2013. **Figur 28** viser utviklingen ved nivå 300 for pH, kobber, sink og jern fram til 2012. Resultatene viser store endringer etter at alle tilførsler fra Løkkensiden ble ledet til Gammelsjakta i 2005. Ved nivå 300 var vannkvaliteten surere og hadde et høyere metallinnhold enn ved de to nivåene ovenfor. Dette viser at omleggingen av innløpet førte til at hovedtyngden av tilførslene fra Løkkensiden for tiden beveger seg mot Wallenberg sjakt på nivå 300. Nivåene under 300 er ennå ikke påvirket av tilførslene fra Løkkensiden.



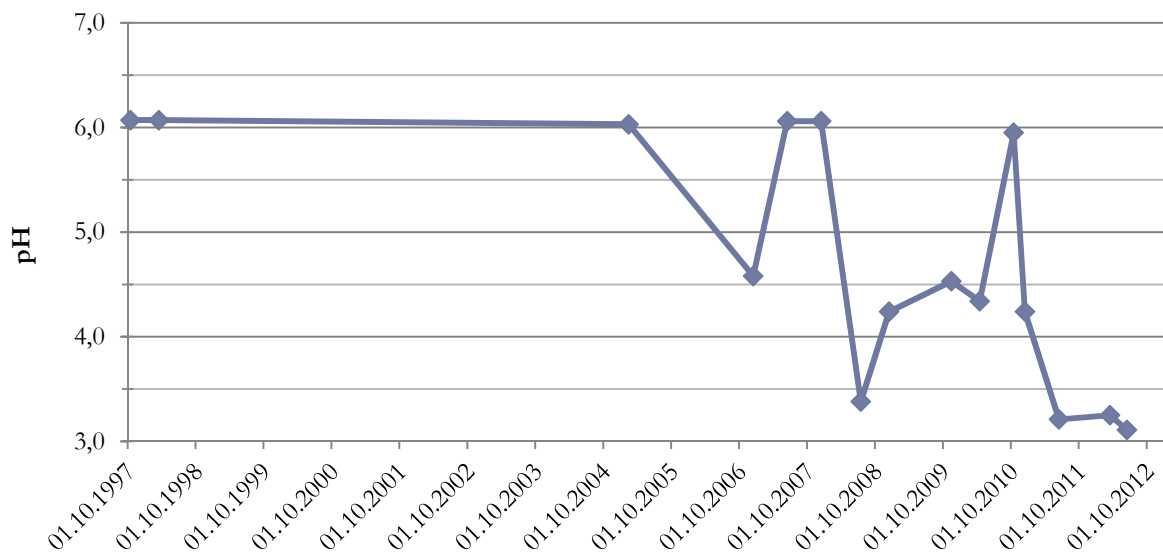
Figur 23. pH-observasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2012. Ingen målinger gjort i 2013.



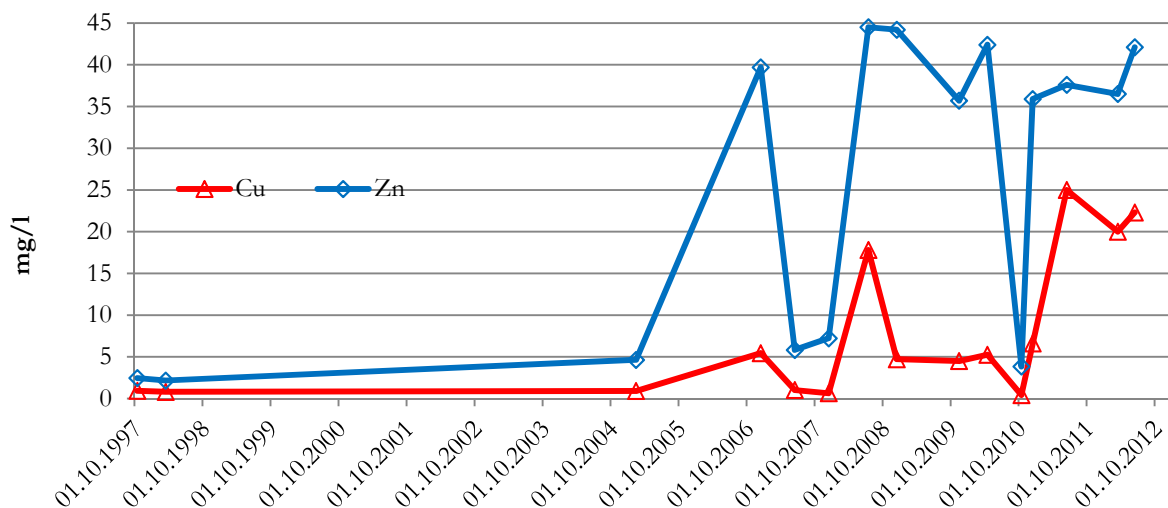
Figur 24. Kobberkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2012. Ingen målinger gjort i 2013.



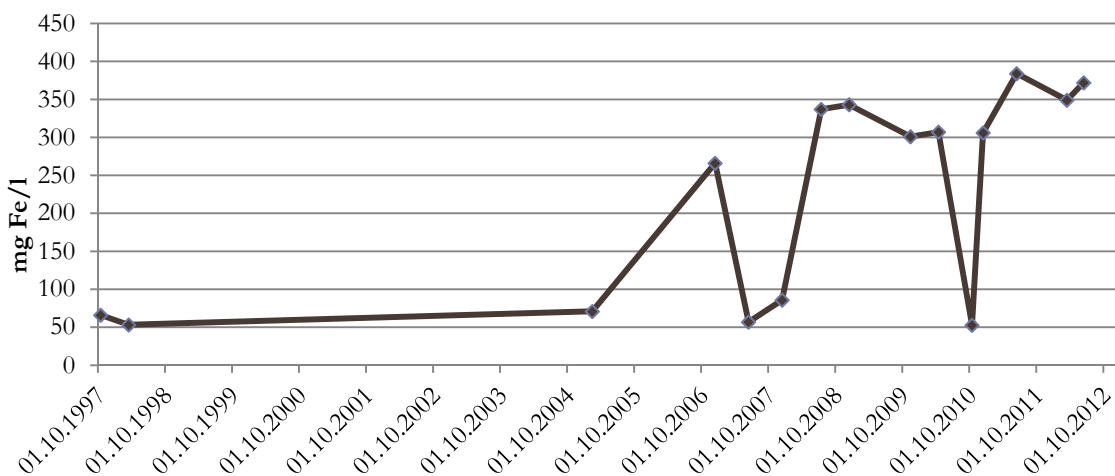
Figur 25. Jernkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2012. Ingen målinger gjort i 2013.



Figur 26. pH-observasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012. Ingen målinger gjort i 2013.

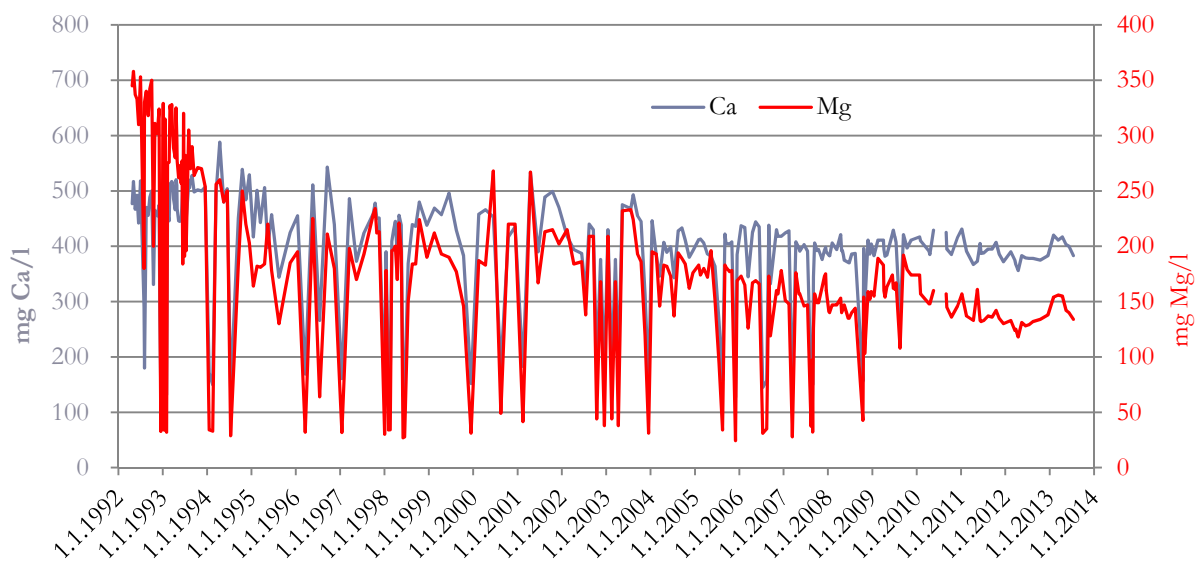


Figur 27. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012. Ingen målinger gjort i 2013.



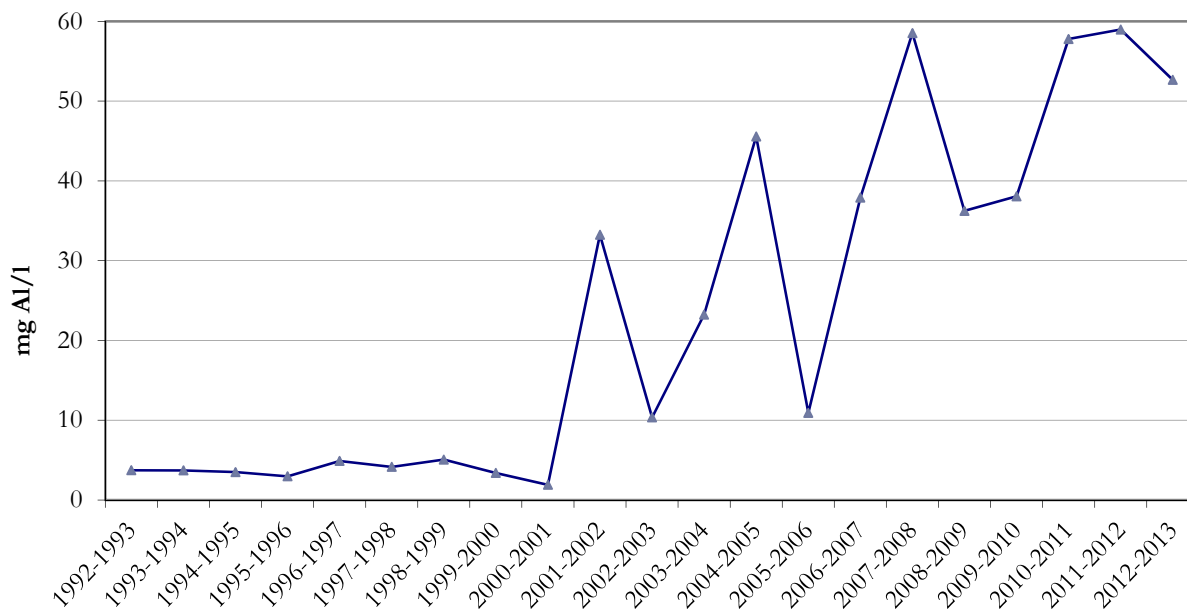
Figur 28. Jernkonsentrasjoner ved nivå 300 i perioden 1997-2012. Ingen målinger gjort i 2013.

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 1992-2013.

Resultatene viser at både kalsium- og magnesiumkonsentrasjonene har avtatt gradvis i alle år og avtar fortsatt. Magnesium har avtatt mest. De meget lave konsentrasjonene bør sees i bort ifra fordi de målingene representerer hovedsakelig rent infiltrasjonsvann som kommer inn gjennom rasområdet i Fagerlia. Fallende pH-verdier i gruva som følge av lavere nøytraliseringseffekt 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 toverdige 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 aluminium i utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon i alle år siden 1992.



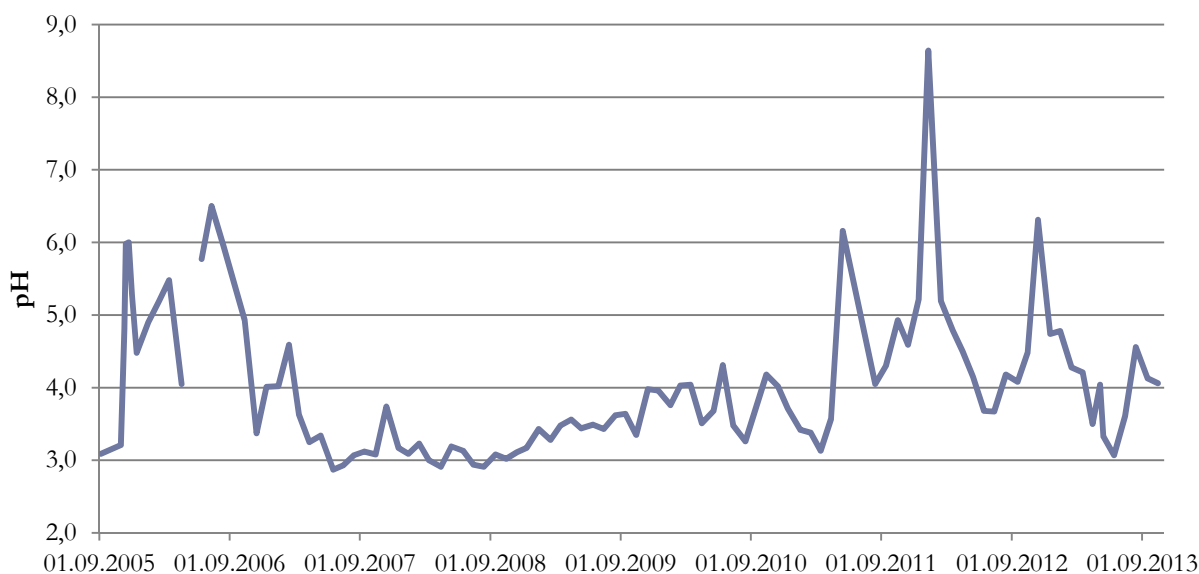
**Figur 30.** Årsmiddelverdier for aluminium ved utløpet av Wallenberg pumpestasjon 1992-2013.

### 3.3.2 Utløp Fagerlivatn

**Tabell 7.** pH-verdier ved utløpet av Fagerlivatn i 2012-2013.

Prøve tatt	pH	Kond mS/m
17.09.2012	4,08	148,0
15.10.2012	4,48	164,9
13.11.2012	6,31	139,1
17.12.2012	4,74	173,1
14.01.2013	4,78	175,5
15.02.2013	4,28	175,6
18.03.2013	4,21	128,0
15.04.2013	3,50	192,7
06.05.2013	4,04	56,8
15.05.2013	3,33	101,3
14.06.2013	3,07	165,3
15.07.2013	3,61	155,7
14.08.2013	4,56	124,0
16.09.2013	4,13	164,8
15.10.2013	4,06	148,9

Gruvevannet fra Wallenberg pumpestasjon føres til Fagerlivatn via en kalkingsstasjon. I 2010-2011 ble en kalkingsstasjon etablert for utgående gruvevann. I denne forbindelse har vannkvaliteten blitt fulgt opp ved utløpet av Fagerlivatn mht. pH-verdier. Mesteparten av jernet i gruvevannet har hittil foreligget som toverdige. Ute i vannmassene i Fagerlivatn oksiderer det toverdige jernet til treverdige. Treverdige jern felles ut som hydroksid (hydrolyse) i vannmassene. Denne reaksjonen medfører et pH-fall. I perioder hvor gruva ikke blir pumpet så tas vann inn fra Fagerlivatn og tilført kalk. I 2012-2013 så har det utpumpede vannet for en stor del blitt tilsatt kalk kontinuerlig for å heve pH og felle jern og tungmetaller. I november 2005 ble Fagerlivatn overflatekalket for å teste denne metoden som tiltak mot akutt forurensning. **Tabell 7** gjengir analyseresultatene for 2012-2013 mens **Figur 31** viser observasjonsmaterialet for pH for hele perioden 2005-2013. Å kalke kontinuerlig har bidratt til å heve pH-verdien i Fagerlivatn noe.



**Figur 31.** pH-verdier ved utløpet av Fagerlivatn 2005-2013.

### 3.3.3 Utløp Bjørnlivatn

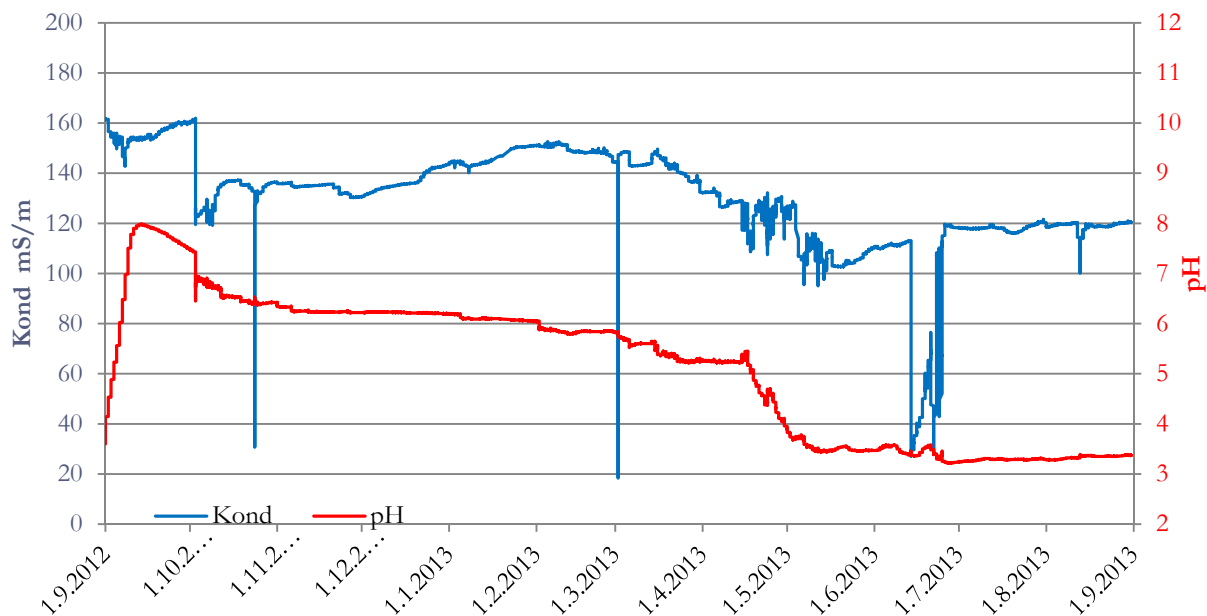
Stasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn er benyttet i en lang rekke år. Den ble opprettet av gruveselskapet i sin tid. Etter at oppryddingstiltakene etter gruvedriften ble avsluttet i begynnelsen av 1990-årene, bedret vannkvaliteten seg betydelig. pH-verdiene steg og metallkonsentrasjonene avtok. Jernkonsentrasjonene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

**Tabell 8.** Utløp Bjørnlivatn. Tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år 1972-2013.

Hyd.år	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
1972-1973	5,35							1,62	9,54							
1973-1974	4,83							1,45	9,42							
1974-1975	5,27	112,1	500,5	64,4	11,8		1,52	1,03	6,59							
1975-1976	3,94	163,5	706,9	88,4	9,31		11,03	2,09	7,38							
1976-1977	3,62	164,8	823,2	204,3	11,8		17,68	2,21	8,54							
1977-1978	4,26	151,7	717,7	204,1	10,5		16,24	1,99	6,42							
1978-1979	4,33	137,5	649,6	262,9	9,22		11,72	2,51	8,19		0,029					
1979-1980	4,14	151,7	856,0	246,6	9,95		12,97	1,83	7,86		0,033					
1980-1981	3,81	133,4	749,6	265,6	9,99		16,09	2,69	7,38		0,027					
1981-1982	4,13	171,6	837,4	329,3	8,85		14,95	1,82	5,64		0,017					
1982-1983	3,53	179,4	965,8				20,29	2,44	6,09		0,020					
1983-1984	3,13	174,8	832,7	218,2	13,3		21,00	3,04	7,69							
1984-1985	3,56	176,2	945,7	280,6	11,2		17,16	2,12	5,84							
1985-1986	3,45	158,7	861,8	292,1	11,0		13,52	2,36	5,69							
1986-1987	3,69	164,7	854,1	297,9	8,97		18,26	1,91	3,79							
1987-1988	3,16	153,2	750,4	227,0	11,4		22,56	2,37	4,68							
1988-1989	3,79	99,0	514,7	142,6	10,2	4,02	4,48	2,27	4,88		0,017					74,7
1989-1990	3,53	93,9	473,2	119,2	10,4	4,46	3,44	2,15	4,83		0,014					51,6
1990-1991	3,71						1,69	1,85	4,65							
1991-1992	3,93	77,3	365,6	117,2	13,6	2,95	1,43	1,72	4,75		0,025	0,86	0,040	0,106		73,5
1992-1993	3,96	128,7	755,6	189,6	56,2	2,15	2,11	1,84	9,72			2,68	0,038	0,244		99,1
1993-1994	5,87	145,7	840,4	209,7	70,4		1,25	1,28	8,36			3,10	0,054	0,253	5,21	38,7
2005-2006	4,12	121,2	667,3	152,5	42,6	5,45	4,72	1,51	6,40	<0,01	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	1,13	1,95	1,05	4,10	0,01	0,014	0,77	0,033	0,130	4,36	76,3
2012-2013	4,64	113,4	681,5	194,5	28,4	1,80	1,51	0,40	3,94	<0,01	0,013	0,83	0,032	0,129	4,30	77,5

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 via Fagerlivatn. 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 2012-2013 er samlet i **Tabell 27** i vedlegg A bak i rapporten.



**Figur 32.** Kontinuerlige pH- og konduktivitetmålinger ved utløpet av Bjørnlivatn i 2012-2013.

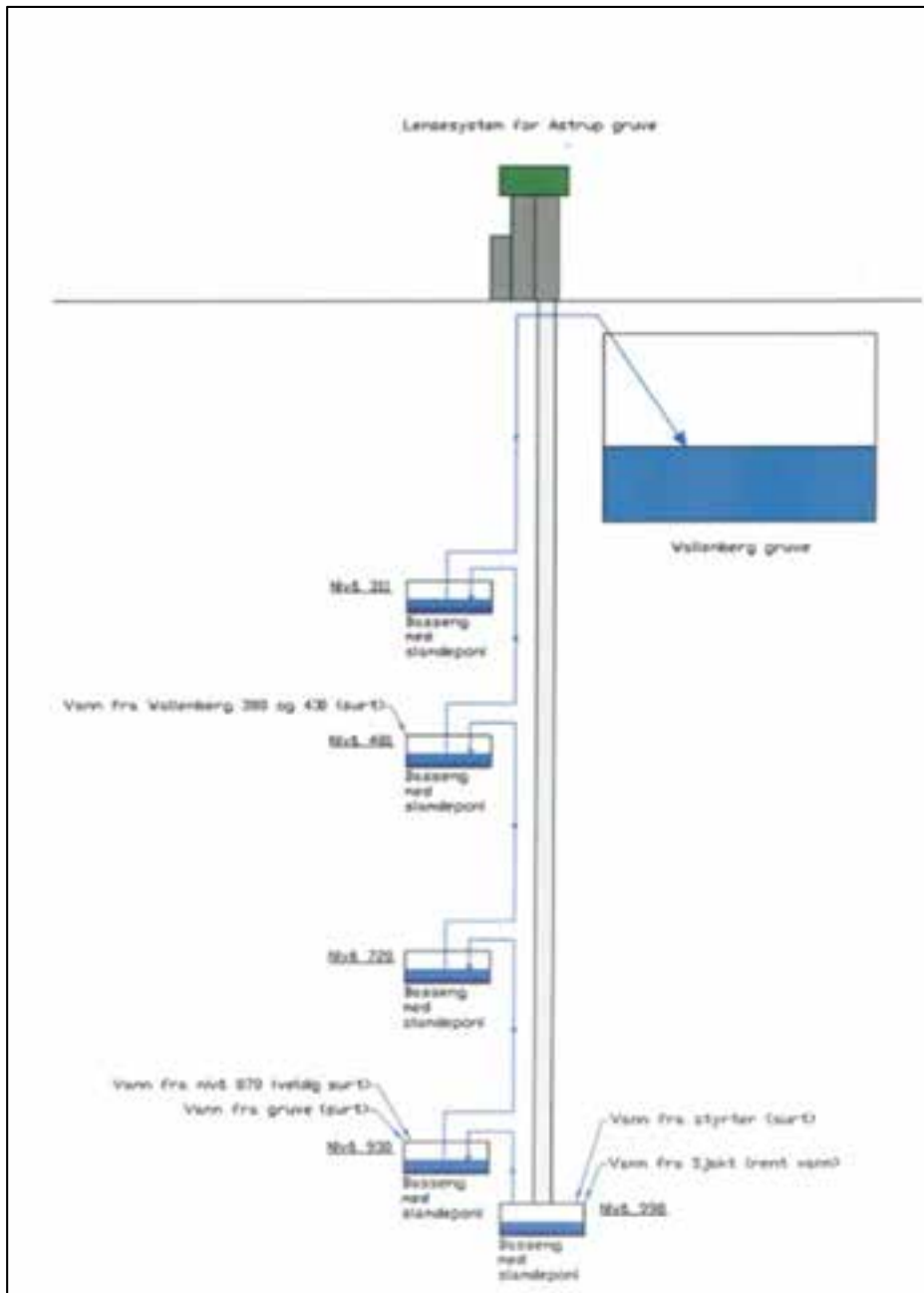
1.8.12 og 1.9.12 ble Bjørnlivatn overflatekalket for å hindre veldig lave pH-verdier under vinteren når vannet er dekket med is og nødkalking ikke vil være mulig. **Figur 32** viser loggerverdiene for pH og konduktivitet ved målestasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn. Figuren viser at pH-verdiene falt gradvis fra 8 til 6 i løpet av ca. 5 måneder. I løpet av de neste 3,5 mnd. så falt pH videre til et relativt stabilt lavt pH-nivå på rundt 3,5. I **Tabell 27** i Vedlegg A vises virkningene av kalkingen for analyseresultatene. Det som er tydelig fra vannkjemidataene, er at ved pH rundt 8 så er konsentrasjonene av metallene lavere enn ved pH verdier ned mot 3,5. Konsentrasjonene av jern og aluminium holder seg lave til prøvetaking i april, med en pH på 5,4. For Zn, Cd, Mn og Co er effekten kortvarig.

### 3.3.4 Astrup gruveområde

NIVA foretok analyse av gruvevannet fra Astrup gruve mens gruve driftet 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 skråningsdug som fører ned til nivå 380. **Figur 33** viser en prinsippskisse over lensesystemet 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. Vannet som pumpes opp fra Astrup blir også berørt av ammonisjonsdestruksjon som gjøres av Nammo NAD nede i Astrup gruve. Alle vannanalyser fra Astrup er samlet i **Tabell 28** i Vedlegg A. Alle vannprøvene har samme relative sammensetning av metaller. De eneste målte parameterne som ikke følger samme kurve er Ca. Ca innholdet er høyt ved de høyeste pH verdiene, mens resten av tungmetallene er sine høyeste verdier ved de laveste pH verdiene. Sulfatinnholdet følger tungmetallinnholdet. I absolutte verdier ligger pH for litt over verdiene for Stallgata og Stasjon B og C i Gammelgruva, men resten av analysene er i samme måleområde. Variasjonene i løpet av året ligner ikke

Stallgata, stasjon B, stasjon C eller nedbørsmønster. Konsentrasjonene blir trolig mer påvirket av at det benyttes ferskvann til spyling av trevirke i sjakta, mer enn nedbørsmønster utenfor gruva. Variasjonene fra prøve til prøve ser ut til og kun påvirkes av fortykning og rester etter destruksjon av sprengstoff ved måling av ammonium. Metallsammensetningen er et resultat av gruvevannet i nærområdet.



Figur 33. Lensesystemet i Astrup gruve.

### 3.4 Vassdragsstasjoner

#### 3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk

Analyseresultatene for året 2012-2013 er samlet i **Tabell 30** i vedlegg A bak. I **Tabell 9** er det gjort en beregning av tidsveiede årlige middelværdier for hydrologiske år fra 1989/1990. Fra sommeren 2005 har det vært kontinuerlige vannføringsmålinger i Raubekken. Årsmiddelvannføringen er beregnet vha. døgnmiddelvannføringene.

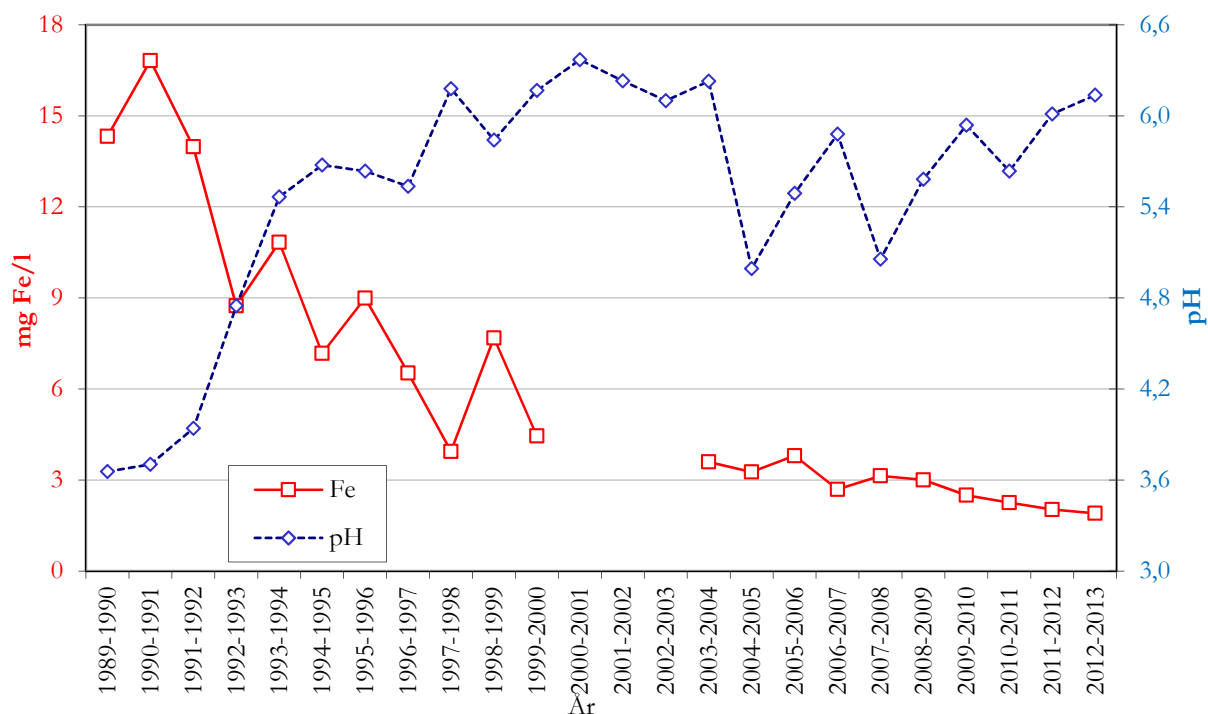


Etter at tiltaksplanen ble satt i kraft i 1992, bedret vannkvaliteten seg. pH-verdiene økte gradvis fram til 2003/2004. Det har vært noen episoder med økte tilførsler fra Løkkensiden som følge av brudd på drensledninger eller styrte utslipp av overskuddsvann pga. problemer med innløpet i gruva. Disse har vært relativt kortvarige og har stort sett skjedd mens fortyningssituasjonen i bekken var god. Disse episodene har kun gitt seg ubetydelige utslag i årsmiddelverdiene mht. konsentrasjoner. De mest langvarige utslippene var i året 2004-2005. Dette ga seg utslag i en lavere middelvei for pH. Etter 2005 har det også vært kortvarige utslipp som er ledet til Raubekken. Det er særlig avrenningen fra Nordre berghald som delvis går utenom drens-systemet når det er store nedbørmengder eller mye snøsmelting som er en av hovedkildene for forurensningstilførsler til Raubekken. Det har også forekommet at pumpestasjonen i Stallgata er stoppet av hensyn til fare for flom i gruva. Slike tiltak ble foretatt våren 2012.

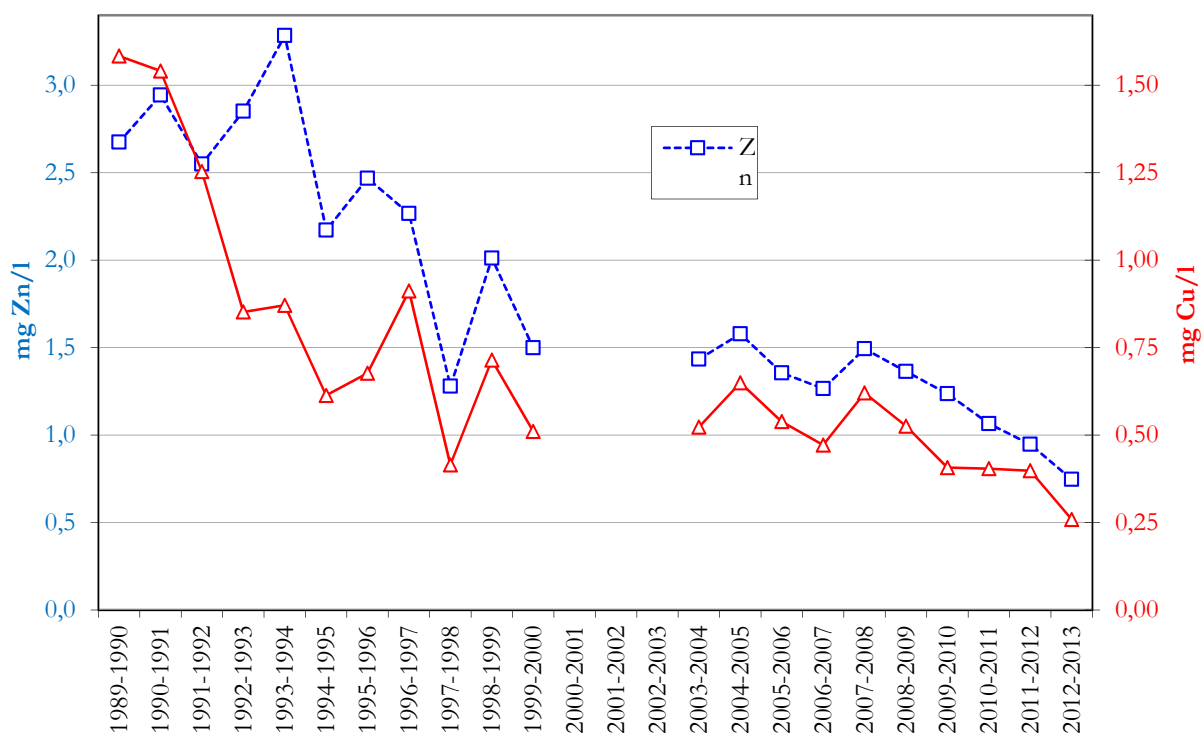
**Tabell 9.** Tidsveiede årlige middelveier for stasjonen i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2013.

Hyd.år	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	l/s
1989-1990	3,66	35,2	126,5	25,19	5,39		14,33	1,58	2,67	5,1	878
1990-1991	3,70	37,2	147,6	28,84	5,10		16,82	1,54	2,94	6,7	974
1991-1992	3,94	38,8	138,1	28,01	5,63		13,98	1,25	2,55	4,9	1069
1992-1993	4,75	37,0	162,1	39,52	11,79	2,63	8,74	0,85	2,85	5,9	929
1993-1994	5,47	45,3	201,0	47,49	15,10	2,37	10,84	0,87	3,28	6,1	555
1994-1995	5,68	34,8	151,5	40,64	10,66	1,70	7,17	0,61	2,17	4,6	896
1995-1996	5,64	40,4	173,0	42,73	11,29	2,28	8,99	0,68	2,47	5,4	607
1996-1997	5,54	37,3	155,4	38,09	10,08	2,60	6,53	0,91	2,27	5,8	1402
1997-1998	6,18	26,3	102,3	29,36	7,17	1,20	3,94	0,41	1,28	3,1	1137
1998-1999	5,84	36,4	162,6	41,04	10,70	2,38	7,68	0,71	2,01	4,4	808
1999-2000	6,17	30,3	124,5	34,65	8,57	1,45	4,45	0,51	1,50	3,2	1215
2000-2001	6,37	39,9	171,0								576
2001-2002	6,23	31,4	110,8								1139
2002-2003	6,10	33,2	140,8								855
2003-2004	6,23	31,1	127,1	34,81	8,85	1,69	3,60	0,52	1,43	3,3	1107
2004-2005	4,99	28,4	124,5	29,09	7,24	2,24	3,26	0,65	1,58	1,6	1990
2005-2006	5,49	32,2	119,6	31,64	7,41	2,02	3,80	0,54	1,36	3,5	1084
2006-2007	5,88	29,5	123,2	32,89	7,63	1,51	2,69	0,47	1,27	3,0	1472
2007-2008	5,06	28,3	118,9	29,55	6,65	2,45	3,14	0,62	1,49	4,5	1817
2008-2009	5,58	27,9	112,8	29,08	6,21	2,23	3,00	0,53	1,36	3,8	1068
2009-2010	5,94	28,6	112,0	30,94	6,91	1,74	2,50	0,41	1,24	3,3	1087
2010-2011	5,64	24,5	101,6	27,23	5,91	1,70	2,25	0,40	1,07	2,9	1493
2011-2012	6,01	31,1	127,8	42,54	5,86	1,15	2,03	0,40	0,95	2,9	687
2012-2013	6,14	29,4	120,2	40,48	5,87	1,13	1,9	0,26	0,75	2,2	976

Høsten 2009 ble stasjonen i Raubekken oppgradert med kontinuerlige målinger av pH og konduktivitet, samt mengdeproporsjonal blandprøvetaking. Analyseresultatene for blandprøvene for året 2012-2013 er samlet i **Tabell 31** i vedlegget bak i rapporten. **Figur 34** og **Figur 35** viser en grafisk fremstilling av årsmiddelverdiene for pH, jern, kobber og sink i Raubekken.



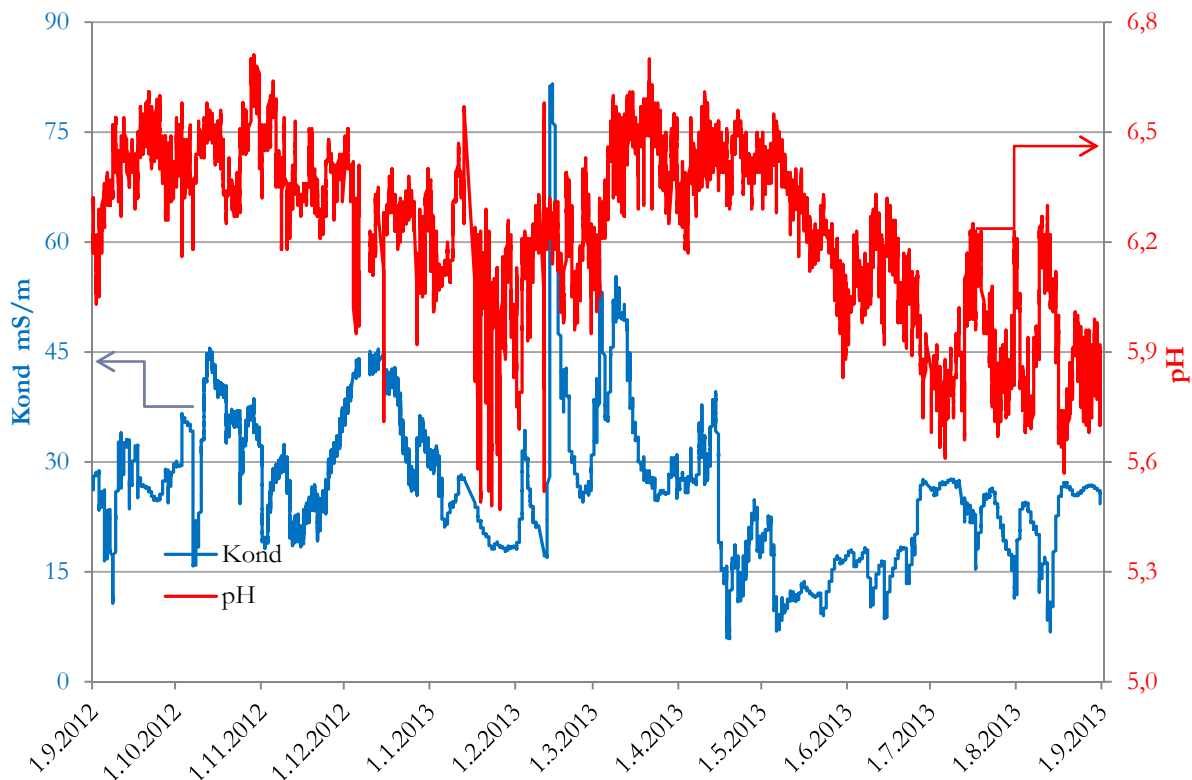
Figur 34. Årsmiddelverdier for pH og jern i Raubekken 1989-2013.



Figur 35. Årsmiddelverdier for kobber og sink i Raubekken 1989-2013.

Etter at siste tiltaksplan ble satt i drift i 1992 har pH-verdiene økt og metallverdiene avtatt. Nødoverløp på grunn av store nedbørmengder og liten kapasitet i selve gruva ble tiltatt fra stallgata til Raubekken i 2004-2005 og i 2007-2008 noe som 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

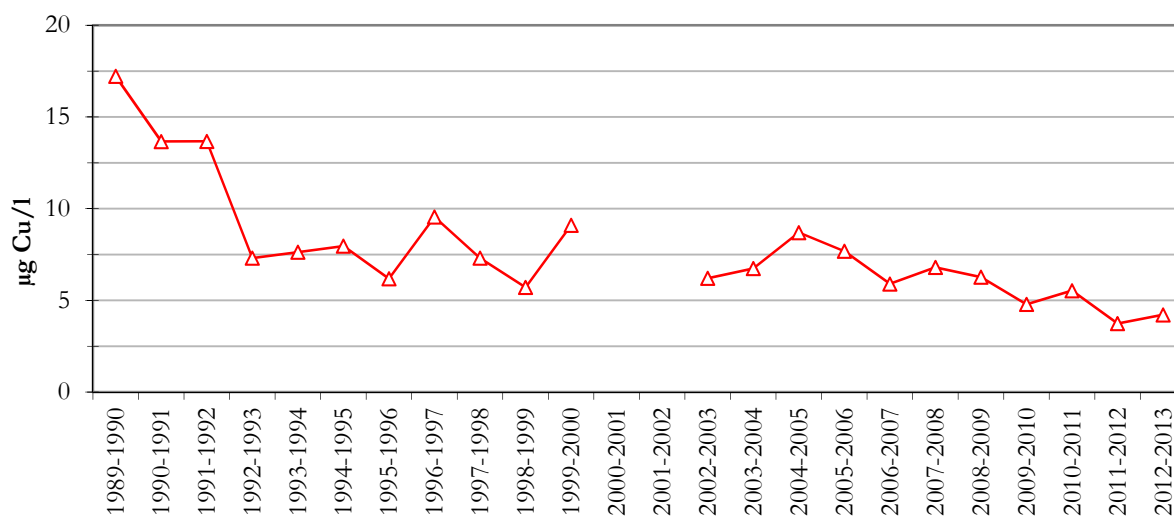
Løkken-siden bl. annet september 2012 for å samle opp mer av avrenningen fra Nordre berghald, samt å lede bort relativt rent vann fra velteområdet for å redusere utvasking. Tiltakene førte til at pH-verdiene i Raubekken økte litt i forhold til foregående år, se **Figur 34**. **Figur 36** viser resultatene 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 2012-2013.

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

### 3.4.2 Orkla ved Vormstad



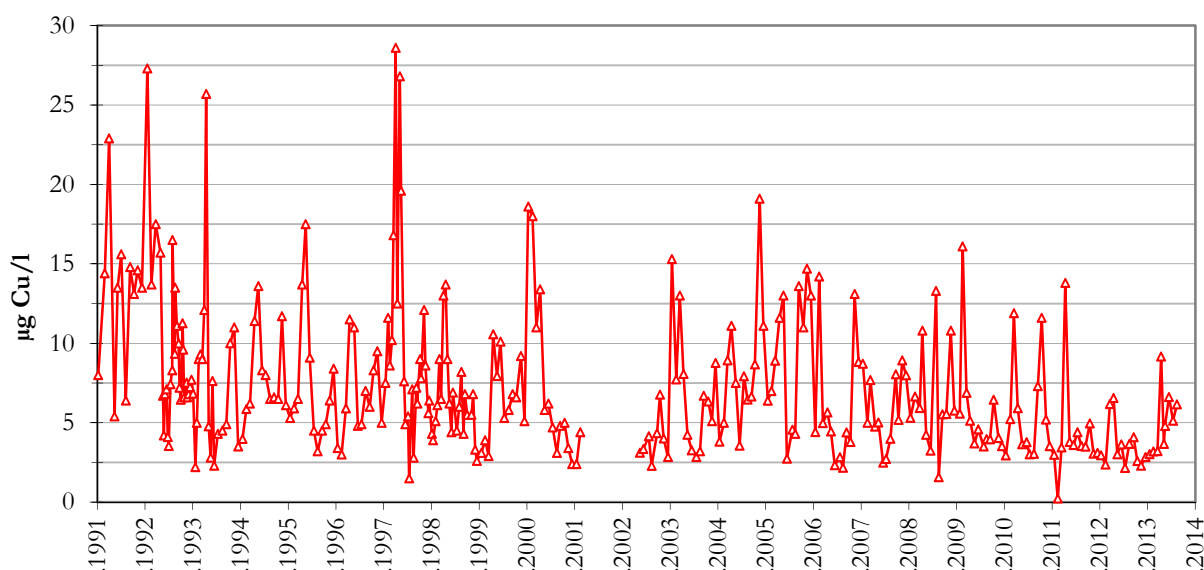
**Figur 37.** Tidsveiede årsmiddelverdier for kobber i Orkla ved Vormstad 1989-2013.

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 det finnes 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 er analysemateriale tilbake til 1989 inkludert. Tiltaksplanen til Løkken Gruber fikk sin fulle virkning i april 1992 da utslippene fra Wallenberg pumpestasjon startet. I **Tabell 29** i vedlegget bak er det samlet resultatene for prøvetakingene i 2012-2013. I **Tabell 10** er beregnede tidsveiede årsmiddelverdier for noen viktige metaller for hydrologiske år fra 1989.

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

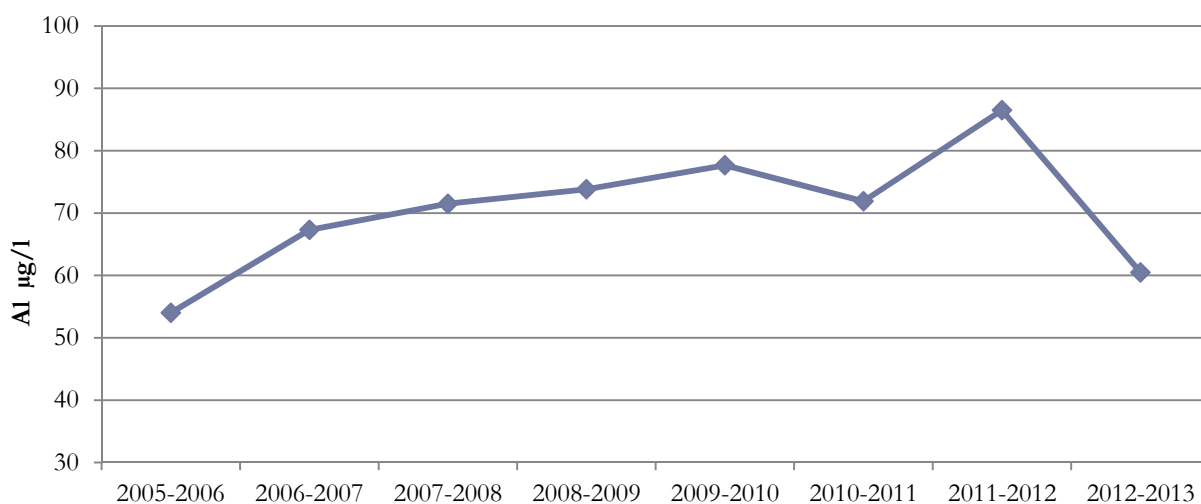
Hyd.år	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Hyd.år	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Al µg/l
1989-1990	386	17,2	31,2	2001-2002	143			
1990-1991	222	13,7	30,6	2002-2003	125	6,2	16,8	
1991-1992	263	13,7	28,4	2003-2004	124	6,7	18,0	
1992-1993	211	7,3	32,4	2004-2005		8,7	22,1	
1993-1994	151	7,6	26,2	2005-2006	112	7,7	19,4	54,0
1994-1995	146	8,0	24,1	2006-2007	129	5,9	15,0	67,3
1995-1996	113	6,2	18,5	2007-2008	139	6,8	14,6	71,5
1996-1997	166	9,6	29,1	2008-2009	117	6,3	14,7	73,8
1997-1998	140	7,3	17,8	2009-2010	145	4,8	12,3	77,7
1998-1999	118	5,7	15,5	2010-2011	131	5,5	18,8	71,9
1999-2000	144	9,1	27,4	2011-2012	147	3,7	8,8	86,5
2000-2001	108			2012-2013	113	4,2	10,4	60,5

I **Figur 37** er årsmiddelverdien for kobber fremstilt grafisk. Middelverdien for kobber har ligget under målet på 10 µg/l i alle år etter at tiltaksplanene ble satt i drift i 1992. Verdien falt ytterligere siste år pga. reduserte tilførsler fra Raubekken grunnet bedre drenering som ikke slippes direkte ut og kontinuerlig kalking i Bjørnlivatn. For å vurdere faren for eventuelle uønskede biologiske effekter, er det viktig å ha tilsyn med øyeblikksverdier ikke bare gjennomsnittsverdier.



**Figur 38.** Kobberobservasjoner i Orkla ved Vormstad 1991-2013.

**Figur 38** viser observasjonsmaterialet for kobber i årene 1991-2013. Figuren viser at en har hatt flere episoder med verdier over 10 µg/l kobber. I de senere år er nødutslipp av drensvann fra Løkken-siden fra 2002 som følge av gjentettingsproblemer og omlegging av innløp i Gammelgruva en av årsakene til øyeblikksverdier de høye kobberverdiene. I 2011-2012 eller 2012-2013 ble det ikke påvist kobberkonsentrasjoner over 10 µg/l. I denne perioden er som Klima- og forurensningsdirektoratet (nå miljødirektoratet) har satt oppnådd også for de påviste konsentrasjonene. De gode resultatene i Raubekken og Orkla er trolig helt avhengig av kalking i Bjørnlivatn og god kvalitet i Orkla er avhengig av å ha kontroll på situasjonen i Bjørnlivatn for å unngå uheldige episoder.



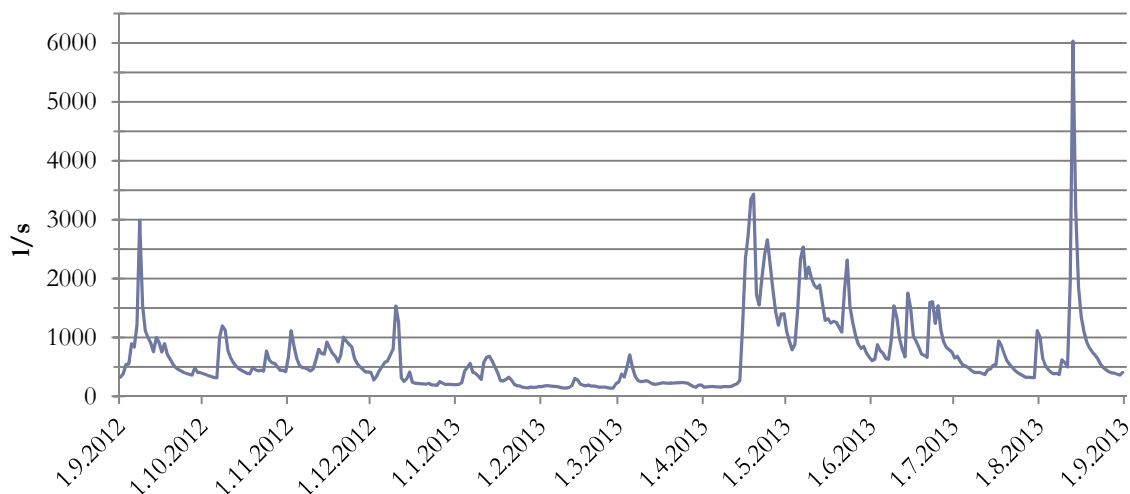
**Figur 39.** Tidsveiede middelverdier for aluminium hydrologiske år 2005-2013.

Da effekten av kalkdosen i Bjørnlivatn tok slutt sommeren 2012 (Iversen, 2012), ble det tydelig at særlig aluminium-konsentrasjonene økte. Det er derfor viktig å ha fokus på aluminium siden høye Al verdier også er en uønsket utvikling. **Figur 39** viser hvordan årsmiddelverdiene for aluminium har utviklet seg siden målingene ble startet i 2005. Det har vært en jevn økning i Al verdiene, men for siste måleperiode har aluminiumskonsentrasjonene sunket merkbart fra foregående år. Denne utviklingen av aluminiumskonsentrasjoner i Orkla gjenspeiler ikke årsmiddelkonsentrasjonene målt ut fra Bjørnlivatn eller Raubekken siden 2005. Sistnevnte to målestasjoner har hatt en svak reduksjon i aluminium i stort sett hele perioden. Data for aluminium for disse stasjonene er vist i **Tabell 8** og **Tabell 9**.

## 4. Massebalanser

### 4.1 Vannbalanse

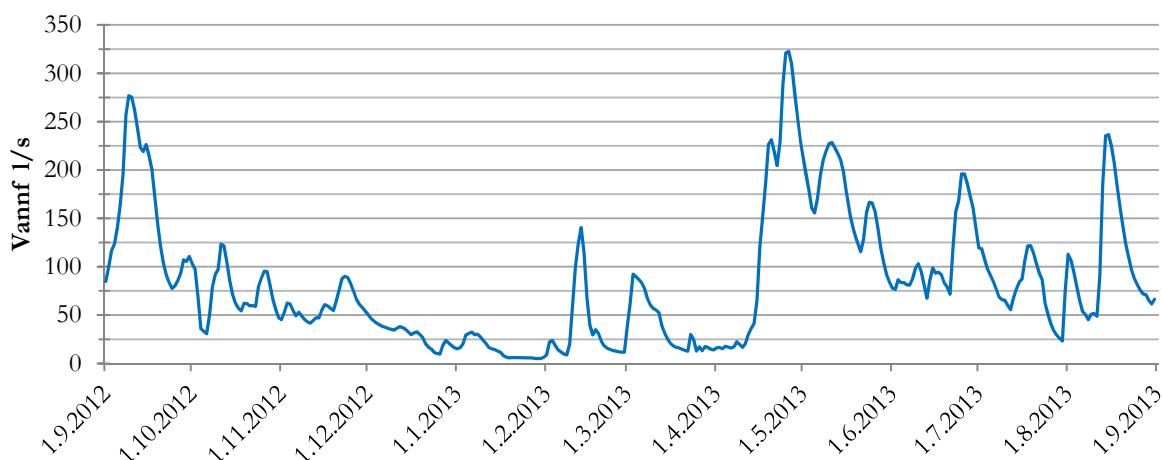
#### 4.1.1 Bjørnlivatn – Raubekken



**Figur 40.** Døgnmiddelvannføringer i Raubekken i 2012 – 2013.

Vannføringene i Raubekken måles med en 120-graders V-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. 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 to ganger pr. time. Sommeren 2005 ble det montert en vannstandslogger ved vannmerket slik at eksisterende vannføringskurve kan benyttes 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.

**Figur 40** viser forløpet av vannføringsobservasjonene i 2012-2013. De høyeste vannføringene inntraff under vårfloppen i mars måned med unntak av ekstremverdier rundt 13.august, samt litt høye verdier i begynnelsen av september. I resten av perioden var vannføringene forholdsvis lave. **Figur 41** viser hvordan døgnmiddelvannføringen varierte i året 2012-2013 ved utløpet av Bjørnlivatn. Som for Raubekken ble det sen vårflopp i slutten av april måned.



**Figur 41.** Døgnmiddelvannføringer ved utløpet av Bjørnlivatn i 2012-2013.

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 tilførslene fra Wallenberg pumpestasjon som ble satt i drift i april 1992 i tillegg til nedbør. Det var flere flomtopper i løpet av det siste året. Den høyeste vannføringen i Raubekken ble målt den 13.8.2012. Da ble det målt ca. 6,0 m<sup>3</sup>/s som døgnmiddelvannføring. Det var høy vannføring ut av Bjørnlivatn denne datoen, men den høyeste døgnvannføringen ble målt til 0,32 m<sup>3</sup>/s den 25.4.13 altså under vårfloppen. De høyeste vannføringene inntreffer ofte i perioder med mildvær med regn og snøsmelting. Ved hjelp av døgnmiddelvannføringene har en i **Tabell 11** beregnet årsavrenningen og gitt en oversikt over middelvannføring, samt høyeste og laveste døgnmiddelvannføring.

**Tabell 11.** Avrenning fra Bjørnlivatn og i Raubekken i perioden 2005–2013.

	Raubekken							
	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Avrenning m <sup>3</sup>	34186727	46423605	45596457	35661959	32612735	39926757	31473297	21475089
Gj.snitt l/s	1084	1472	1442	1131	1046	1489	995	681
Max l/s	7700	7855	7027	6913	7626	6695	8528	6032
Min l/s	55	75	198	361	125	296	222	138
Median l/s	684	1139	1109	735	849	923	656	483
	Bjørnlivatn							
	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Avrenning m <sup>3</sup>	2184444	2891154	2795943	1784318	2373096	2953079	2943472	2634461
Gj.snitt l/s	66,1	91,7	102,1	57,7	75,3	93,6	93,1	83,5
Max l/s	296	291	281	246,5	265	411,9	434,9	322,7
Min l/s	2,48	12,8	8,3	4,36	6,6	10,8	16,9	5,1
Median l/s	50,4	80,9	71,6	41,3	60,8	69,3	77,5	66,2
% fra Bjørnlivatn til Raubekken	6,1	6,2	7,1	5,1	7,2	6,3	9,4	12,3

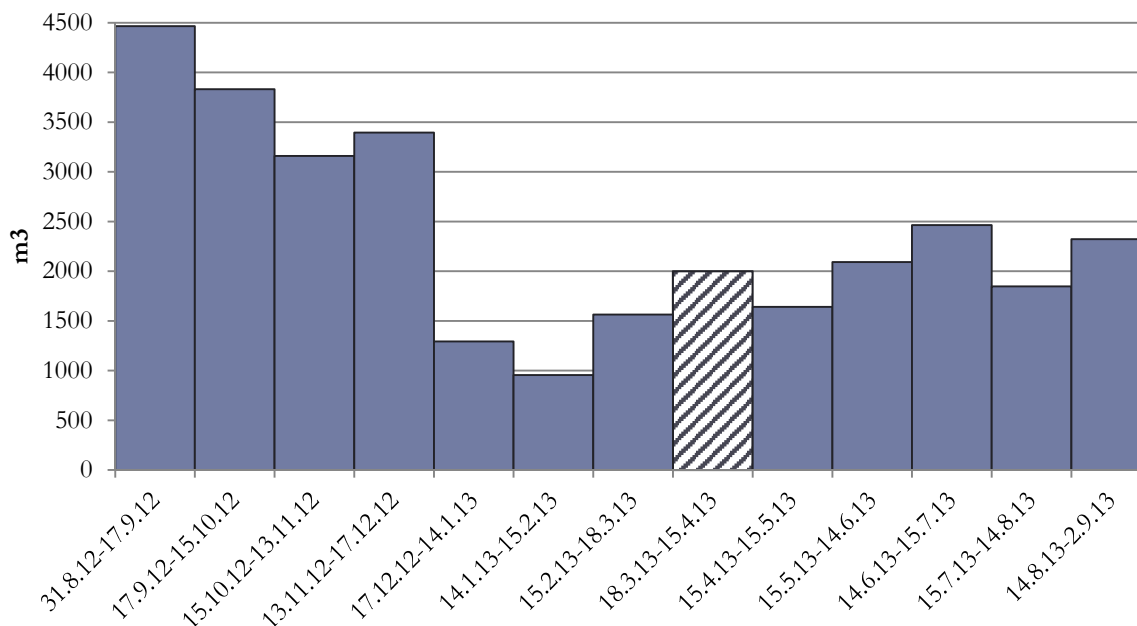
Avrenningen fra Bjørnlivatn utgjør ca. 5-12 % av samlet avrenning i Raubekken i følge målingene som er gjennomført siden 1.9.2005. I 2012-2013 har andelen fra Bjørnlivatn ned til Raubekken vært det høyeste som er målt siden 2005. En mulig årsak til stigningen er forbedret drenering på Løkkensiden som øker den relative vannmengden som gruva blir belastet med kontra det som renner rett i Raubekken. Økt vann inn i gruva vil over tid også føre til økt vann ut fra Bjørnlivatn.

#### 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)
- Drensgroft i Gammelgruva (stasjon C)
- Tilførsler fra Astrup gruveområde (måles av NAD)
- Tilførsler av vann til Gammelsjakt 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 innenfor et bestemt vannstandsintervall ved utpumping fra Wallenberg sjakt. Pumpestasjonen er styrt av vannstands nivået. 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.



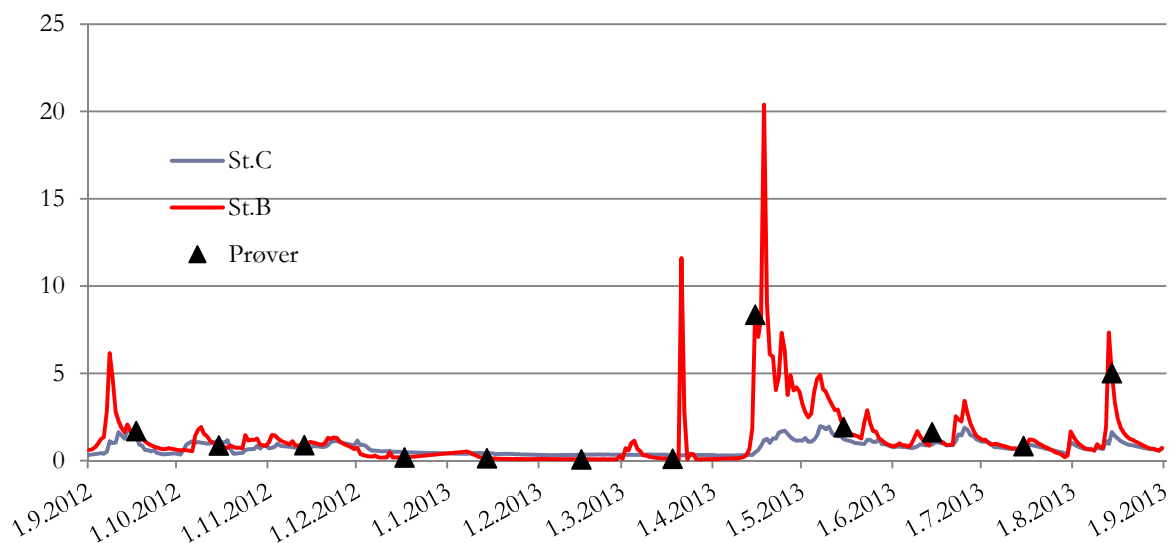
**Figur 42.** Stasjon A. Stallgata pumpestasjon. Utpumpet vannmengde i 2012-2013. Skravert søyle har usikker verdi på grunn av pumpehavari i perioden.

Ved stasjon A - Stallgata pumpestasjon leses pumpestanden av ved hver prøvetaking. **Figur 42** viser grafisk utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking i året 2012-2013. Det ble pumpet mest vann i august-desember 2012. Resten av året har utpumpet mengde vært en del lavere. Pumpehavari i mars/april kan medføre en viss feil i målt mengde. I **Tabell 12** er beregnet årsvolumer for 1997 til 2013. **Figur 43** viser døgnmiddelvannføringene ved de to stasjonene inne i Gammelgruva med markering av prøvetakingstidspunktene for vannprøver.

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

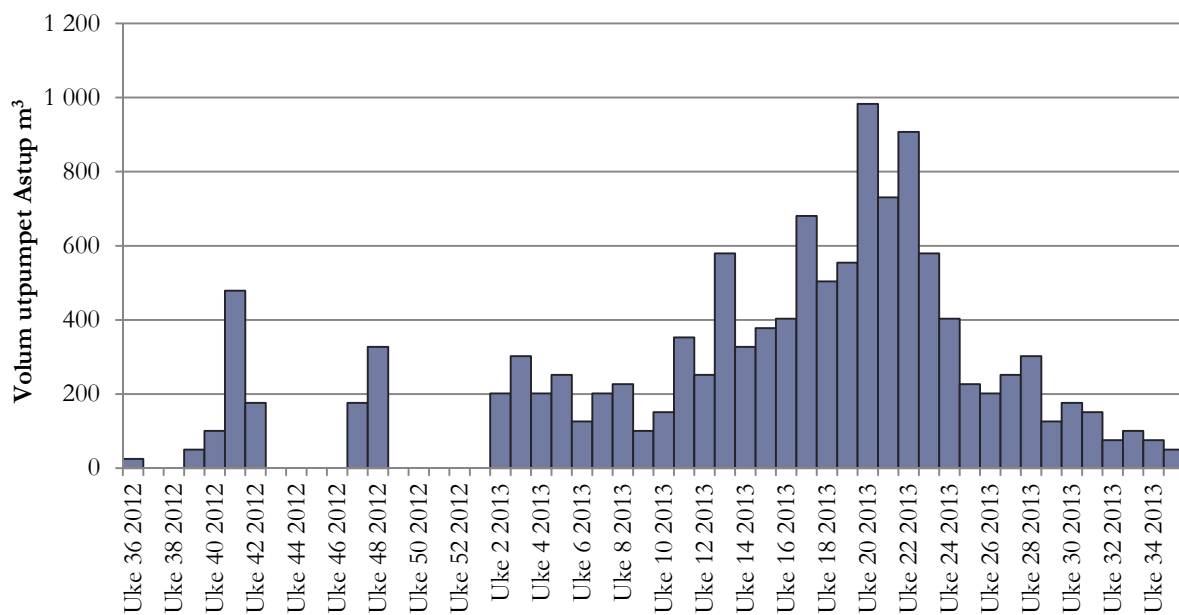
Periode	m <sup>3</sup>
1997-1998	72497
2002-2003	48603
2003-2004	79000
2004-2005	158757
2005-2006	73211
2006-2007	83663
2007-2008	80109
2008-2009	57406
2009-2010	78483
2010-2011	61699
2011-2012	85531
2012-2013	31030



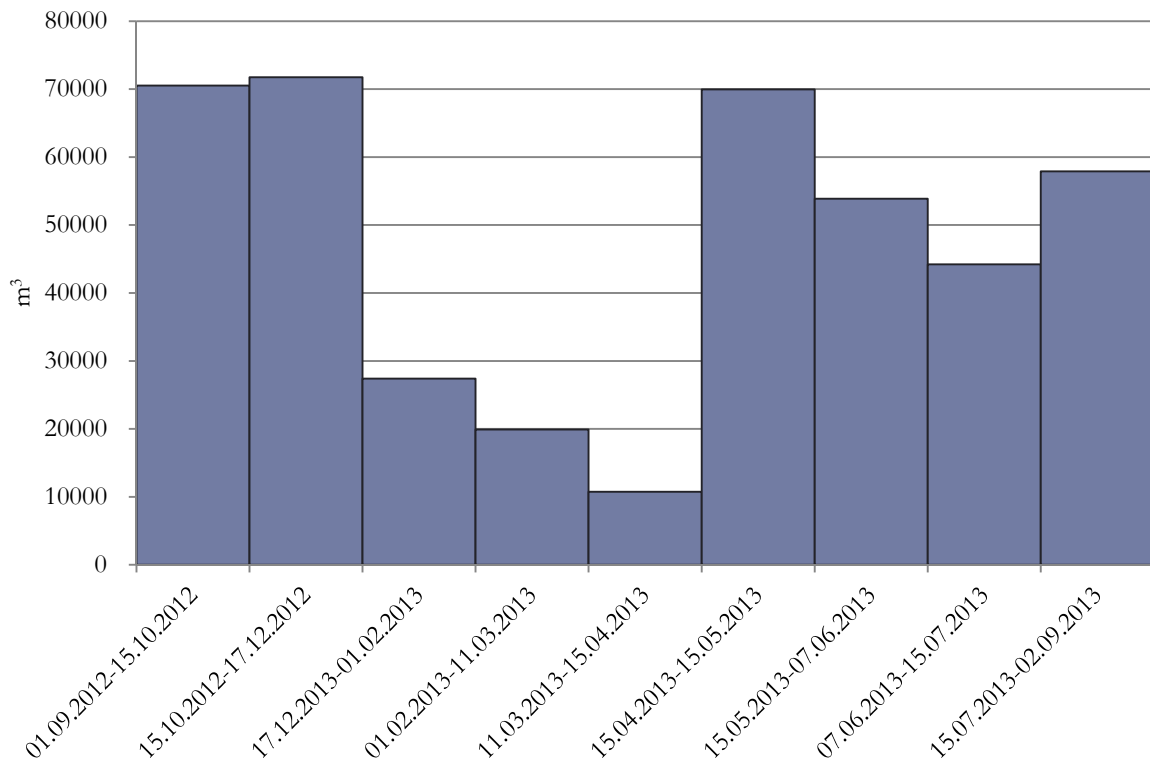


**Figur 43.** Døgnmiddelvannføring ved stasjonene B og C i 2012-13 med markering av prøvetakinger. Stasjon C er estimert på bakgrunn av data fra Stasjon B fra og med 5.7.13 til og med 31.8.13.

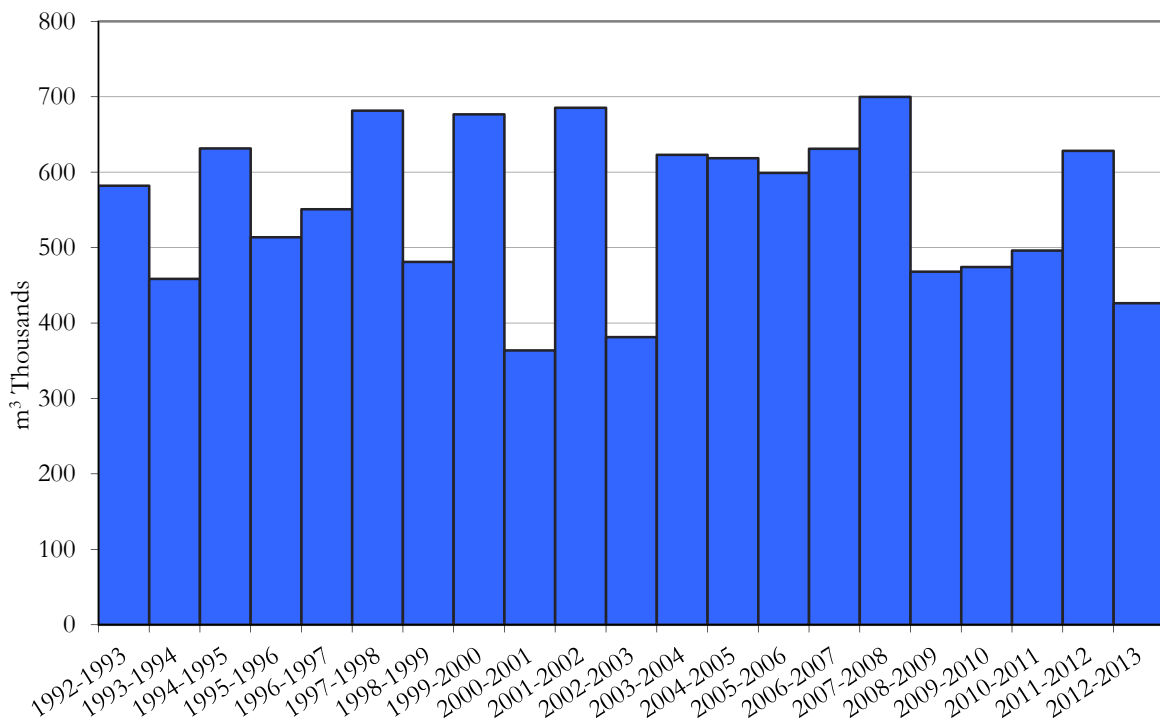
**Figur 44** og **Figur 45** viser utpumpet vannmengde for Astrup gruve og for Wallenberg pumpestasjon. **Figur 46** viser utpumpet vannmengde fra Wallenberg gruve i alle år mens



**Figur 44.** Pumping av vann fra Astrup gruve til Wallenberg gruve i 2012-2013 (Kilde: Nammo NAD).



Figur 45. Pumping av gruvevann fra Wallenberg pst i 2012-2013.

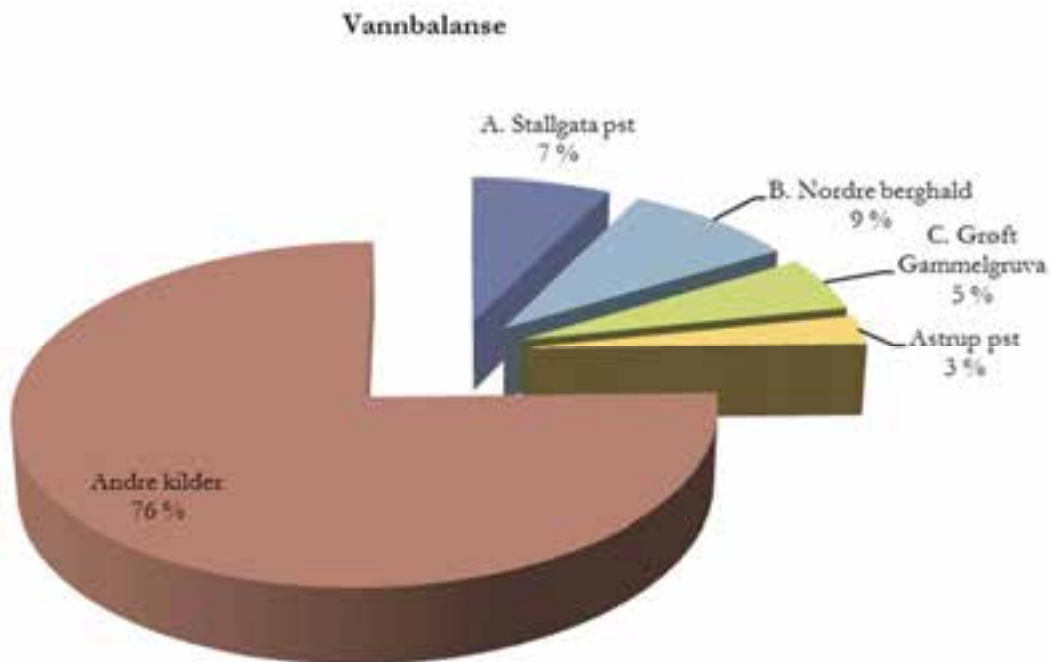


Figur 46. Årlig utpumpet vannmengde fra Wallenberg gruve for alle hydrologiske år 1992-2013.

**Tabell 13.** Samlet vannbalanse for målestasjonene i Wallenberg gruve.

Periode	Stasjon A Stallgata pst m <sup>3</sup>	Stasjon B. Nordre berghald m <sup>3</sup>	Stasjon C. Groft i Gammelgruva m <sup>3</sup>	Astrup pst. nivå 311 m <sup>3</sup>	Sum innløp m <sup>3</sup>	Wallenberg pst. m <sup>3</sup>	Diffe- ranse m <sup>3</sup>
1992-1993	48900	52600	18200		911743	925500	13757
1997-1998	72497	93131	32354	30000	466400	635734	169334
2005-2006	73000	105821	70981	46000	295803	600000	304197
2006-2007	83663	142366	107898	37145	371072	631096	260024
2007-2008	80109	103711	56882	27695	268397	699820	431423
2008-2009	57406	37026	51273	21798	167503	468184	300681
2009-2010	78483	35272	66325	16229	196309	474165	277856
2010-2011	61699	47392	51014	17287	177392	496081	318689
2011-2012	85531	69630	35719	16355	207234	628244	421010
2012-2013	31030	38659	22847	12474	105010	426292	321282

**Figur 47** viser vannbalansen på gruva i 2011-2012. Det årlige datagrunnlaget er samlet i **Tabell 13**. Andre kilder her er innstrømning til gruva gjennom sprekkesystemer eller åpninger som ikke er monitorert. Det er en liten usikkerhet i «andre kilder» som avhenger av vannstanden i gruva ved start av måleår sammenlignet med ved slutten av måleåret siden andre kilder er beregnet som differansen mellom utpumpet mengde og målte innmengder.

**Figur 47.** Vannbalanse på Løkkengruva i 2012-2013. 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 og som i de foregående er det gjort en del nødvendige forenklinger, men beregningene gir likevel et godt estimat av betydningen med de enkelte forurensningskilder og samlet forurensningstransport.

- For stasjon A, Stallgata pumpestasjon, stasjon B og stasjon C, er årstransporten beregnet ved hjelp av årsmiddel-verdi for konsentrasjon og multiplisert denne med samlet pumpevolum for perioden, tilsvarende beregninger som for 2011-2012.
- Beregningen for Astrup pst er usikker fordi vannkvaliteten endrer seg en del i løpet av året pga. varierende tilsig fra flere kilder og bruk av ferskvann. Det er nesten tatt en prøve pr måned og derfor benyttes samme transportberegning som for stasjon A.

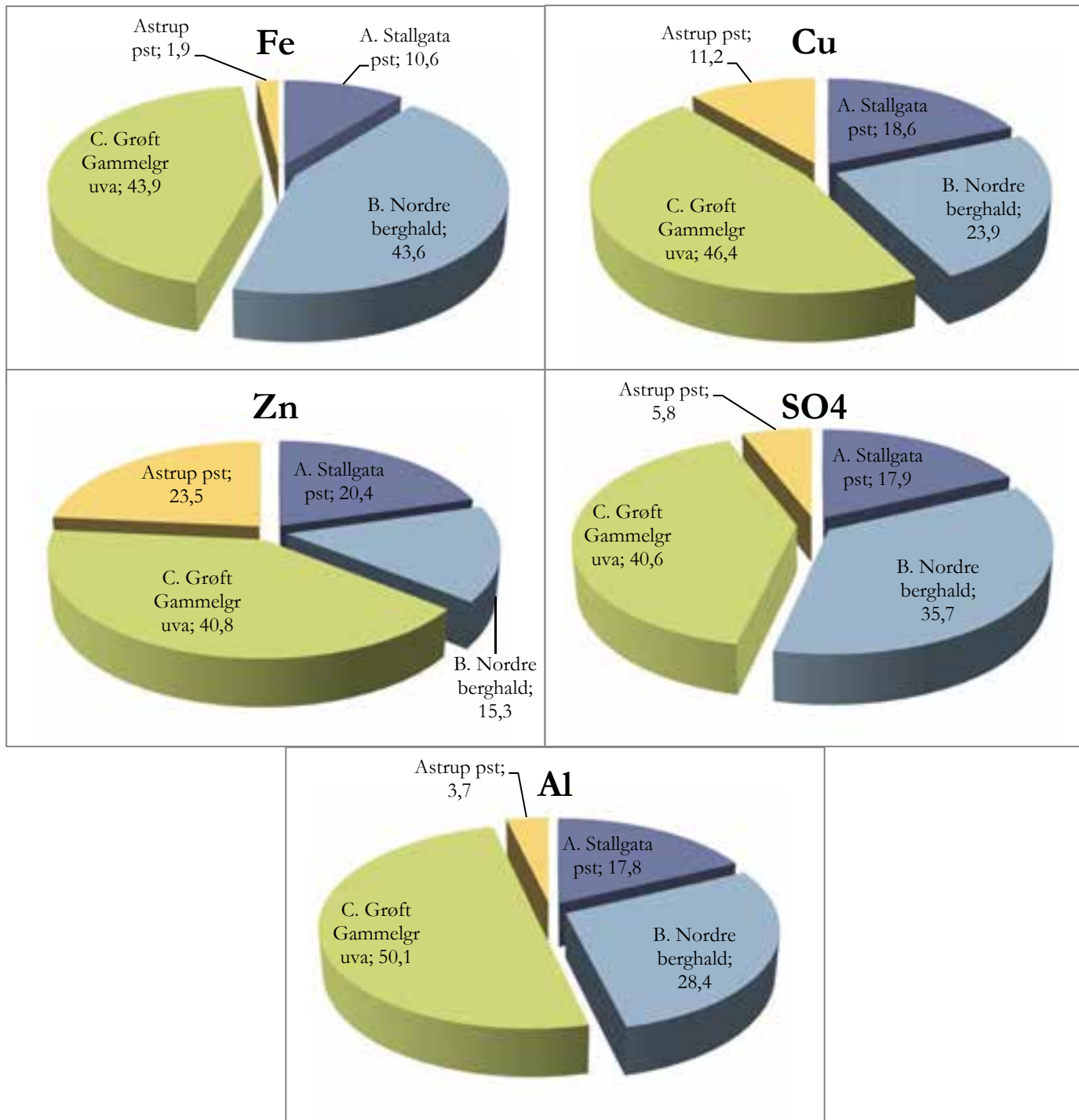
**Tabell 14.** Materialbalanse på Wallenberg gruve i 2012-2013.

Stasjon	SO <sub>4</sub> tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Al tonn	Ca tonn	Mg tonn
A. Stallgata pst	104	12,6	1,4	1,2	5	3,7	10,9	3,5
B. Nordre berghald	207,4	51,7	1,8	0,9	3,5	5,9	7,9	4,8
C. Grøft Gammelgruva	235,9	52,1	3,5	2,4	9	10	6,6	10,6
Astrup pst nivå 311	34,0	2,2	0,84	1,4	6,1	0,76	5,1	1,2
<b>Sum tilførsler 2012-2013</b>	<b>581,3</b>	<b>118,6</b>	<b>7,5</b>	<b>5,9</b>	<b>23,6</b>	<b>20,4</b>	<b>30,5</b>	<b>20,1</b>
<b>Avløp Wallenberg pst 2012-2013</b>	<b>1063</b>	<b>125,5</b>	<b>1,7</b>	<b>13,3</b>	<b>33,7</b>	<b>22,4</b>	<b>168,5</b>	<b>60,7</b>

**Tabell 14** viser beregnet materialbalanse for Wallenberg gruve i perioden 2012-2013. **Figur 48** gir en grafisk fremstilling av hvordan årstransporten fordeler seg på kildene for noen viktige komponenter. Som figuren illustrerer så varierer betydningen av de forskjellige kildene for hvert element, men stasjon B og C gir uansett størst bidrag av kildene som er vurdert med sink som et unntak. Zn bidraget er størst fra St.C, men bidraget fra St.B er i samme størrelsesorden som både Astrup pumpestasjon og St.A Stallgata. **Tabell 15** gir en oversikt over beregnede transportverdier for alle syv undersøkelsesperiodene som er gjennomført. I **Tabell 16** er det samlet årlig materialtransport for alle år etter at Wallenberg pst kom i drift

**Tabell 15.** Materialbalanse for Wallenberg gruve for alle undersøkelsesperioder 1992-2013.

Stasjon	SO <sub>4</sub> tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Al tonn
A. Stallgata 1992-1993	290	52	5,9	5,9		
A. Stallgata 1997-1998	354	58	6,2	6,3	25	
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
A. Stallgata 2012-2013	104	12,6	1,4	1,2	5	3,7
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
B. Nordre 2012-2013	207	52	1,8	0,9	3,5	5,9
C. Grøft 1992-1993	887	65	5	4		
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
C. Grøft 2012-2013	235,9	52,1	3,5	2,4	9	10
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	703	2	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
Astrup pst 2012-2013	34	2,3	0,8	1,4	6,1	0,8
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	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
Wallenberg pst. 2012-2013	1063	125	1,7	13,3	33,7	22,4



Figur 48. %-vis fordeling av tilførsler for hvert av metallene og sulfat inn i gruva.

**Tabell 16.** Materialtransport ved Wallenberg pst 1992-2013.

År	SO <sub>4</sub> tonn	Fe Tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Mn tonn	Ni Tonn	Co tonn	Pb kg	Al tonn	Vannmengde m <sup>3</sup>
1992-1993	1286	59,0	2,20	14,2	28,4	4,49	0,10	0,45		2,2	582048
1993-1994	763	31,3	0,88	6,58	10,5	3,56	0,04	0,23		1,7	458600
1994-1995	1174	50,4	1,76	11,2	44,3	5,62	0,08	0,43		2,2	631492
1995-1996	675	32,5	0,78	6,36	9,0	3,11	0,06	0,15		1,5	513821
1996-1997	897	47,3	1,01	7,77	8,1	3,51	0,08	0,30		2,7	550965
1997-1998	1027	61,8	1,11	9,73	17,9	3,98	0,08	0,40		2,8	681638
1998-1999	989	71,9	0,77	9,52	15,3	3,15	0,59	0,36		2,4	481092
1999-2000	1056	66,1	0,73	8,25	14,6	3,10	0,07	0,36		2,3	676796
2000-2001	692	39,7	0,31	4,51	5,6	1,74	0,04	0,20		0,7	363598
2001-2002	1650	135,7	5,28	19,0	36,3	4,50	0,14	0,63	28,8	22,8	685408
2002-2003	686	48,1	0,52	5,63	9,3	1,87	0,05	0,23	4,3	3,9	381328
2003-2004	1201	92,4	3,03	12,1	28,7	2,96	0,10	0,45	12,3	14,5	623033
2004-2005	1496	140,0	5,90	19,3	52,2	3,34	0,13	0,62	25,1	28,2	618505
2005-2006	926	69,4	0,98	7,73	15,8	2,15	0,10	0,33	6,6	6,5	599112
2006-2007	1127	98,0	5,10	13,0	38,8	2,34	0,097	0,43	21,4	19,2	631096
2007-2008	1820	170,7	8,60	23,4	80,3	3,55	0,154	0,73	43,0	40,7	699820
2008-2009	998	90,4	2,43	11,7	30,6	1,90	0,082	0,36	18,0	16,1	468184
2009-2010	1054	90,0	2,07	11,0	28,0	2,03	0,117	0,37	19,0	15,8	474165
2010-2011	1220	127,6	4,56	14,9	44,0	2,24	0,108	0,46	24,5	28,7	496081
2011-2012	1478	164,6	7,74	20,1	65,4	2,82	0,139	0,62	44,9	37,0	628244
2012-2013	1063	125,5	1,69	13,31	33,7	1,93	0,092	0,41	22,5	22,4	426292

### 4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene

Avløpet fra Wallenberg pumpestasjon går til Fagerlivatn som har avløp til Bjørnlivatn. Som i foregående rapport sammenlignes forurensningstransporten ved utløpet av Bjørnlivatn med samlet transport i Raubekken. Ved å kombinere hvor mye metaller som samles opp i grøfta i Stallgata og hvor mye som føres inn i gruva ved stasjon B – drenering fra nordre berghall, er det mulig å gi et forenklet anslag over hvor effektivt dreneringstiltaket på Løkkensiden er, dvs. tiltaksplanen til Løkken Gruber som fikk full virkning fra 1992 og ble utvidet i 2012. Det må tas 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 2012-2013 har årstransporten i Raubekken som foregående år blitt beregnet ved hjelp av analyseresultatene for de vannmengde-proporsjonale blandprøvene som er tatt og vannmengden mellom hver prøvetaking som gjort tidligere. Blandprøver ble ikke tatt etter 15.07.13 pga graving i Raubekken som dekket til trykksensor som styrer prøvetaking. For tidsrommet 15.07.13 til 31.08.13 er stikkprøvene sammen med det målte volumet i Raubekken benyttet som grunnlag for transportberegningene.

**Tabell 17.** Materialtransport i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2013.

Hyd.år	SO <sub>4</sub> Tonn	Al Tonn	Fe Tonn	Cu Tonn	Zn Tonn	Cd Kg
1989-1990	3040		383	40,4	65,8	130
1990-1991	4480		478	39,1	72,7	199
1991-1992	4195		434	37,6	72,3	190
1992-1993	4490	65,6	229	22,2	76,7	173
1993-1994	2761	29,4	133	11,8	43,8	82,3
1994-1995	3764	39,4	166	16,2	54,0	116
1995-1996	2431	29,1	112	9,1	33,2	73,3
1996-1997	4517	54,6	180	23,5	63,9	156
1997-1998	3484	36,7	117	12,6	42,7	101
1998-1999	3554	46,5	158	14,2	43,1	93,7
1999-2000	3707	40,2	126	14,4	44,7	95,6
2000-2001	2020					
2001-2002	3398					
2002-2003	3516					
2003-2004	3520	48,2	101	14,2	39,4	87,1
2004-2005	7156	126,5	192	36,7	90,7	273
2005-2006	4088	69,0	130	18,4	46,3	119
2006-2007	5717	70,2	125	21,9	58,8	138
2007-2008	5424	111,5	143	28,3	68,1	207
2008-2009	4022	79,7	107	18,7	48,6	136
2009-2010	3652	56,6	81	13,3	40,3	106
2010-2011	3711	76,5	93,5	16,9	40,3	111
2011-2012	3071	31,0	58,4	9,1	22,0	72
2012-2013	2059	40,1	65,3	7,6	13,7	44

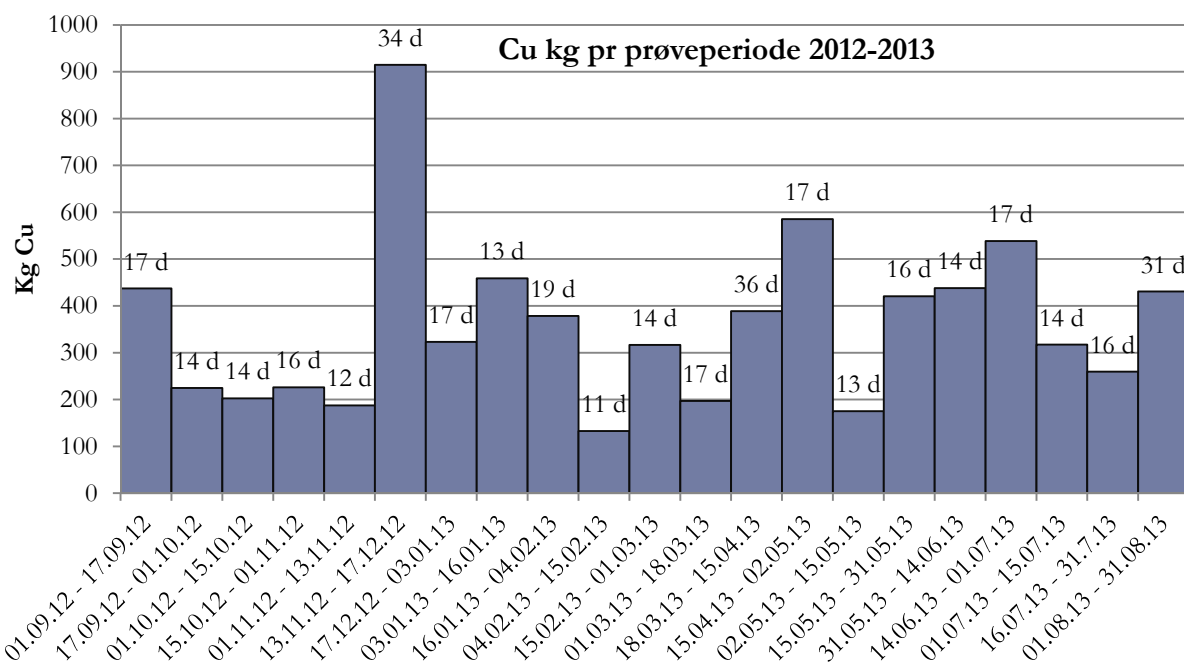
Det er tydelig at årstransporten avtok merkbart etter at tiltaksplanen ble satt i verk i 1992. Problemene med gjentetting av tilløpet gjennom synken i Gammelgruva og nødoverløp til Raubekken (2004-2005) førte til at transporten igjen ble omtrent den samme som i de siste årene før. I tillegg økte også tilførslene fra Wallenberg pumpestasjon. Etter at inngående drensvann ble overført til Gammelsjakta, førte dette til redusert transport i Raubekken igjen. En vesentlig effekt i 2005-2006 var at det ikke lenger var noe nødoverløp fra Løkkensiden til Raubekken. I 2008-2009 var det nødvendig å lede avløpet fra grøfta i Stallgata og drensvannet fra Nordre berghald direkte til Raubekken i den perioden som pumpa i Wallenberg pumpestasjon ikke var i drift pga. driftshavari. En ytterligere forbedring av dreneringen på Løkkensiden høsten 2012 sammen med lite nedbør i perioden 2012-2013 er trolig årsaken til at metalltransporten i Raubekken var så lav som målt i sistnevnte år.

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 49** er det gitt en grafisk fremstilling av kobbertransporten innenfor hver prøvetakingsperiode. De største tilførslene til Orkla skjedde under vårflommen i annen halvdel av april måned i 2013. Kobbertransporten varierte mye i løpet av året. Sannsynligvis ville variasjonen vært enda høyere dersom analyser hadde blitt gjort på 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 støtbelastninger på Orkla når det er mye lokal nedbør.

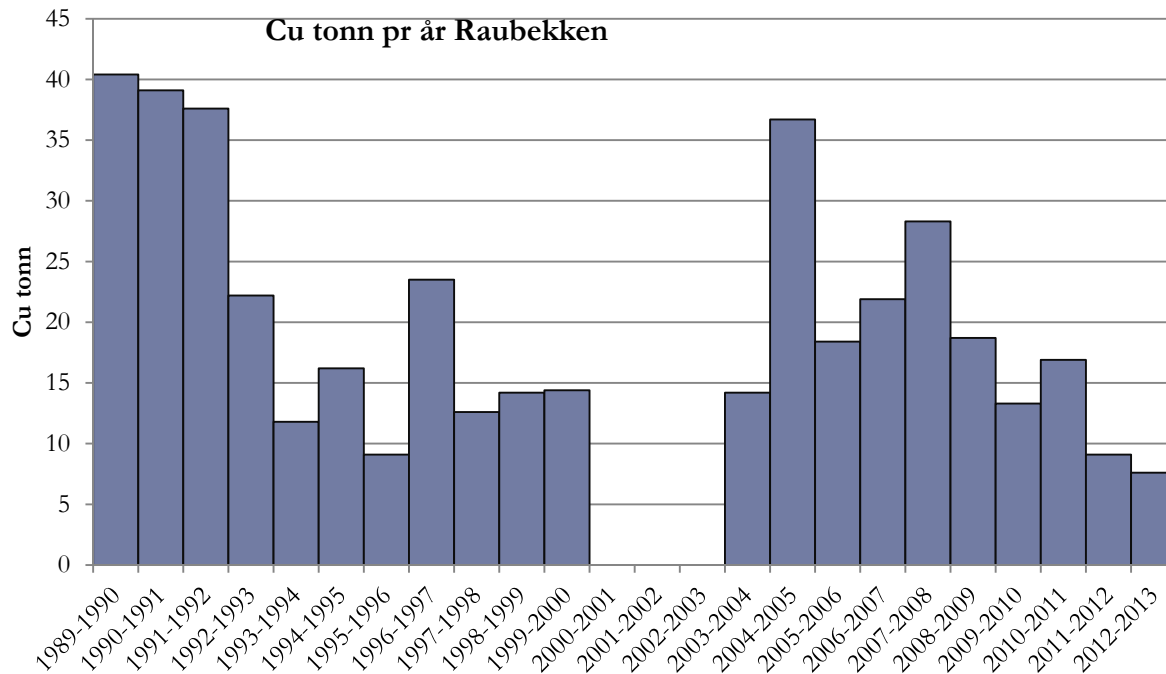


**Tabell 18.** Transport i Raubekken beregnet vha. vannmengdeproporsjonale blandprøver.

Prøvetakingsperiode	Vannmengde m <sup>3</sup>	Al kg	Cd kg	Co kg	Cu kg	Fe kg	Mn kg	Ni kg	SO <sub>4</sub> tonn	Zn kg
01.09.12 - 17.09.12	1433439	1505	1,433	18,63	437	2881	146,2	7,17	182,8	558
17.09.12 - 01.10.12	559224	990	0,559	9,51	225	1689	70,5	3,91	78,5	265
01.10.12 - 15.10.12	728451	638	0,728	9,47	203	1304	86,0	3,64	89,6	222
15.10.12 - 01.11.12	727331	887	1,455	14,55	226	1818	114,9	4,36	94,5	332
01.11.12 - 13.11.12	658121	698	1,316	10,53	188	1389	80,9	3,29	61,5	263
13.11.12 - 17.12.12	1811311	4094	3,623	30,79	915	8549	271,7	12,68	157,3	906
17.12.12 - 03.01.13	307836	2500	0,924	9,24	323	3848	66,2	3,69	41,9	291
03.01.13 - 16.01.13	546670	2832	1,093	12,03	459	5133	103,3	4,92	63,3	339
16.01.13 - 04.02.13	323582	2505	0,971	9,06	379	4660	59,9	3,24	35,0	317
04.02.13 - 15.02.13	172028	829	0,344	4,30	133	1547	36,8	1,72	19,1	121
15.02.13 - 01.03.13	206861	2275	0,621	5,59	316	3744	53,6	2,07	20,5	163
01.03.13 - 18.03.13	460283	990	0,921	11,05	197	2246	105,9	3,68	85,6	162
18.03.13 - 15.04.13	467047	2639	0,934	13,08	389	3643	74,7	4,67	52,6	357
15.04.13 - 02.05.13	2911820	2775	5,824	43,68	585	6202	489,2	17,47	244,1	1179
02.05.13 - 15.05.13	1959538	629	1,960	25,47	175	1003	182,0	9,80	185,4	751
15.05.13 - 31.05.13	1662084	2344	3,324	33,24	421	3108	237,7	11,63	123,9	1225
31.05.13 - 14.06.13	1114718	2776	3,344	25,64	438	3623	222,9	10,03	79,1	1226
14.06.13 - 01.07.13	1504098	2783	4,512	39,11	538	3339	305,3	15,04	133,3	1655
01.07.13 - 15.07.13	575702	1963	2,706	22,45	317	2101	146,8	5,76	74,5	852
16.07.13 - 31.07.13 <sup>1</sup>	746255	1269	2,239	26,12	260	1291	165,7	7,46	83,6	903
01.08.13 - 31.08.13 <sup>1</sup>	2504416	2141	5,009	45,08	431	2171	328,1	12,52	153,0	1650
SUM	21380815	40059	44	419	7554	65290	3348	149	2059	13737

**Figur 49.** Kobbertransport i Raubekken i 2012-2013. Søylene er markert med antall dager målingen er gjort for.<sup>1</sup> Mangler blandprøver. Har benyttet stikkprøve 15.07.13 og 14.08.13 for å beregne metalltransporten i angitt periode.

**Figur 50** 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 i **Tabell 18**.



**Figur 50.** Årstransport av kobber i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2013.

I **Tabell 19** har en sammenlignet årstransporten i Raubekken med tilførselen fra Bjørnlivatn i undersøkelsesperioden. Resultatene fram til 1.9.2013 viser at Løkkensiden er fortsatt er den dominerende forurensningskilde i området når det gjelder metallene, men at tilførselene 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 kan komme av to ting. Den første er lite nedbør i 2012-2013. Den andre er kontinuerlig overflatekalking av Bjørnlivatn som bidrar til redusert transport fra Bjørnlivatn i store deler av året. I tillegg vil økt drenering på Løkkensiden føre til at mer forurenset vann går inn i gruva sammenlignet med direkte i Raubekken.

**Tabell 19.** Transport i Raubekken og ved utløp av Bjørnlivatn i 2012-2013.

Stasjon	SO <sub>4</sub>	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Kg
Raubekken	2059	40,1	65,3	7,6	13,7	44
Utløp Bjørnlivatn	1819	5,0	5,7	1,1	10,3	32
Differanse (= Løkkensiden)	240	35,1	59,6	6,5	3,4	12

**Tabell 20** viser at bidraget fra Bjørnlivatn betyr mye for samlet transport i Raubekken. Alle metaller og sulfat øker, og økningen er tydeligst for sulfat, aluminium, sink og kadmium. Bidraget fra Bjørnlivatn er trolig noe overestimert fordi overløpsprofilen er overskredet ved høye vannføringer. Ved høye vannføringer vil estimert vannføring være høyere enn faktisk vannføring. Økningen i vannføring fra Bjørnlivatn relativt sett til vannføringen i Raubekken kan være en konsekvens av økt drenering på Løkkensiden og større tilførsler til gruva og dermed høyere utpumping relativt sett enn tidligere eller kombinasjonseffekt av total lav vannføring og mer drenering.

**Tabell 20.** % -vis betydning av tilførslene fra Bjørnlivatn av totaltransporten i Raubekken.

	Vann	SO <sub>4</sub>	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
Bidrag fra Bjørnlivatn i % i 2012-2013	12,3	88,3	12,5	8,7	14,5	75,2	72,7

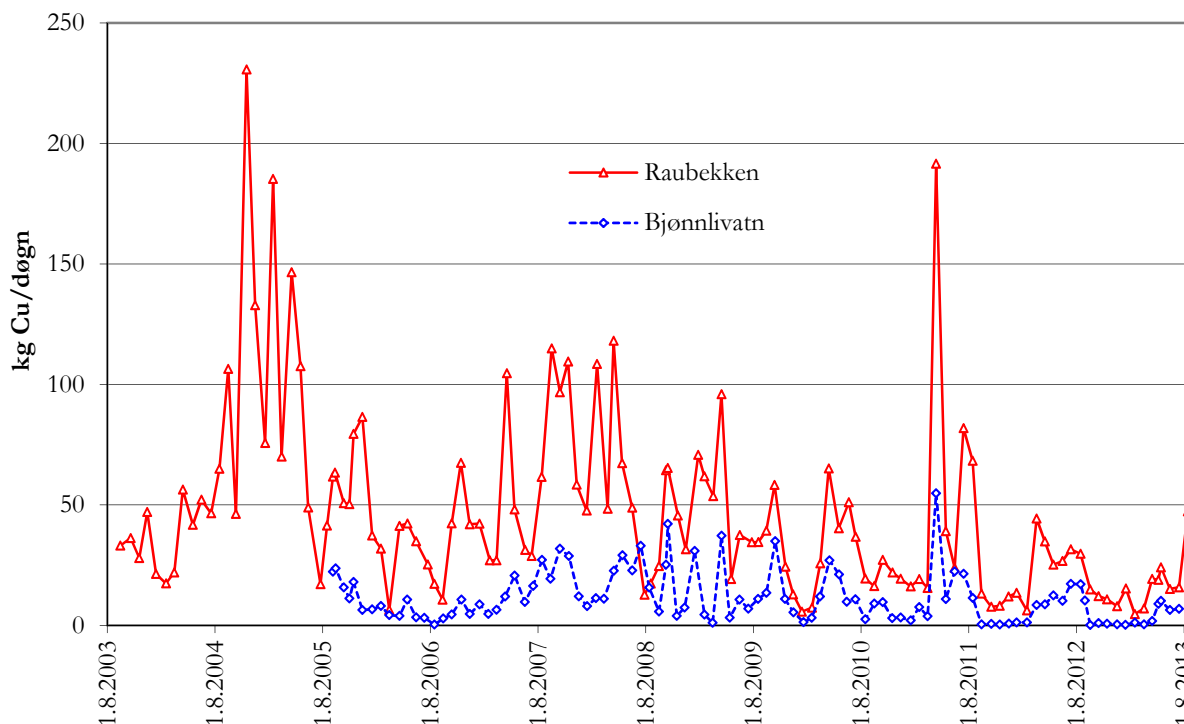
Ved hjelp av transportverdiene i **Tabell 19** og de tilsvarende transportverdiene for inngående vann til gruva (St. A, St. B) kan en anslå hvor stor andel av samlet materialtransport fra Løkkensiden som samles opp og ledes inn i gruva. Stasjon C har aldri vært ført i Raubekken, og er dermed ikke tatt med i beregningen. I **Tabell 21** er det gjort en beregning av hvor effektivt dreneringstiltaket på Løkkensiden er.

**Tabell 21.** Årlig virkningsgrad til dreneringstiltak på Løkkensiden.

	SO <sub>4</sub>	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
Oppsamlingsgrad i % i 2005-2006	21,5	29,3	53,9	36,1	15,1	21,5
Oppsamlingsgrad i % i 2006-2007	21,6	35,8	63,8	40,3	15,0	24,1
Oppsamlingsgrad i % i 2007-2008	18,7	23,3	55,2	30,4	11,7	15,6
Oppsamlingsgrad i % i 2008-2009	12,2	17,4	40,4	24,0	9,3	13,8
Oppsamlingsgrad i % i 2009-2010	20,9	32,3	58,0	39,0	15,9	24,1
Oppsamlingsgrad i % i 2010-2011	23,9	23,3	56,5	32,9	16,1	22,4
Oppsamlingsgrad i % i 2011-2012	36,5	43,2	71,9	54,5	30,6	36,1
Oppsamlingsgrad i % i 2012-2013	56,5	21,5	51,9	33,0	38,2	41,5

Beregningene viser at tiltaket er mest effektivt for jern og sulfat og dårligst for sink, kobber og aluminium siste år. Dette har sammenheng med at bidraget fra Bjørnlivatn-siden 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. Økt oppsamling av vann i grøfta i Stallgata og i dreneringsystemet fra Nordre berghald har trolig påvirket variasjonene i «virkningsgrad» siste år. Det har dessverre ikke vært noen tydelig forbedring på oppsamling basert på transportberegningene som ligger til grunn her.

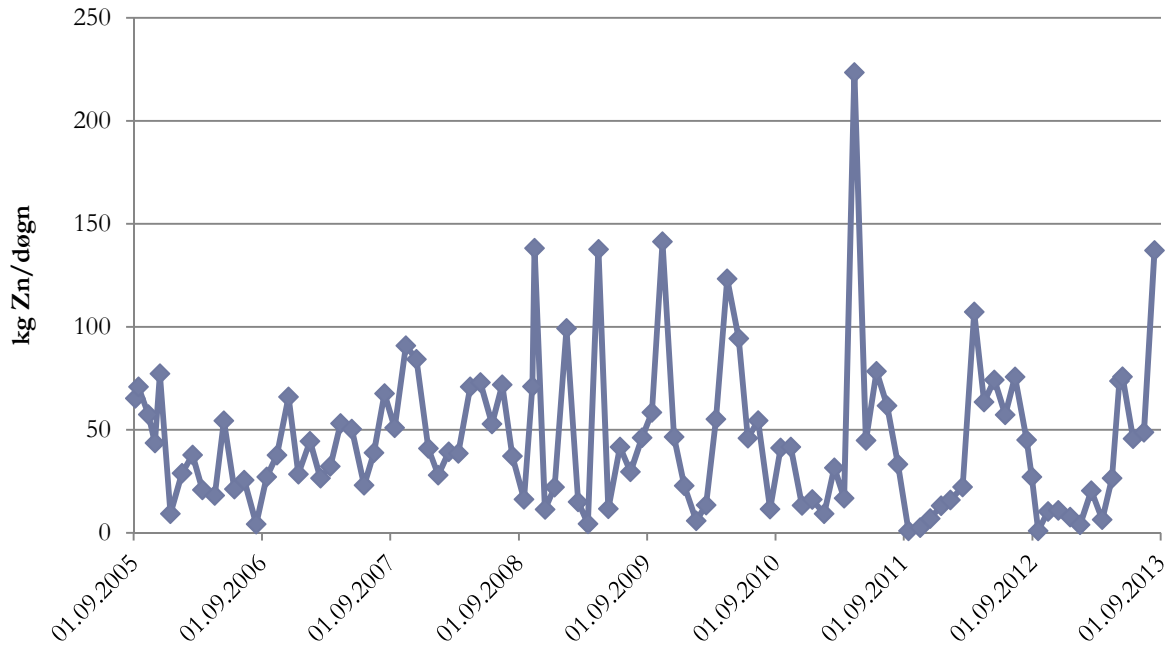
**Figur 51** viser alle observasjonene av kobbertransport for hele perioden 2003-2013 både for Raubekken og Bjørnlivatn. Kalkingstiltaket i september 2011 førte til en betydelig reduksjon i kobbertransporten fra Bjørnlivatn. Effekten varte helt til vårfloppen i mars 2012. Etter den tid økte transporten igjen gradvis som følge av fallende pH-verdier. Utpumpet vann fra Wallenberg har den siste tiden tilnærmet blitt kalket kontinuerlig og det har vært lite nedbør. Dette er trolig årsaken til relativt lave Cu-verdier siste år selv om verdien 14.8.13 er litt høyere enn nærmeste målinger i forkant.



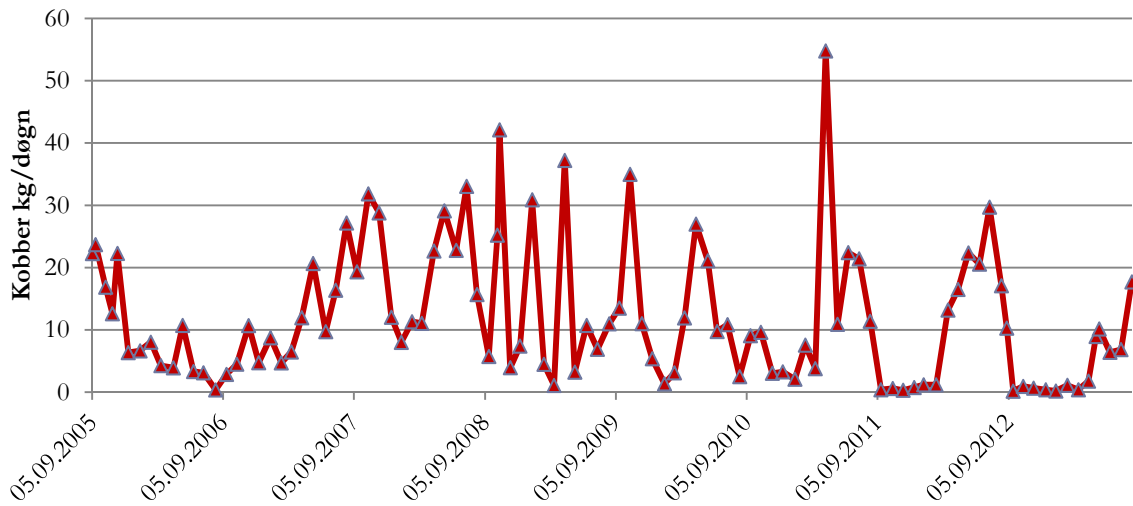
**Figur 51.** Kobbertransport ved utløpet av Bjørnlivatn og i Raubekken 2003-2013.

Tidligere sammenstillinger av metalltransport ut av gruva via Wallenberg pumpestasjon med metalltransporten ut av Bjørnlivatn (Iversen, 2012) viser at de fleste metaller blir ikke felt i innsjøen med unntak av jern. Bildet er imidlertid mer komplisert enn kun denne differansen fordi det er flere forurensningskilder rundt Fagerlivatn, samt tilførsler fra sedimentene, noe som får økt betydning ved forurensning av innsjøene. I årets rapport er det dessverre ikke mulig å sammenligne dataene direkte for Wallenberg pumpestasjon og utløpet av Bjørnlivatn. Prøvetakingen av Wallenberg pumpestasjon er avhengig av at pumpene er i bruk og prøvene ble derfor tatt til forskjellige tidspunkt.

Sånn situasjonen var i 2012-2013 og i foregående år, så er eneste mulige strakstiltak som er mulig ved høye metallkonsentrasjoner, å kalke i Fagerlivatn/Bjørnlivatn. Av **Figur 52** og **Figur 53** fremkommer det at overflatekalkingene som ble gjennomført høsten 2011 og 2012 hadde god, men tidsbegrenset effekt på reduksjon av kobber og sink. Effekten av overflatekalkingen varte omtrent fem måneder. Dette avhenger selsvagt av omfanget av kalkingen og de klimatiske forholdene i området i etterkant. Det vises i sistnevnte to figurer at transporten av sink og kobber er på vei oppover i slutten av måleperioden. Det er umulig å si hvordan situasjonen vil bli vinteren 2013-2014.



Figur 52. Sinktransport ved utløpet av Bjørnlivatn 2005-2013



Figur 53. Kobbertransport ved utløpet av Bjørnlivatn 2005-2013

## 5. Samlet vurdering

Etter at tiltaksplanen til Løkken Gruber ble satt i drift i 1992 har alltid årsmiddelverdien for kobber ligget under 10 µg/l i Orkla ved målestasjonen på Vormstad. Likevel har kobberkonsentrasjonen vært over 10 µg/l i enkelte prøver eller perioder. I 2011-2012 og 2012-2013 ble det ikke påvist kobberkonsentrasjoner over denne grensen i stikkprøvene. Dette har trolig sammenheng med at større andeler av sigevannet fra veltene på Løkken-siden ble samlet opp, samtidig som Bjørnlivatn har blitt kalket, og dermed er tilførslene derifra blitt redusert. For 2012-2013 er verdiene i Orkla innen de gjeldene kravene som ble satt av daværende SFT.

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

I perioden fra 2008 til 2010 var forurensningstransporten både fra den vannfylte gruva og fra området totalt en del lavere enn i året 2007-2008. Dette har sammenheng med redusert avrenning fra området og dermed redusert belastning på den vannfylte gruva med forurenset drensvann fra Løkkensiden. I 2011-2012 økte transporten som en konsekvens av økt nedbør. I 2012-2013 var det mindre nedbør (90 % av normalnedbør) noe som gjenspeiles i redusert metalltransport i tonn sammenlignet med året før. Ved å se på årstransporten ut av gruva for alle år siden 1992, er det trolig en øktende trend for total utlekking med en relativt stor variasjon grunnet klima og nedbør. Utlekkingen fra Løkkensiden ser ikke ut til å øke tilsvarende.

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. pH-verdiene i utgående vann fra gruva var synkende i 2011-2012 og nesten like lave i 2012-2013. Begge disse periodene viser lavere pH-verdier enn noen annen periode siden 1992. pH-verdiene siste år har ligget mellom 2,5 og 4,7, med hovedvekt i nedre sjikt. Likevel var det totale utslippet fra gruva lavere i 2012-2013 enn i 2011-2012, og dette kommer av at mengden utpumpet vann i 2012-2013 var det laveste på 10 år.. 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. Når pH faller under 3,5 merkes det at kobberkonsentrasjonene øker. NIVAs laboratoriemålinger av pH 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.

Jernkonsentrasjonen i utgående vann fra gruva er fortsatt høy med økende verdier sett i forhold til situasjonen på midten av 1990-tallet. I tillegg er det er årlige variasjoner i konsentrasjonen som er avhengig av nedbørmengde. Den økende mengden jern er et tegn på at tiltaksplanen fra 1992 er i ferd med å miste sin effekt. Dersom det inntreffer støtbelastninger på gruva med surt vann fra Løkken-siden, som følge av kraftige nedbørsepisoder eller snøsmelting, vil det mest sannsynlig kunne observeres 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 er kalkingsstasjonen i Fagerlia oppgradert slik at den doserer kalk kontinuerlig til Fagerlivatn, også når det ikke pumpes ut gruvevann.

Magnesium konsentrasjonene er fallende og det betyr at grønnsteinen i gruva er mindre reaktiv fordi tilgjengelig overflate som kan reagere med det sure gruvevannet avtar. Sannsynlig årsak til reduksjonen er

at flatene dekkes til med jernslam og at de mest reaktive mineralene blir brukt opp eller er mindre tilgjengelige for gruvevannet. Når pH faller har dette også betydning for forvitningsprosessene i gruva. Frie jernioner i gruva angriper kisflater, noe som fører til økte konsentrasjoner av toverdig jern i utgående vann. Denne prosessen utvikler også syre. Økt surhet fører også til økende frigjøring av aluminium fra sideberget. Prosessene 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, eller om dette kan være en ond sirkel som bare forverrer seg.

Det er verdt å legge merke til at den relative betydningen av tilførslene fra Bjørnlivatn er økende og at det nå er nødvendig å gjennomføre en kontinuerlig kalking av utgående vann fra gruva for å ha kontroll på transporten av metaller fra Bjørnlivatn. Kalkbehovet vil øke med økende utslipp av metaller fra gruva. De metallene som påvirker kalkforbruket mest i denne sammenheng er to-treverdige jern og aluminium. Når disse metallene felles under kalking og relativt høy pH dannes hydroksyder. Utfelling av hydroksyder medfører produksjon av syre som krever økt forbruk av kalk. Dette må tas 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 anslagene kun kan måles indirekte og effekten ser ut til å variere både fra år til år. Det er også ulik oppsamlingseffekt for ulike metaller og sulfat på Løkkensiden. For  $\text{SO}_4$ , Al, Fe, Cu, Zn og Cd varierer estimert oppsamling fra 22 % for Al til 57 %.

## 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.
- Iversen, E. 2012. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune. Undersøkelser i perioden 1.9.2011 – 31.8.2012. NIVA-rapport, O-11486, L.nr 11486; 2012; 67 s.
- NVE (1987). Avrenningskart over Norge. Norges vassdrags- og energiverk. Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling. 1987.
- Statens forurensningstilsyn, 1983. Retningslinjer for dimensjonering av avløpsreanseanlegg. 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 2012-2013

**Tabell 22.** Analyseresultater. Stasjon A – Stallgata pumpestasjon.

Dato	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si	Telleverk	m <sup>3</sup> pumpet fra
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m <sup>3</sup>
17.09.2012	2,49	457	3772	364	120	131	575	48,6	39,8	0,160	0,052	6,22	0,440	1,63	62,3	893699	4466
15.10.2012	2,51	449	3922	381	128	136	549	51,6	40,9	0,160	0,054	7,13	0,500	1,74	62,2	897531	3832
13.11.2012	2,54	450	4102	393	133	141	574	54,4	42,9	0,180	0,040	7,49	0,530	1,83	61,1	900690	3159
17.12.2012	2,67	411	3713	410	113	117	434	44,3	35,8	0,164	0,046	7,07	0,457	1,55	57,0	904085	3395
14.01.2013	2,58	438	3503	407	132	134	431	46,6	44,1	0,180	0,039	7,95	0,490	1,70	57,6	905378	1293
15.02.2013	2,54	432	3683	403	138	135	420	40,8	35,4	0,150	0,039	8,29	0,490	1,62	53,9	906333	955
18.03.2013	2,62	367	2892	360	109	104	242	33,9	34,4	0,153	0,020	6,99	0,410	1,14	45,8	907897	1564
15.04.2013	2,68	212	1021	141	38,5	35,5	114	16,5	19,5	0,077	0,020	2,33	0,130	0,496	14,9	339	2000
15.05.2013	2,51	407	3383	341	109	122	301	50,9	41,2	0,173	0,038	6,34	0,433	1,54	54,3	1980	1641
14.06.2013	2,52	411	3234	351	112	119	394	50,9	45,0	0,189	0,042	6,38	0,422	1,52	54,4	4072	2092
15.07.2013	2,49	456	4222	393	138	148	527	59,9	54,0	0,210	0,043	7,84	0,540	1,98	60,9	6536	2464
14.08.2013	2,49	354	2784	273	83,0	92,2	313	41,5	33,6	0,143	0,053	4,73	0,346	1,25	55,2	8383	1847
02.09.2013																10705	2322
Aritm.middel	2,55	404	3353	351	113	118	406	45,0	38,9	0,162	0,041	6,56	0,432	1,50	53,3	<b>Arssum</b>	31030
Maks.verdi	2,68	457	4222	410	138	148	575	59,9	54,0	0,210	0,054	8,29	0,540	1,98	62,3		
Min.verdi	2,49	212	1021	141	38,5	35,5	114	16,5	19,5	0,077	0,020	2,33	0,130	0,496	14,9		
Årstransport			104,0	10,9	3,5	3,7	12,6	1,4	1,2	5,0	1,3	0,2	0,0	0,0	1,7	grå er kg, ellers tonn	

**Tabell 23.** Analyseresultater. Stasjon B – Drensrør fra Nordre berghald.

Dato	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si	Vannf	
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
17.09.2012	2,38	437	3713	184	91,7	106	844	35,5	20,6	0,073	0,055	3,77	0,21	1,49	37,7	1,69	
01.10.2012	2,32	491	4551	191	106	126	1100	42,2	21,7	0,080	0,051	4,44	0,24	1,82	36,3	0,61	
15.10.2012	2,36	445	3892	176	93,5	110	958	36,5	18,8	0,078	0,047	3,83	0,23	1,54	33,3	0,86	
01.11.2012	2,41	401	3563	167	83,7	96,3	824	32,0	16,4	0,071	0,030	3,60	0,21	1,32	30,9	1,03	
13.11.2012	2,42	400	3593	167	85,5	98,0	812	32,3	17,1	0,077	0,030	3,61	0,20	1,35	30,7	0,88	
30.11.2012	2,45	468	3653	182	101	120	1140	38,4	20,2	0,071	0,051	4,08	0,23	1,65	33,3	0,66	
14.12.2012	2,26	736	7275	274	185	239	2370	74,4	32,1	0,120	0,084	6,41	0,39	3,14	47,9	0,18	
02.01.2013	2,06	793	8293	267	205	257	2340	78,3	32,7	0,126	0,100	6,49	0,40	3,32	51,2	0,44	
15.01.2013	2,14	772	8054	267	205	260	2230	78,7	33,5	0,130	0,100	6,76	0,43	3,38	50,3	0,13	
01.02.2013	1,98	927	12305	343	249	344	3080	99,4	36,7	0,150	0,130	7,96	0,48	4,07	60,3	0,08	
15.02.2013	2,06	841	10180	307	214	283	2680	80,1	30,5	0,120	0,110	6,78	0,42	3,44	53,4	0,07	
01.03.2013	2,24	508	5210	202	105	134	1220	37,7	19,1	0,068	0,038	4,15	0,24	1,84	29,8	0,11	
15.03.2013	2,09	733	9251	267	205	233	2210	66,3	32,5	0,120	0,064	6,29	0,37	3,01	48,8	0,12	
02.04.2013	2,09	733	8503	250	174	225	2100	62,3	26,4	0,110	0,061	5,64	0,36	2,77	44,5	0,08	
15.04.2013	2,55	250	1452	120	42,2	44,7	270	15,1	11,0	0,044	0,020	1,99	0,10	0,59	16,2	8,36	
02.05.2013	2,29	447	4042	164	90,9	109	929	38,1	21,2	0,079	0,044	3,55	0,21	1,52	28,3	2,78	
15.05.2013	2,33	399	3383	154	79,9	93,9	765	32,6	18,4	0,068	0,030	3,40	0,19	1,32	27,7	1,92	
03.06.2013	2,33	416	3383	165	86,0	101	801	33,4	17,4	0,073	0,030	3,63	0,19	1,31	31,8	0,99	
14.06.2013	2,44	309	2027	134	52,6	59,6	443	20,0	10,7	0,045	0,020	2,35	0,13	0,798	23,3	1,63	
01.07.2013	2,30	445	4251	180	97,1	114	898	38,3	21,4	0,087	0,030	3,93	0,22	1,56	35,8	1,19	
12.07.2013	2,21	552	5749	207	124	150	1280	49,4	25,8	0,100	0,035	4,91	0,28	2,08	41,2	0,7	
01.08.2013	2,32	396	3503	176	82,7	91,5	707	30,2	18,3	0,076	0,044	3,71	0,20	1,27	35,7	1,37	
14.08.2013	2,30	416	3563	175	86,7	97,5	740	34,8	22,1	0,091	0,043	3,68	0,21	1,41	36,6	5,01	
Aritm.middel	2,28	535	5365	205	125	152	1337	47,2	22,8	0,089	0,054	4,56	0,27	2,00	37,6	1,34	
Maks.verdi	2,55	927	12305	343	249	344	3080	99,4	36,7	0,150	0,130	7,96	0,48	4,07	60,3	8,36	
Min.verdi	1,98	250	1452	120	42,2	44,7	270	15,1	10,7	0,044	0,020	1,99	0,10	0,59	16,2	0,07	
Årstransport				207,4	7,9	4,8	5,9	51,7	1,8	0,9	3,5	2,1	0,2	0,0	0,1	1,5	0,1
Årsvolum	38659										Grå er kg ellers tonn						

**Tabell 24.** Analyseresultater. Stasjon C – Grøft i Gammelgruva

Dato	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
17.09.2012	2,42	699	8862	289	380	389	1930	128	87,1	0,320	0,120	12,4	0,84	5,93	36,0	1,43
01.10.2012	2,44	825	11317	293	504	503	2590	168	114	0,422	0,170	16,0	1,10	7,96	37,0	0,39
15.10.2012	2,49	765	10180	293	451	460	2300	151	102	0,393	0,120	14,4	0,99	6,98	36,3	1,08
01.11.2012	2,46	753	10329	283	443	448	2230	149	101	0,396	0,110	14,5	0,96	6,87	34,8	0,71
13.11.2012	2,50	758	10659	281	452	455	2320	153	102	0,401	0,110	14,6	0,99	7,04	34,3	0,70
30.11.2012	2,57	763	8683	280	446	445	2550	148	102	0,386	0,120	14,3	0,99	7,00	33,8	0,89
14.12.2012	2,62	734	8024	279	421	404	2220	134	94,9	0,347	0,120	13,2	0,89	6,45	31,6	0,50
02.01.2013	2,49	731	8263	255	423	398	1830	134	92,7	0,351	0,140	12,8	0,84	6,28	28,6	0,40
15.01.2013	2,53	781	9162	268	469	459	2100	153	106	0,401	0,120	14,4	0,94	7,15	30,1	0,43
01.02.2013	2,41	840	11916	310	563	534	2540	176	121	0,470	0,150	16,8	1,10	8,45	32,7	0,32
15.02.2013	2,48	791	9222	295	430	414	1880	139	94,5	0,354	0,120	13,1	0,85	6,43	30,1	0,35
01.03.2013	2,40	837	8832	306	419	360	1740	122	95,8	0,330	0,087	12,8	0,84	6,22	30,7	0,33
15.03.2013	2,41	1022	15898	311	734	726	3350	230	164	0,609	0,150	22,1	1,40	11,1	33,4	0,34
02.04.2013	2,41	896	10359	308	467	443	2090	146	104	0,381	0,100	14,7	0,94	7,13	31,0	0,30
15.04.2013	2,38	933	14641	311	568	565	3240	196	124	0,473	0,130	17,5	1,20	9,68	34,2	0,47
02.05.2013	2,32	859	12305	276	524	524	2830	172	111	0,415	0,120	16,9	1,20	8,40	36,0	1,29
15.05.2013	2,38	707	8772	245	395	385	1890	127	87,4	0,320	0,095	12,6	0,84	6,19	30,7	1,23
03.06.2013	2,36	828	10299	265	507	494	2480	162	106	0,406	0,110	15,3	1,00	7,68	31,7	0,79
14.06.2013	2,38	800	9701	274	481	462	2310	152	102	0,393	0,091	14,8	0,98	7,30	31,9	0,91
01.07.2013	2,40	741	10359	280	434	427	2020	142	100	0,380	0,087	14,1	0,97	6,81	32,9	1,09
12.07.2013	2,42	820	12455	290	519	508	2490	168	119	0,458	0,110	16,3	1,10	8,19	32,8	
01.08.2013	2,33	713	9910	298	412	386	2060	131	102	0,378	0,110	13,4	0,92	6,60	32,4	
14.08.2013	2,37	572	7305	311	262	242	1460	92,2	69,7	0,270	0,068	9,80	0,74	4,42	37,4	
Gj.snitt	2,43	790	10324	287	465	454	2280	151	104	0,394	0,116	14,6	0,98	7,23	33,1	0,70
Maks.verdi	2,62	1022	15898	311	734	726	3350	230	164	0,609	0,170	22,1	1,40	11,1	37,4	1,43
Min.verdi	2,32	572	7305	245	262	242	1460	92,2	69,7	0,270	0,068	9,80	0,74	4,42	28,6	0,30
Årtransport			235,9	6,6	10,6	10,4	52,1	3,5	2,4	9,0	2,6	0,3	0,0	0,2	0,8	
Årsvolum	22847										Grå er kg ellers tonn					

**Tabell 25.** Analyseresultater. Avløp fra Wallenberg pumpestasjon.

Dato	Telleverk	Utpumpet fra	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Pb
	m <sup>3</sup>	forrige avlesn.		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
15.10.2012	1516538	70527	3,68	312	2407	375	134	56,3	288	7,21	30,5	0,101	4,34	0,220	0,977	29,6	0,092
17.12.2012	1588284	71746	4,67	308	2497	383	138	51,2	317	3,95	30,0	0,082	4,32	0,202	0,921	28,8	0,056
01.02.2013	1615689	27405	2,81	367	2662	420	154	57,0	309	3,50	33,5	0,084	4,82	0,228	1,01	31,1	0,047
11.03.2013	1635593	19904	2,88	363	2377	411	156	50,7	314	2,66	35,6	0,076	4,78	0,223	0,972	30,7	0,035
15.04.2013	1646334	10741	3,19	344	2353	417	155	54,9	301	2,84	33,4	0,074	4,85	0,227	0,990	30,8	0,036
15.05.2013	1716292	69958	2,84	343	2425	403	142	52,6	288	3,07	31,2	0,073	4,69	0,221	0,964	30,7	0,035
07.06.2013	1770177	53885	2,73	346	2320	400	140	52,1	272	2,83	28,6	0,066	4,43	0,208	0,908	30,9	0,040
15.07.2013	1814396	44219	3,18	317	2686	383	134	46,6	269	2,67	28,9	0,061	4,38	0,204	0,898	28,7	0,040
02.09.2013	1872303	57907															
Årssum 2012-2013:		426292	m3														

**Tabell 26.** Analyseresultater. Prøvesnitt i Wallenberg sjakt. Ble ikke tatt prøver 2012-2013.

Dato	Nivå	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Pb	Temp
			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	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	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Pb	Temp
			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	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 27.** Analyseresultater. Utløp Bjørnlivatn.

Prøve tatt	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
17.09.2012	7,38	127,0	730,5	248	22,9	0,079	0,271	0,037	0,195	<0,01	<0,001	0,170	0,009	0,023	2,71	57,2
15.10.2012	6,27	129,6	778,4	247	27,1	0,060	0,985	0,154	1,67	0,01	0,0062	0,596	0,021	0,075	3,35	71,5
13.11.2012	6,29	129,7	808,4	246	30,5	0,039	0,310	0,164	2,67	<0,01	0,011	0,788	0,025	0,106	3,84	47,3
17.12.2012	6,17	134,0	847,3	252	31,2	0,010	0,232	0,149	2,78	0,02	0,011	0,809	0,027	0,112	3,84	31,7
14.01.2013	5,92	134,6	910,2	249	32,5	0,040	0,397	0,170	3,13	<0,01	0,012	0,845	0,028	0,119	3,73	14,3
15.02.2013	5,95	136,3	832,3	261	34,2	0,056	0,159	0,193	3,49	0,01	0,013	0,913	0,031	0,130	4,18	67,7
18.03.2013	5,54	133,1	802,4	244	34,9	0,260	1,57	0,285	4,40	<0,01	0,015	0,986	0,035	0,150	4,70	16,7
15.04.2013	5,41	131,6	706,6	239	34,6	0,380	1,95	0,320	4,73	<0,01	0,016	1,020	0,039	0,153	4,65	64,9
06.05.2013	4,12	100,9	586,8	170	28,4	2,54	4,36	0,608	5,00	<0,01	0,015	0,937	0,037	0,151	4,66	170,5
15.05.2013	3,75	91,7	491,0	134	22,8	2,71	2,90	0,593	4,42	<0,01	0,013	0,796	0,033	0,130	4,08	198,5
14.06.2013	3,43	117,4	595,8	153	30,2	5,38	5,13	0,863	6,15	<0,01	0,017	1,03	0,045	0,181	6,22	86,0
15.07.2013	3,55	116,1	763,5	160	31,3	6,20	2,12	0,947	6,74	<0,01	0,019	1,10	0,050	0,195	6,51	83,8
14.08.2013	3,68	110,7	640,7	154	30,6	5,90	1,57	0,872	6,74	<0,01	0,018	1,06	0,049	0,191	6,23	235,4
Gj.snitt	5,19	122,5	730,3	212	30,1	1,82	1,69	0,412	4,01	<0,01	0,014	0,850	0,033	0,132	4,52	88,1
Maks.verdi	7,38	136,3	910,2	261	34,9	6,20	5,13	0,947	6,74	0,02	0,019	1,10	0,050	0,195	6,51	235,4
Min.verdi	3,43	91,7	491,0	134	22,80	0,01	0,16	0,037	0,20	<0,01	<0,001	0,170	0,009	0,023	2,71	14,3

**Tabell 28.** Analyseresultater. Astrup gruve pumpeump.

Prøve	pH	KOND	Al	Ca	Cd	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Tot-S	Si	Zn	SO <sub>4</sub>
Tatt	pH	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	
19.03.2012	m	m	21,3	508	0,279	0,829	26,6	32,0	71,6	5,63	0,228	0,120	697	13,5	75,7	2086,826
16.04.2012	3,19	253	16,7	381	0,190	0,593	19,8	11,9	57,2	4,07	0,170	0,069	558	13,3	50,1	1670,659
13.07.2012	2,62	430	85,3	358	0,673	1,72	94,3	233	112	6,95	0,644	0,210	1050	35,3	149	3143,713
15.08.2012	2,55	476	120	300	0,872	2,46	136	405	140	8,35	0,930	0,270	1310	45,6	194	3922,156
17.09.2012	2,51	517	138	342	1,00	2,50	141	498	156	9,22	1,05	0,320	1360	46,2	206	4071,856
15.10.2012	3,12	314	22,1	482	0,245	0,785	26,1	22,4	67,3	5,36	0,308	0,046	730	12,9	65,7	2185,629
13.11.2012	3,18	311	22,3	504	0,237	0,789	26,1	24,7	68,4	5,43	0,291	0,046	746	12,6	64,8	2233,533
17.12.2012	2,94	318	34,9	380	0,304	0,967	42,1	116	74,8	4,92	0,352	0,110	650	18,3	75,8	1946,108
14.01.2013	2,55	495	112	323	0,787	2,40	128	414	127	7,95	0,790	0,270	1240	36,9	176	3712,575
15.02.2013	3,23	301	19,8	512	0,216	0,724	23,1	21,7	69,1	5,38	0,256	0,046	698	11,6	55,2	2089,82
14.03.2013	3,19	298	19,0	497	0,222	0,712	22,2	22,7	70,0	5,46	0,268	0,060	585	12,4	57,3	1751,497
15.04.2013	3,42	285	17,1	476	0,186	0,628	19,8	14,7	64,7	4,96	0,266	0,061	621	11,7	50,2	1859,281
15.05.2013	2,98	324	30,3	468	0,365	0,870	34,6	37,5	85,7	6,46	0,415	0,120	756	15,3	67,0	2263,473
14.06.2013	2,50	482	138	331	0,840	2,35	135	444	139	8,15	0,848	0,337	1340	43,8	176	4011,976
16.09.2013	2,51	472	123	278	0,901	2,50	140	422	144	8,83	0,98	0,432	1310	42,1	197	3922,156
Årsgjennomsnitt	2,89	377	61,3	409	0,488	1,39	67,6	181	96,5	6,47	0,520	0,168	910	24,8	111	2724,75
Årstransport			0,077	0,51	0,61	1,73	0,084	0,23	0,12	8,08	0,65	0,21	1,14	0,031	0,14	3,40
Årsvolum	12473,8 m <sup>3</sup>				Grå er kg, ellers er det tonn					Grå er kg, ellers er det tonn						

**Tabell 29.** Analyseresultater. Orkla ved Vormstad.

Dato	Cu	Zn	Fe	Al
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
17.09.2012	4,09	7,29	90	41,5
15.10.2012	2,59	5,83	59	27,0
13.11.2012	2,30	6,57	63	32,0
17.12.2012	2,84	5,62	20	17,8
16.01.2013	3,02	6,54	48	22,8
15.02.2013	3,19	14,3	35	18,7
18.03.2013	3,21	7,84	43	18,4
15.04.2013	9,17	18,3	140	84,1
06.05.2013	3,67	9,99	562	297,0
15.05.2013	4,79	13,3	230	92,5
14.06.2013	6,62	14,4	260	175
15.07.2013	5,13	13,8	100	48,5
14.08.2013	6,15	16,3	441	266

**Tabell 30.** Analyseresultater. Raubekken ved inntak kraftverk.

Dato	pH	Kond	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Al	Si	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
17.09.2012	6,46	30,0	111,7	42,2	4,48	1,41	0,193	0,267	<1	0,073	0,005	0,010	0,702	2,27	895
15.10.2012	6,14	40,8	173,7	60,0	7,14	2,56	0,320	0,727	<1	0,190	<0,004	0,020	1,20	3,00	439
13.11.2012	6,23	19,2	67,7	25,4	3,49	1,24	0,171	0,347	2	0,095	0,005	0,013	0,656	2,31	731
17.12.2012	5,81	39,3	190,7	55,2	8,03	2,98	0,414	0,886	3	0,237	0,010	0,034	1,69	3,24	222
16.01.2013	5,36	25,7	115,6	31,0	5,38	3,18	0,442	0,700	3	0,180	0,008	0,025	1,64	3,19	400
15.02.2013	5,94	65,9	323,4	106,0	14,0	2,02	0,257	1,55	5,4	0,406	0,016	0,056	1,08	3,25	210
18.03.2013	6,09	28,9	100,0	37,8	5,92	3,00	0,361	0,868	2	0,195	0,010	0,028	1,60	3,17	225
15.04.2013	6,63	31,8	94,6	41,7	6,15	1,74	0,180	0,801	2	0,198	0,008	0,025	0,965	2,88	1241
06.05.2013	7,02	15,7	44,0	18,3	2,94	1,19	0,094	0,407	1	0,176	0,004	0,013	0,764	1,96	2329
15.05.2013	6,04	24,5	96,7	30,1	5,05	1,09	0,216	0,929	2	0,187	0,008	0,027	0,879	2,03	1291
14.06.2013	6,50	11,2	27,25	12,9	2,97	1,23	0,100	0,288	1	0,151	<0,004	0,009	0,719	1,95	1753
15.07.2013	5,93	26,9	112,0	33,0	6,15	1,73	0,348	1,21	3	0,222	0,010	0,035	1,70	2,86	525
14.08.2013	6,34	16,7	61,1	19,9	3,26	0,867	0,172	0,659	2	0,131	0,005	0,018	0,855	2,19	3184
Gj.snitt	6,19	29,0	116,8	39,5	5,77	1,86	0,251	0,741	2,1	0,188	0,007	0,024	1,11	2,64	1034
Maks.verdi	7,02	65,9	323,4	106,0	14,00	3,18	0,442	1,55	5,4	0,406	0,016	0,056	1,70	3,25	3184
Min.verdi	5,36	11,2	27,2	12,9	2,94	0,87	0,094	0,267	<1	0,073	<0,004	0,009	0,656	1,95	210

**Tabell 31.** 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
01.09.12 - 17.09.12	17	1,05	46,1	0,001	0,013	0,305	2,01	4,87	0,102	0,005	<0,01	42,6	2,58	0,389
17.09.12 - 01.10.12	14	1,77	47,7	0,001	0,017	0,402	3,02	5,72	0,126	0,007	<0,01	46,9	3,14	0,474
01.10.12 - 15.10.12	14	0,876	38,1	0,001	0,013	0,278	1,79	4,62	0,118	0,005	<0,01	41,1	2,68	0,305
15.10.12 - 01.11.12	16	1,22	44,4	0,002	0,020	0,311	2,50	5,67	0,158	0,006	<0,01	43,4	3,03	0,456
01.11.12 - 13.11.12	12	1,06	33,6	0,002	0,016	0,285	2,11	4,36	0,123	0,005	<0,01	31,2	2,89	0,400
13.11.12 - 17.12.12	34	2,26	35,1	0,002	0,017	0,505	4,72	4,75	0,150	0,007	0,01	29,0	3,12	0,500
17.12.12 - 03.01.13	17	8,12	44,1	0,003	0,030	1,05	12,5	6,55	0,215	0,012	<0,01	45,5	4,64	0,946
03.01.13 - 16.01.13	13	5,18	34,5	0,002	0,022	0,839	9,39	5,27	0,189	0,009	<0,01	38,7	3,48	0,621
16.01.13 - 04.02.13	19	7,74	34,1	0,003	0,028	1,17	14,4	5,46	0,185	0,010	<0,01	36,1	4,29	0,979
04.02.13 - 15.02.13	11	4,82	35,4	0,002	0,025	0,772	8,99	5,46	0,214	0,010	<0,01	37,0	3,92	0,701
15.02.13 - 01.03.13	14	11,0	39,7	0,003	0,027	1,53	18,1	6,11	0,259	0,010	<0,01	33,1	5,94	0,790
01.03.13 - 18.03.13	17	2,15	71,1	0,002	0,024	0,428	4,88	10,4	0,230	0,008	<0,01	62,1	3,83	0,352
18.03.13 - 15.04.13	36	5,65	43,4	0,002	0,028	0,832	7,80	6,60	0,160	0,010	<0,01	37,6	4,10	0,764
15.04.13 - 02.05.13	17	0,953	29,3	0,002	0,015	0,201	2,13	4,52	0,168	0,006	<0,01	28,0	1,85	0,405
02.05.13 - 15.05.13	13	0,321	30,1	0,001	0,013	0,0894	0,512	4,75	0,093	0,005	<0,01	31,6	2,39	0,383
15.05.13 - 31.05.13	16	1,41	26,1	0,002	0,020	0,253	1,87	4,21	0,143	0,007	<0,01	24,9	2,71	0,737
31.05.13 - 14.06.13	14	2,49	23,9	0,003	0,023	0,393	3,25	4,10	0,200	0,009	<0,01	23,7	2,93	1,10
14.06.13 - 01.07.13	17	1,85	27,3	0,003	0,026	0,358	2,22	4,88	0,203	0,010	<0,01	29,6	2,97	1,10
01.07.13 - 15.07.13	14	3,41	35,6	0,005	0,039	0,551	3,65	6,61	0,255	0,010	<0,01	43,2	3,50	1,48

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)