

Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune Undersøkelser i perioden 1.9.2008-31.8.2009



Foto: Eigil Rune Iversen

Utløp Fagerlivatn, Løkken Verk i 2008

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune Undersøkelser i perioden 1.9.2008 - 31.8.2009	Løpenr. (for bestilling) 5855-2009	Dato 15.oktober 2009
	Prosjektnr. Undernr. O-28381	Sider 60
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket CopyCat AS, 2009

Oppdragsgiver(e) Bergvesenet	Oppdragsreferanse Best. nr. 30/08
---------------------------------	--------------------------------------

Sammendrag

Etter at tiltakene som ble iverksatt i 1991 viste tegn på å svikte i 2002-2004, ble det startet et mer omfattende kontrollprogram i juli 2005. Programmet ble ytterligere forsterket i 2008-2009. Resultatene fra kontrollprogrammet i det hydrologiske året 2008-2009 viser at den hydrauliske belastningen på Wallenberg gruve var noe lavere enn i de foregående år, noe som resulterte i samlet mindre avrenning fra området og lavere metalltransport målt i Raubekken. Forholdet endrer ikke på tidligere konklusjoner når det gjelder nødvendigheten av å gjennomføre nye tiltak i Løkken gruveområde.

I det hydrologiske året 2008-2009 ble metalltransporten anslått til 19 tonn kobber, 49 tonn sink, 107 tonn jern, 80 tonn aluminium og 136 kg kadmium. Bidraget fra Bjørnlivatn-området utgjorde ca. 25 % av kobbertransporten i Raubekken. Vannkvaliteten i Orkla er fortsatt tilfredsstillende i forhold til målsettingen fra 1991 (årsmiddel <10 µg Cu/l). De nye kravene som sier at kobberkonsentrasjonen ved Vormstad alltid skal være lavere enn 10 µg Cu/l indikerer at nye tiltak i Løkken gruveområde må ha høyere virkningsgrad enn i dag.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kisgruve 2. Gruvevann 3. Tungmetaller 4. Løkken Verk 2009 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pyrite Mining 2. Acid Mine Drainage 3. Heavy Metals 4. Løkken Mines, Norway 2009
--	---



Eigil Rune Iversen
Prosjektleder



Helge Liltved
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

O-28381

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

Undersøkelser i perioden 1.9.2008-31.8.2009

Forord

Undersøkelsene i Løkken gruveområde i 2008-2009 er finansiert av Bergvesenet og er en kontinuerlig fortsettelse av et utvidet kontrollprogram som ble startet sommeren 2005. Vår kontaktperson har vært Steinar Nilssen.

NIVAs instrumentsentral ved Arne Veidel har vært ansvarlig for montasje og drift av målestasjonene for kontinuerlige registreringer.

Vi vil takke Orkla Industrimuseum og Meldal kommune for all assistanse under driften av målestasjonene og for den rutinemessige prøvetaking. Vi vil også takke Kraftverkene i Orkla som har hatt ansvaret for prøvetakingen i Raubekken og i Orkla.

Oslo, 15. oktober 2009

Egil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
2. Undersøkelsesopplegg	9
2.1 Prøvetakingsstasjoner	9
2.2 Prøvetaking og analyse	9
3. Resultater	11
3.1 Hydrologi og klima	11
3.2 Vannkvalitet på Løkkensiden	13
3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon	13
3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald	14
3.2.3 Stasjon C. Grøft i Gammelgruva	15
3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatnsiden	16
3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt	16
3.3.2 Utløp Fagerlivatn	22
3.3.3 Utløp Bjørnlivatn	23
3.4 Vassdragsstasjoner	26
3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk	26
3.4.2 Orkla ved Vormstad	28
4. Massebalanse	30
4.1 Vannbalanser	30
4.1.1 Bjørnlivatn-Raubekken	30
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve	32
4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve	36
4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene	41
5. Samlet vurdering	44
6. Referanser	46
Vedlegg A. Analyseresultater	47

Sammendrag

Gjennomføring av tiltaksplanen ved Løkken Gruber fra 1991 ga full effekt fra april 1992 da det ble utslipp fra Wallenberg pumpestasjon. Hensikten med tiltaket var å utnytte den vannfylte gruvas kapasitet til å felle ut tungmetaller. Sideberget i gruva og områder som er tilbakefylt med gråberg bidrar til å heve pH-verdien i inngående vann slik at treverdige jern felles ut. Fellingingen tar også med seg en del andre metaller. Når pH-verdien stiger, skjer det også en utfelling av kobberioner på kisflater i gruva. Tiltaket har som konsekvens at jernet som går ut av gruva er i toverdige form. Virkningsgraden til tiltaket er avhengig av at gruva har evne til å heve pH-verdien. Ved lave pH-verdier under pH 3,5 øker utslippet av kobber betydelig.

Tiltaket har vært fulgt med et løpende overvåkingsprogram som ble forsterket i 2002 da en første gang merket store endringer i vannkvaliteten til utgående vann ved at pH-verdien falt kraftig fra omkring 6 ned mot 3, noe som også førte til økte metallutslipp. En kunne allerede omkring 1995 påvise at jernmengdene ut av gruva økte, noe som var en påminnelse om at tiltaket ikke er en endelig løsning. I 2005 ble det startet et mer omfattende kontrollprogram for å avklare situasjonen bedre og for å skaffe grunnlag for nye tiltaksvurderinger.

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

De økende jernkonsentrasjonene i utgående vann er det tydeligste signal om at tiltakene som ble gjennomført i 1991 er i ferd med å svikte. Når det igjen inntreffer episoder med økt støtbelastning av metaller fra Løkken-siden vil det være stor fare for en betydelig økning av metallutslippene fra gruva. Av den grunn har en nå montert en kalkingsstasjon i Fagerlia. Dersom situasjonen skulle tilsi det vil det bli dosert kalk til utgående vann fra gruva. I tiden framover vil en bygge opp erfaringsmateriale for hvordan kalkdosen skal styres. I denne sammenheng har en nå to målestasjoner for kontinuerlig kontroll av vannkvalitet i Bjørnlivatn-området. Det foretas kontinuerlig måling av pH og konduktivitet i utgående vann fra gruva, og ved utløpet av Bjørnlivatn.

Som en oppsummering kan det sies at samlet metalltransport fra gruveområdet var noe lavere i det hydrologiske året 2008-2009 enn i foregående år. Dette har sammenheng med redusert avrenning fra området. Fortsatt er det slik at avrenning fra Løkken-siden er største forurensningskilde i gruveområdet. Mer enn halvparten av metallavrenningen fra Løkken-siden fanges ikke opp av dreneringstiltaket.

Forurensningssituasjonen i Orkla er fortsatt tilfredsstillende sett i forhold til målsettingen fra 1991. Årsmiddel for Cu-konsentrasjon ligger fortsatt lavere enn 10 µg Cu/l. Det måles imidlertid enkelte øyeblikksverdier over 10 µg Cu/l, noe som også er blitt registrert tidligere år. De nye kravene som innebærer at kobberkonsentrasjonen ved Vormstad alltid skal være lavere enn 10 µg Cu/l innebærer at nye tiltak i Løkken gruveområde må ha høyere virkningsgrad enn i dag. De tre hovedalternativene en har for tiltak er:

1. Overdekking av gruveavfall på Løkken-siden.
2. Flytting av avfall fra Løkken-siden til en mer egnet deponeringslokalitet og overdekke der.
3. Rensing av drensvann og gruvevann

For det hydrologiske året 2008-2009 har en beregnet følgende nøkkeltall for metalltransporten i Løkken gruveområde:

Kilde	SO ₄ tonn/år	Al tonn/år	Fe tonn/år	Cu tonn/år	Zn tonn/år	Cd kg/år
Tilførsler til Wallenberg gr.	980	37,4	172,5	13,8	12,5	47,9
Ut av Wallenberg pst.	998	16,1	90,4	2,4	11,7	30,6
Ut av Bjørnlivatn	1296	21,5	19,1	4,6	15,5	47
Transport i Raubekken	4022	79,7	107	18,7	48,6	136
Differanse (=Løkkensiden)*	2726	58,2	88	14,1	33,1	89

*Differansen mellom transporten i Raubekken og transporten ut av Bjørnlivatn gir uttrykk for tilførslene fra Løkken-siden som ikke samles opp av dreneringstiltaket.

Etter 1989, bortsett fra i tre årsperioder, foreligger datagrunnlag for å beregne samlet årstransport fra Løkken gruveområde til Orkla. Utviklingen har vært som følgende:

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

Resultatene fra undersøkelsene siste år gir ikke holdepunkter for å endre noen av konklusjonene fra tidligere undersøkelser der en har drøftet årsaker og virkninger til de prosesser som finner sted i den vannfylte gruva, og som også var grunnlaget for tiltaksplanen fra 1991. Ved hjelp av denne tiltaksplanen har en greid å ha kontroll med forurensningssituasjonen i nedre Orkla siden 1992. I dag ser en at tiltakene ikke lenger virker tilfredsstillende.

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

Summary

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

Year: 2009

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5590-4

The abandoned Loekken pyrite mine in Meldal municipality has for long time been the most polluting pyrite mine in Norway. During the operating period the mine water was the main source of pollution. Different mitigative measures were carried out between 1972 and 1992. Flooding the 450 m deep mine in the period from 1983 to 1992 and pumping acid drainage from the dumps through the flooded mine led to a 95 % reduction of the copper run-off from the area.

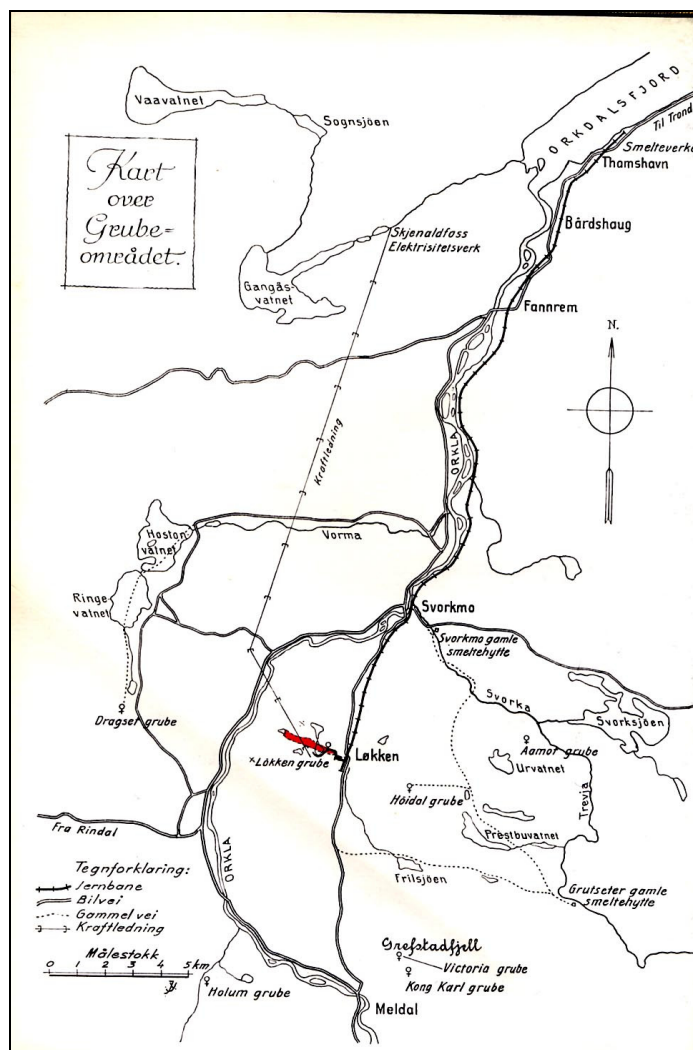
The initial pH of the mine water was about 2.3. After flooding the pH raised to 5.5-6. In 2002-2005 pH in the outcoming water dropped from 6 to below 3 in periods. Elevated concentrations of copper, zinc, aluminium and ferrous iron were observed as well. At the end of 2005 the acid drainage was diverted to an alternative shaft. This led to a positive effect in the following year. However, in 2007 the pH in the outcoming water dropped to about pH 3 again causing a substantial raise in the copper and aluminium concentrations. Since 1995 the loadings of ferrous iron from the mine has tripled.

Studies carried out in the period 2005-2008 show that the acid drainage from the dumps is moving through the two upper levels of the mine. Consequently, the retention time is in the range of one year. The theoretical retention time in the flooded mine is about 8 years. At the end of 2009 it is obvious that the flooded mine has lost its capacity of neutralising incoming water and that the effects of the chosen measure have come to an end. Ferric iron in the incoming water is oxidising pyrite surfaces in the mine causing increasing concentrations of ferrous iron in outgoing water. Copper concentrations are increasing as well due to oxidation. In addition, the adsorption effect of copper ions on pyrite surfaces in the flooded mine is increasing due to falling pH-values below 3.

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

1. Innledning

Forurensningsproblemene på Løkken tiltok sterkt for omkring 100 år siden og kort tid etter at stor-driften på kis startet. De første miljøundersøkelser ble startet allerede på 1920-tallet i regi av gruve-selskapet. I tiden etter har gruveområdet og Orklavassdraget vært under kontinuerlig overvåking av gruveselskapet fram til 1995, innenfor det statlige program for forurensningsovervåking av Orkla i perioden 1980-2000 og for tiden av Bergvesenet som har tilsyn med virkningene av de siste tiltakene. I forbindelse med at gruvedriften ble nedlagt i 1987, ble det gjennomført flere forurensningsbegrensende tiltak. Det viktigste var å ta i bruk den vannfylte Wallenberg gruve som et ”rensaneanlegg” for forurenset drensvann fra bergveltene på Løkkensiden. Etter at dette tiltaket viste de første tegn på å svikte i 2002, ble det startet et mer omfattende undersøkelsesprogram sommeren 2005. Den foreliggende rapporten gir en beskrivelse av undersøkelser som er utført i det hydrologiske året 2008-2009. I en foregående rapport fra dette programmet (Iversen, 2006) og i en konsekvensutredning foretatt av Bergvesenet (2007) er det gitt en mer utførlig beskrivelse av den historiske utvikling og av forurensningsproblematikken i gruveområdet. Figur 1 viser på en kartskisse beliggenheten til Løkken gruveområde i nedre del av Orklavassdraget.



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

2. Undersøkellesopplegg

2.1 Prøvetakingsstasjoner

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

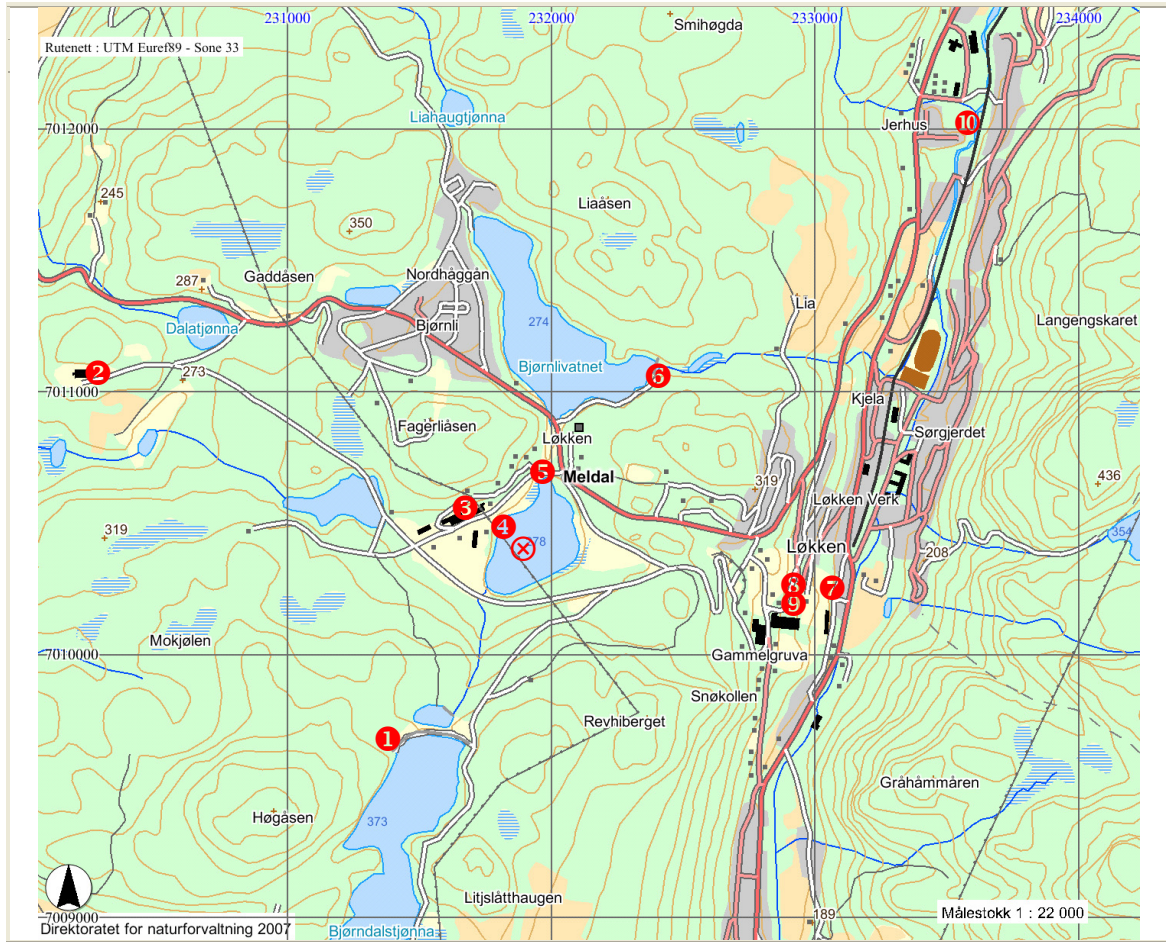
Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2008-2009.

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

Ved stasjonene B, C, utløp Bjørnlivatn og i Raubekken måles vannføring kontinuerlig. Ved stasjonene, A, Wallenberg pumpestasjon og Astrup pumpestasjon nivå 311 er innhentet data for utpumpet mengde som er registrert ved pumpestasjonene. Alle prøvetakingsstasjonene er markert på figur 2 som viser et kartutsnitt over området.

2.2 Prøvetaking og analyse

I 2008-2009 har Meldal kommune hatt ansvaret for prøvetakinger ved Wallenberg pumpestasjon, utløp Bjørnlivatn og ved Stallgata pumpestasjon. Orkla Industrimuseum har tatt prøvene i Gammelgruva ved stasjonene B og C. Ved de to sistnevnte stasjonene ble prøvene tatt som mengdeproporsjonale blandprøver. Prøvetakingen ble styrt av de kontinuerlige vannføringsmålerne ved disse stasjonene. Oppsamlingskannene ble tømt ved behov, vanligvis 1 x pr. måned. Kraftverkene i Orkla har tatt prøvene i Raubekken og i Orkla ved Vormstad. Prøvene er tatt på prøvetakingsflasker utsendt av NIVA. Prøvetakingen i Wallenberg sjakt ble utført av NIVA. Alle analyser er utført av NIVA. Det er benyttet samme analyseteknikk (ICP) for analyse av drensvann i alle år etter 1992. Tungmetallanalysene i Orkla er utført vha ICPMS-teknikk.



Figur 2. Kart over gruveområdet med markering av prøvetakingsstasjoner i perioden 2005-2009.

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

3. Resultater

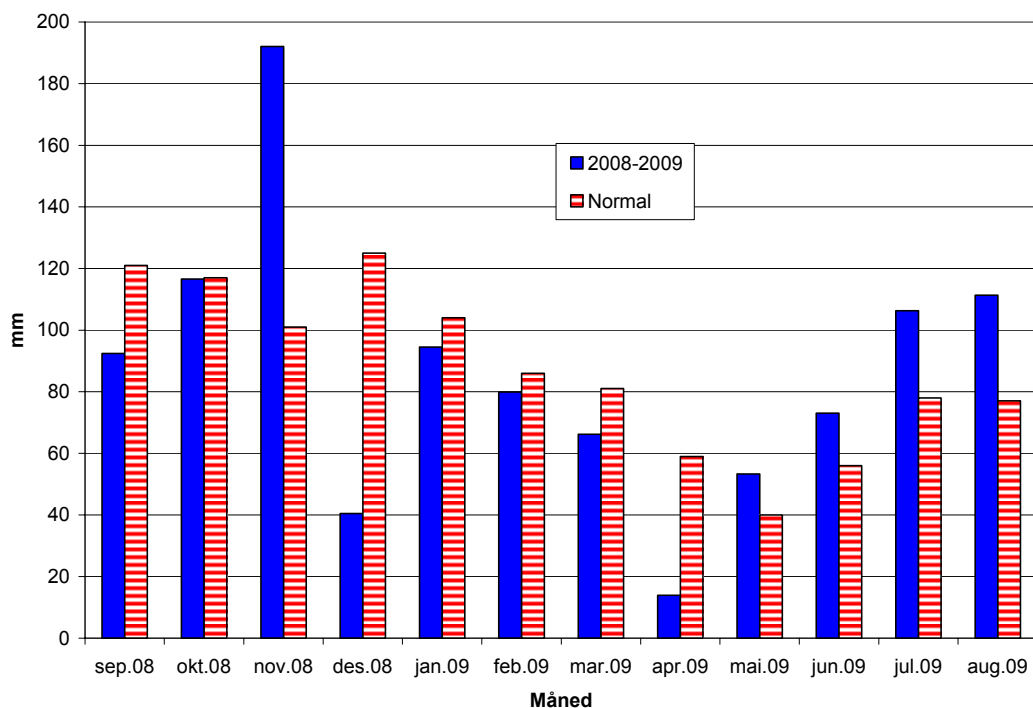
3.1 Hydrologi og klima

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

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

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

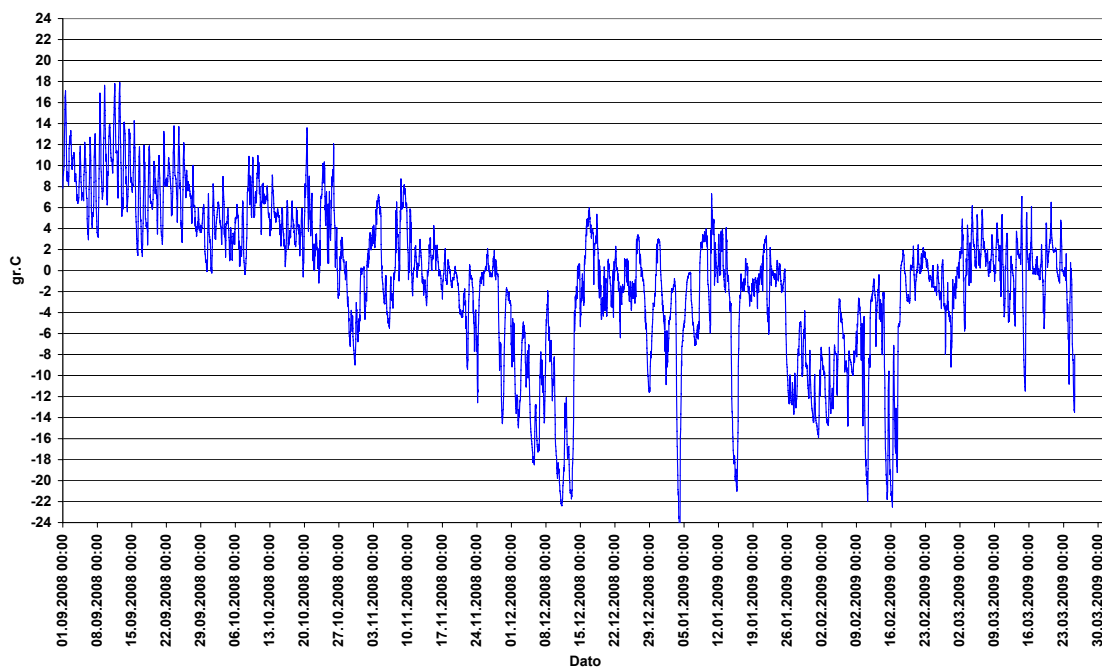
Temperatur og nedbør har stor betydning for vannbalansen på gruva. I dette området viser avrenningskoeffisientene store lokale variasjoner (NVE, 1987). I denne undersøkelsen vil ta med nedbørdata for den nærmeste meteorologiske stasjonen til Det norske meteorologiske institutt (DNMI), 66210 Hoston. Figur 3 viser månedlige nedbørhøyder og normaler for perioden 2008-2009.



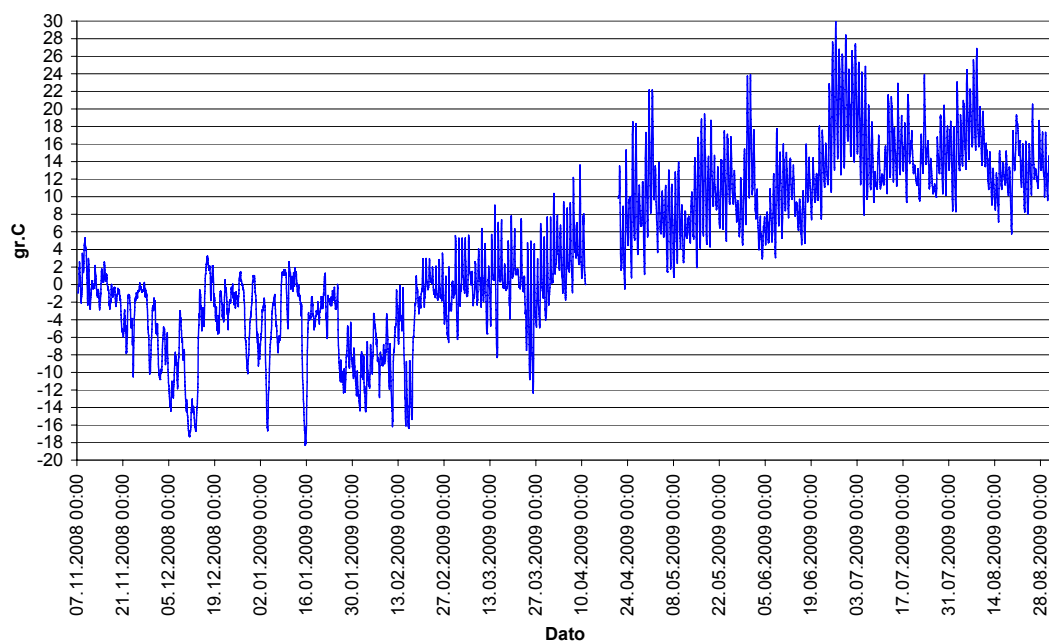
Figur 3. Månedlige nedbørhøyder og normaler ved DNMI 66210 Hoston i 2008-2009.

En ser at det falt mye nedbør i november 2008 mens månedene desember 2008 og april 2009 var nedbørfattige. I det hydrologiske året 2008-2009 falt det 1040 mm nedbør eller 99,5 % i forhold til et normalår. I dette området kan imidlertid nedbørmengdene lokalt variere forholdsvis mye over korte avstander.

Ved målestasjonen under dammen på Bjørnlivatn er det utplassert en temperaturmonitor for lufttemperatur. Figur 4 viser observasjonsmaterialet som foreligger for måleperioden. Etter endringer i utstyret på målestasjonen ble lufttemperaturmålingene flyttet til brakka foran inngangen til Gammelgruva (på skyggesiden). En ser at det var flere perioder med temperaturer over 0 i hele vinterperioden. Spesielt var mars måned mild. Det var kaldest den 15.1.2009 (-17,8 gr.C).



Figur 4. Lufttemperatur ved Bjørnlivatn i 2008-2009.



Figur 5. Lufttemperatur ved Gammelgruva i 2008-2009.

3.2 Vannkvalitet på Løkkensiden

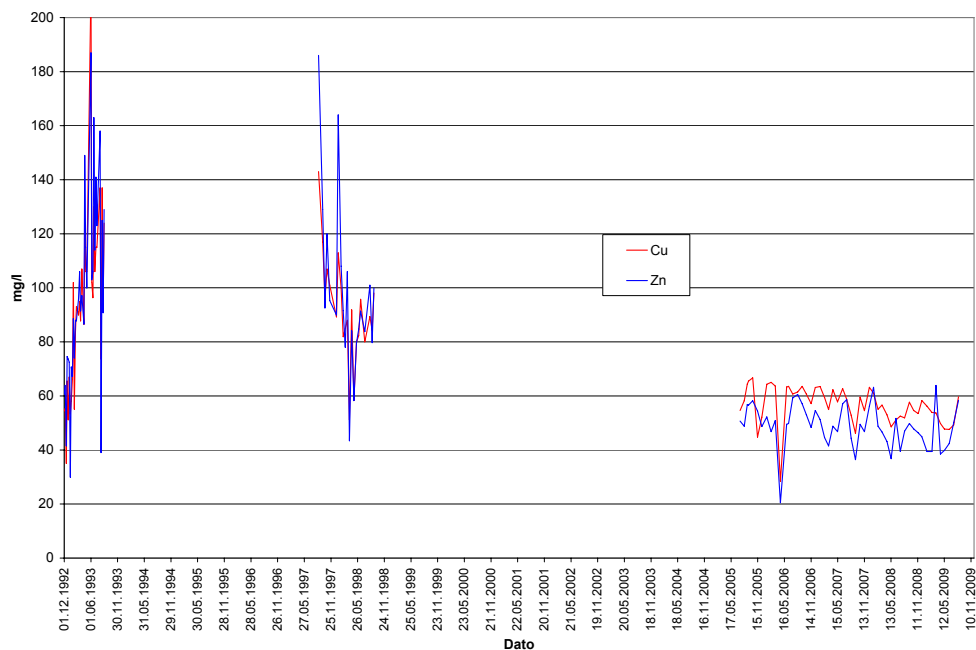
3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon

Analyseresultatene for prøver som er tatt i 2008-2009 er samlet i tabell 18 i vedlegg A bak i rapporten. I tabell 3 er det gjort en sammenligning mellom de årlige middelveidene for alle måleperiodene som er gjennomført etter at tiltaksplanen ble satt i drift.

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

Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,53	466	4783	343	172	818	93,3	97,2	0,369	8,90	0,55	2,48	201	58,1
1997-1998	2,50	493	4566	374	141	738	80,7	81,8	0,338	7,49	0,51	2,46	170	49,0
2005-2006	2,53	469	4221	337	134	622	58,8	51,1	0,208	7,45	0,51	2,03	156	53,7
2006-2007	2,55	486	4452	356	139	623	59,8	50,5	0,203	7,62	0,52	2,03	157	58,2
2007-2008	2,48	476	4364	363	131	587	54,4	47,1	0,198	7,17	0,48	1,87	146	59,1
2008-2009	2,53	459	4079	369	131	519	53,5	46,7	0,199	7,51	0,53	1,81	143	58,8

pH-verdiene synes å være forholdsvis stabile, men tungmetallverdiene er lavere i årene 2005-2009 enn i de to foregående måleperiodene og tendensen ser ut til å ha en avtakende karakter. Mye tyder derfor på at omfanget av forvittringsprosessene i gruveavfallet på Løkkensiden er avtakende. Av andre forhold som kan ha betydning kan nevnes at overdekkingsarbeidene som ble gjort av Løkken Gruber i sin tid også kan ha gitt langsiktig positiv effekt. Det har i årenes løp også etablert seg mer vegetasjon i gruveområdet, særlig på Nordre berghald. Dette kan også ha bidratt til mindre utvasking fra avfallet. En legger også merke til at metallkonsentrasjonene varierer betydelig mindre enn før (se figur 6 under). Det er mulig at dette kan ha sammenheng med mer vegetasjon i velteområdet.



Figur 6. Kobber- og sinkobservasjoner ved Stasjon A, Stallgata pumpestasjon i perioden 1992-2009.

3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald

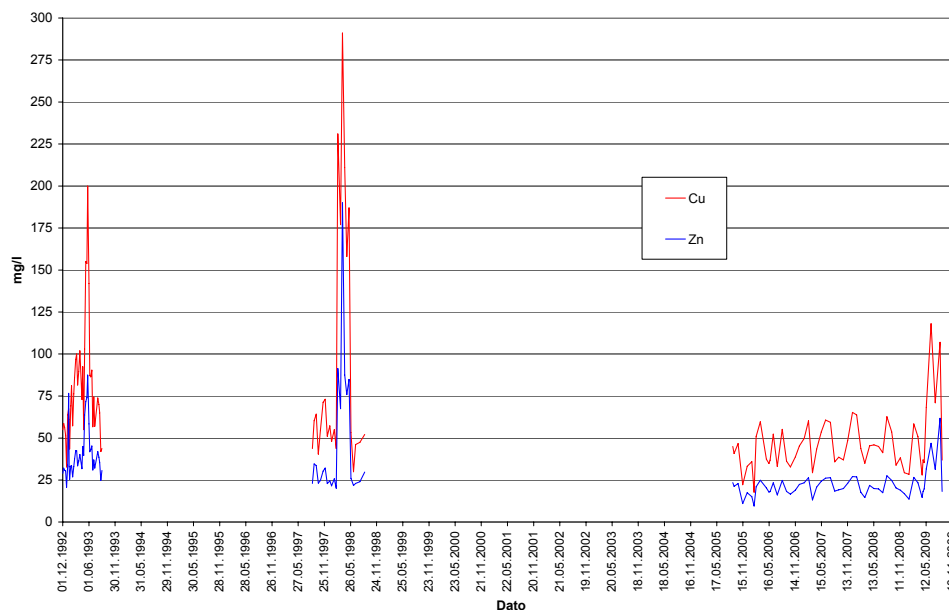
Analyseresultater for prøver som er tatt i 2008-2009 er samlet i tabell 19 bakerst i rapporten i vedlegg A. I tabell 4 under er beregnet årlige middelværdier for de fem undersøkelsesperiodene som er gjennomført.

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

Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,38	539,8	6663	203	196,1	1740	80,3	40,6	0,185	6,42	0,39	3,07	238	32,2
1997-1998	2,36	612,7	7817	183	216,8	2049	93,3	45,1	0,255	5,98	0,33	3,98	259	29,0
2005-2006	2,44	422,2	3901	144	95,8	893	40,1	19,2	0,075	3,61	0,22	1,70	116	26,8
2006-2007	2,43	467,4	4566	160	110,0	1043	45,4	21,3	0,079	4,04	0,24	1,92	131	30,6
2007-2008	2,33	488,5	4983	166	118,1	1142	47,7	21,2	0,084	4,15	0,25	2,04	138	32,1
2008-2009	2,33	534,0	5497	184	135,8	1248	52,9	25,8	0,102	4,81	0,29	2,24	157	35,8

Som for drensvannet fra Stallgata pumpestasjon har det vært beskjedne endringer i pH-verdiene siden 1992. Metallkonsentrasjonene i perioden 2005-2008 er betydelig lavere enn i de to første undersøkelsesperiodene. Dette gjelder særlig jern, kobber, sink og kadmium. En tilsvarende reduksjon i sulfatkonsentrasjonene tyder på en redusert forvittringsaktivitet i tippen. En forklaring på dette kan være en positiv effekt av overdekkingen som ble gjort på 1970-tallet. I siste periode i 2008-2009 er metall- og sulfatkonsentrasjonene noe høyere enn i foregående periode. Dette kan ha sammenheng med to forhold:

1. Det er analysert på vannmengdeproporsjonale prøver. Tidligere ble det bare tatt en stikkprøve pr.måned (en gang pr.uke i de to første periodene).
2. Forholdene var spesielle i perioden mai-juni 2009 pga pumpehavari i Wallenberg sjakt. Drensvannet fra Nordre berghald ble i denne perioden sendt på bekken. Kun beskjedne mengder vann kom fram til innløpet i synken i Gammelgruva. En mulig årsak til forholdsvis høye metallkonsentrasjoner i juni måned i 2009.



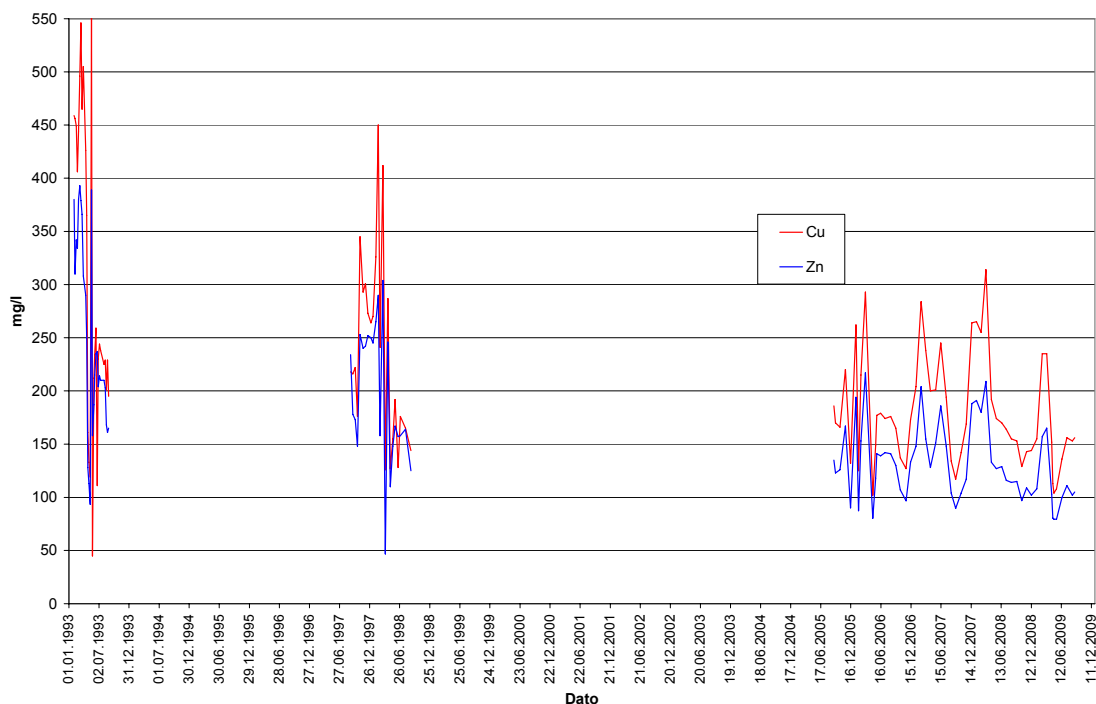
Figur 7. Kobber- og sinkobservasjoner i drensvann fra Stasjon B, Nordre berghald, 1992-2009.

3.2.3 Stasjon C. Grøft i Gammelgruva

Resultatene for 2008-2009 er samlet i tabell 20 i vedlegg A bak i rapporten. Tabell 5 gir en oversikt over beregnede årsmiddelverdier for alle undersøkelsesperiodene som er gjennomført. Resultatene for de tre siste periodene viser samme trend som for de to andre stasjonene, men i litt mindre grad. Konsentrasjonsvariasjonene i løpet av året (Cu og Zn, figur 8) er noe større enn for to andre stasjonene. Metallkonsentrasjonene er klart lavere de fire siste år enn i de to første periodene. Som for stasjon B er datagrunnlaget forskjellig siste årsperiode i forhold til de foregående idet analysene er utført på mengdeproporsjonale blandprøver. En får derved med seg et betydelig større antall prøver i hver månedsprøve. Prøvetakeren ble stilt slik at det ble tatt en fast stikkprøve for hver 50. m³.

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

Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,45	915,5	17108	348	706	4119	309	252	0,880	20,1	1,19	9,79	807	38,6
1997-1998	2,47	928,4	14964	311	668	3068	239	198	0,766	18,0	1,17	9,26	753	37,2
2005-2006	2,51	839,5	12169	299	558	2390	182	137	0,529	17,9	1,13	8,15	572	37,4
2006-2007	2,53	892,4	13703	295	607	2597	192	141	0,541	19,0	1,20	8,56	624	37,4
2007-2008	2,46	930,6	14384	280	652	2880	198	141	0,542	19,6	1,22	9,26	659	36,2
2008-2009	2,45	756,8	10476	286	467	2001	151	108	0,413	15,1	1,07	6,81	468	35,8



Figur 8. Kobber- og sinkobservasjoner ved Stasjon C, Drensgrøft i Gammelgruva, 1992-2009.

3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatnsiden

3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt

I 1984 startet tiltaket med å fylle Wallenberg gruve med vann fra naturlig tilsig. Oppfyllingen ble fulgt opp med peiling av vannstand og prøvetaking i sjakten fra 1986. Den 9.april 1992 var nivået kommet så høyt at en kunne starte pumpestasjonen i Wallenberg sjakt. Vannkvaliteten til utgående vann har vært fulgt regelmessig i alle år etterpå. Til å begynne med ble det tatt hyppige prøver. Da en etter en tid vurderte vannkvaliteten som stabil, fortsatte med en prøve hver 2. måned. I 2002 endret vannkvaliteten seg brått med et betydelig fall i pH-verdiene. Fra våren 2002 ble prøvetakingsfrekvensen igjen økt til månedlig. I 2008-2009 er det i perioder tatt ukentlige prøver. Resultatene fra siste års prøvetaking er samlet i tabell 21 i vedlegg A bak i rapporten. Pumpestanden er registrert ukentlig. Tabell 6 gir en oversikt over beregnede tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år.

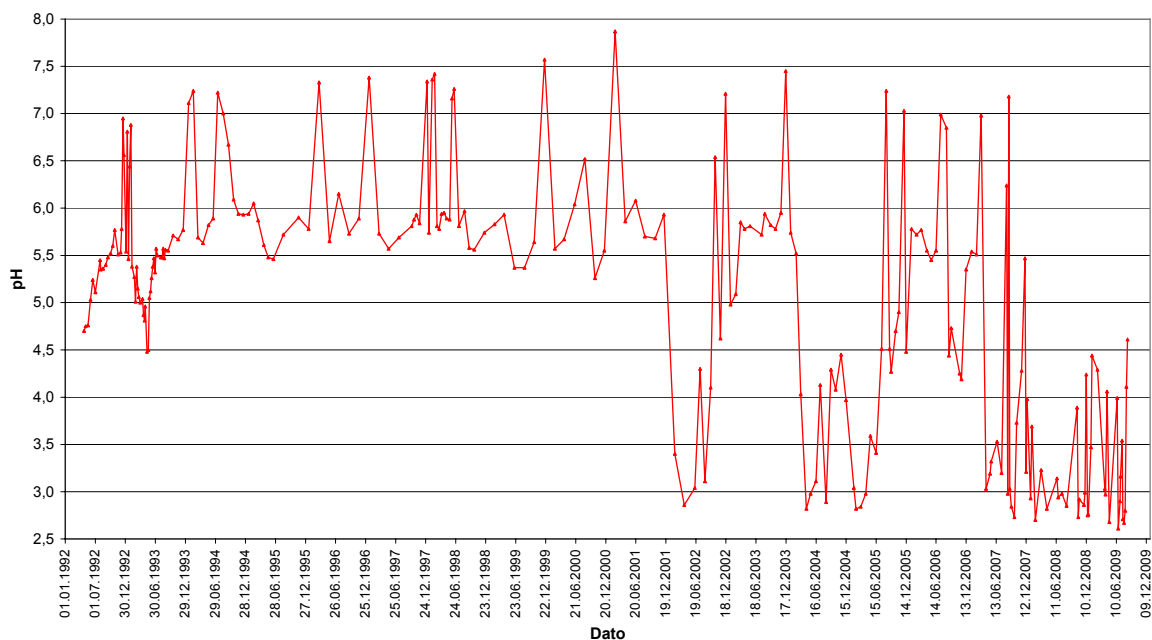
Tabell 6. Wallenberg pumpestasjon. Tidsveiede årsmiddelverdier hydrologiske år.

År	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Pb mg/l	Volum m ³
1992-1993	5,47	304,5	2210	436,7	258,6	3,73	101,4	3,78	24,33	0,049	7,71	0,18	0,78	14,3		582048
1993-1994	6,18	253,2	1664	402,0	188,3	3,72	68,3	1,92	14,35	0,023	7,76	0,09	0,51	12,7		458600
1994-1995	5,85	289,8	1859	454,3	186,6	3,50	79,8	2,79	17,77	0,070	8,90	0,12	0,68	13,8		631492
1995-1996	6,14	231,5	1313	367,3	141,9	2,97	63,2	1,52	12,37	0,017	6,06	0,12	0,30	11,5		513821
1996-1997	5,98	248,5	1628	397,2	162,4	4,90	85,9	1,83	14,11	0,015	6,38	0,14	0,55	13,4		550965
1997-1998	6,56	232,2	1507	362,4	155,7	4,16	90,7	1,62	14,27	0,026	5,84	0,12	0,58	12,4		681638
1998-1999	5,63	298,3	2055	458,8	195,8	5,07	149,5	1,59	19,78	0,032	6,55	1,23	0,74	12,7		481092
1999-2000	6,15	232,0	1561	355,4	147,6	3,40	97,6	1,08	12,18	0,022	4,58	0,11	0,53	12,3		676796
2000-2001	6,04	272,7	1903	402,6	187,0	1,91	109,3	0,86	12,39	0,016	4,78	0,11	0,54	12,7		363598
2001-2002	4,16	332,6	2408	426,2	196,3	33,3	197,9	7,71	27,77	0,053	6,57	0,20	0,92	20,2	0,042	685408
2002-2003	5,60	280,3	1798	400,2	174,9	10,4	126,1	1,36	14,77	0,024	4,92	0,14	0,61	15,3	0,011	381328
2003-2004	4,79	283,0	1928	368,9	156,3	23,2	148,3	4,86	19,44	0,046	4,75	0,16	0,72	17,4	0,020	623033
2004-2005	3,73	325,2	2420	373,5	162,3	45,6	226,4	9,54	31,15	0,084	5,40	0,21	1,01	23,1	0,041	618505
2005-2006	5,50	239,9	1546	345,4	133,2	10,9	115,8	1,63	12,90	0,026	3,59	0,17	0,55	14,1	0,011	599112
2006-2007	4,54	288,9	2190	388,9	144,7	37,9	195,6	8,32	25,13	0,076	4,40	0,18	0,84	23,3	0,020	631096
2007-2008	3,25	351,1	2595	399,8	152,0	58,5	242,5	12,01	33,57	0,114	5,07	0,22	1,05	29,3	0,060	699820
2008-2009	3,35	354,1	2170	352,6	142,6	36,2	192,9	5,23	25,72	0,067	4,15	0,18	0,79	22,9	0,041	468184

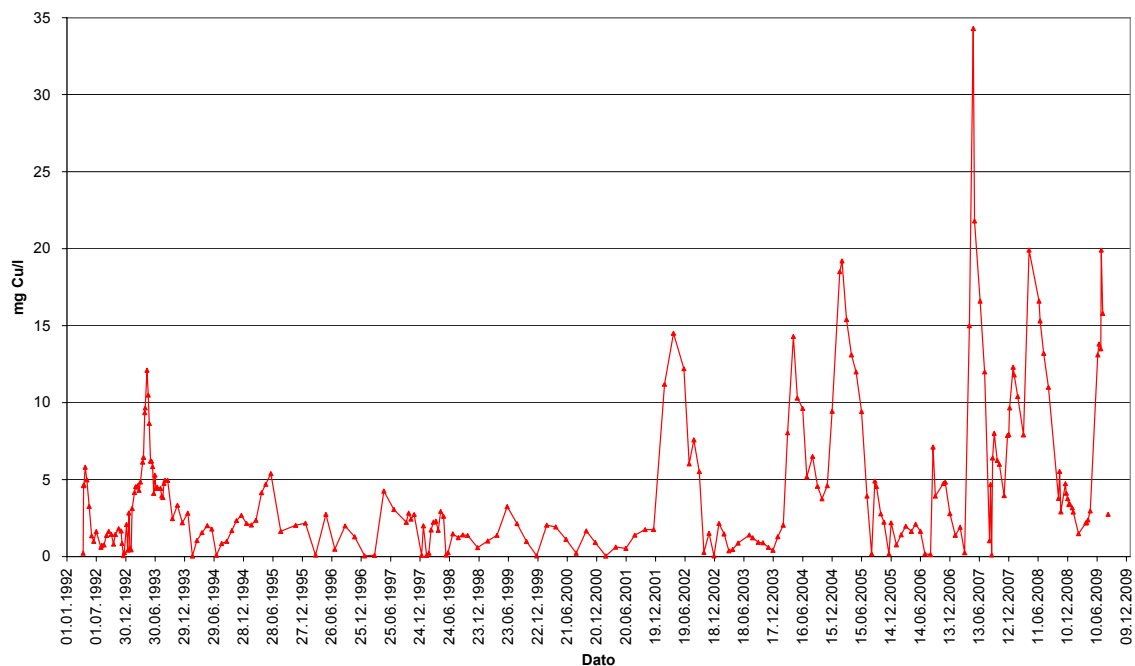
Figur 9 viser resultater for alle pH-målinger av utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon siden starten i 1992. Som kommentert i foregående rapporter har pH-verdier over 6 sammenheng med at pumpestasjonen hovedsakelig pumper overflatevann som har trengt ned i gruva gjennom rasområdet i Fagerliåsen. I 2002 fikk en de første problemer med surt vann. I 2003 var situasjonen normal igjen.

Våren 2004 fikk en et nytt pH-fall som varte fram til flyttingen av inngående vann til Gammelsjakta høsten 2005. Ut over høsten 2005 og vinteren 2006 steg pH igjen. Våren 2006 ble det et betydelig pH-fall igjen. Bortsett fra episoder med pumping av mer ionefattig overflatevann har pH vært vedvarende lav omkring 3 siden våren 2006. pH måles av prøvemottaket ved NIVAs laboratorium. Verdiene er noen tiendedeler lavere enn på prøvetakingstidspunktet pga oksidasjon og hydrolyse av toverdige jern i prøveflasken, dvs den samme prosess som pågår ute i Fagerlivatn og Bjørnlivatn.

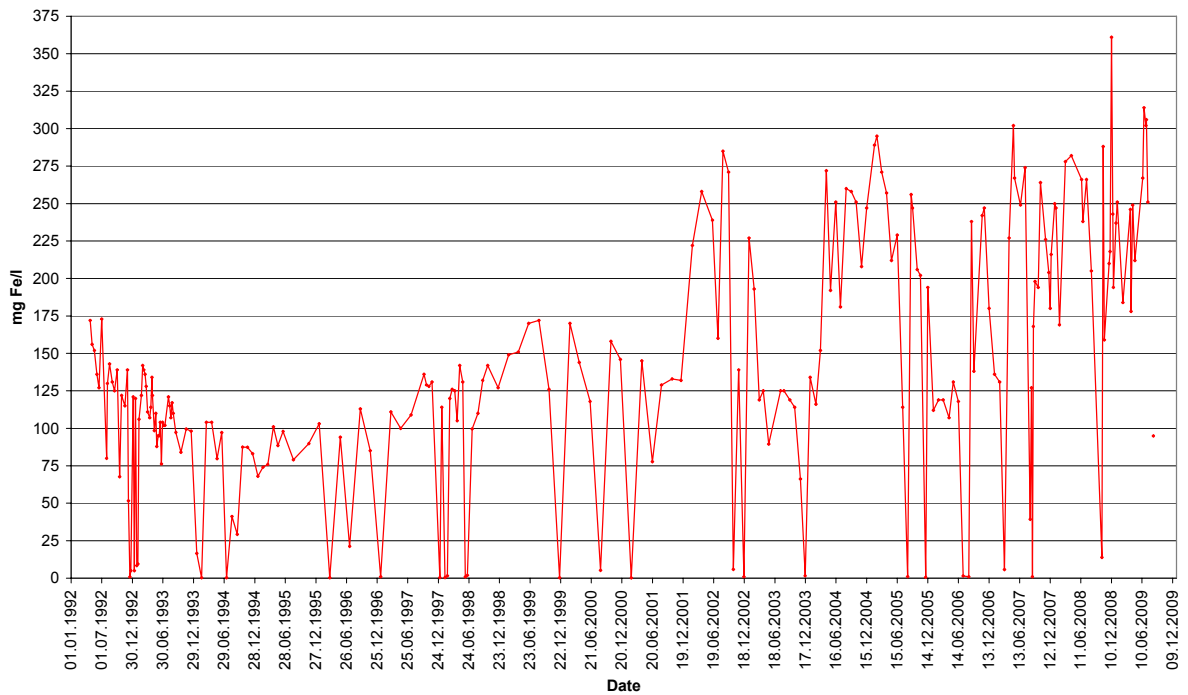
Når pH faller ned mot 3, ser en at dette medfører betydelig økning i metallkonsentrasjonene. Figur 10, figur 11 og figur 12 viser hvordan konsentrasjonene av kobber, jern og sink har utviklet seg siden 1992.



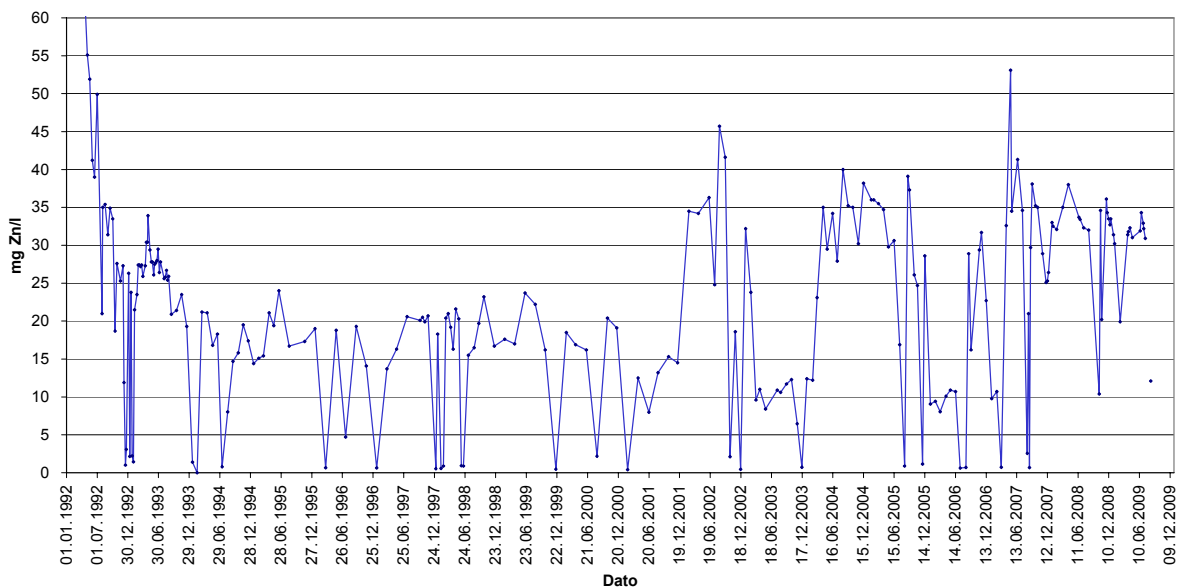
Figur 9. pH-observasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2009.



Figur 10. Kobberkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2009.



Figur 11. Jernkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2009.



Figur 12. Sinkkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2009.

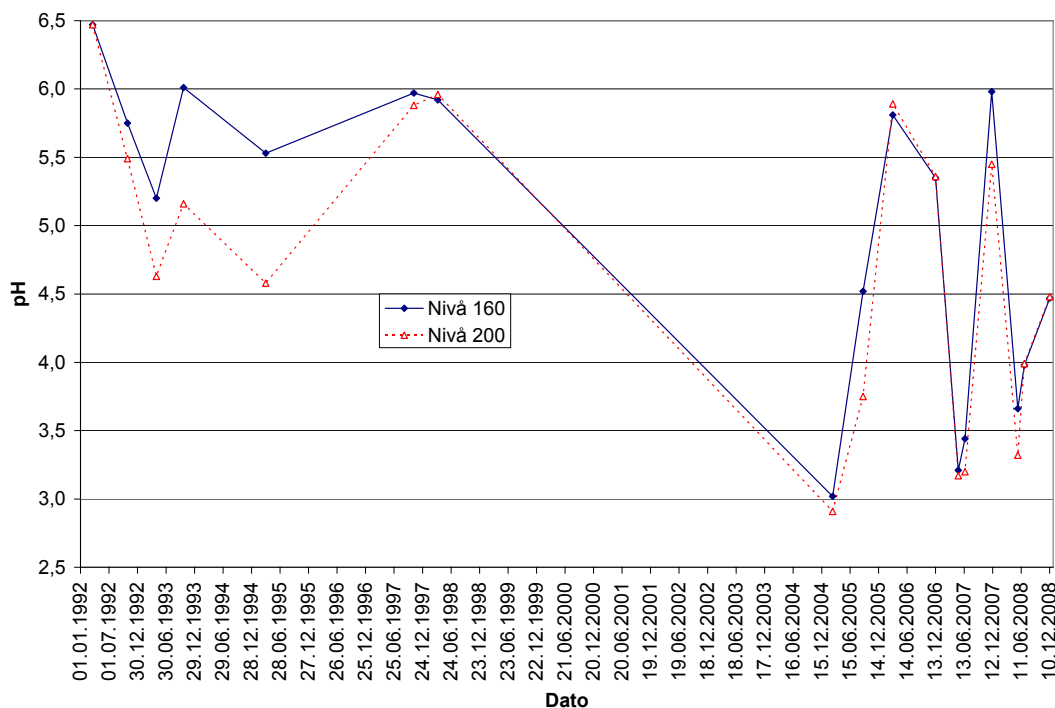
I 2008-2009 var den hydrauliske belastningen på gruva en del mindre enn i foregående år. Dette betyr at oppholdstiden til inngående vann er lengre. Gruva har derved hatt en større evne til å adsorbere

kobber. Utslippene av kobber var derfor lavere siste år enn i det foregående. Når en ser på jern er dette ikke tilfelle. Det er utviklingen i de høyeste jernkonsentrasjonene som er mest interessant. Disse forteller oss at ”rensprosessen” i gruva er i ferd med gradvis å opphøre. En ser også at sulfatkonsentrasjonene er økende, noe som betyr at omfanget av forvitningsprosessene i den vannfylte gruva er økende. Treverdig jern felles i mindre grad ut og går derfor til angrep på kisflater. Dersom en igjen får episoder med høy hydraulisk belastning på gruva vil en trolig registrere økende kobberverdier i utgående vann. Kobberkonsentrasjonene er mer avhengig av pH-verdiene inne i den vannfylte gruva. Når pH-verdien faller ned mot 3 fører dette til redusert opptak av kobber på kisflater. ”Rensprosessen” stopper opp.

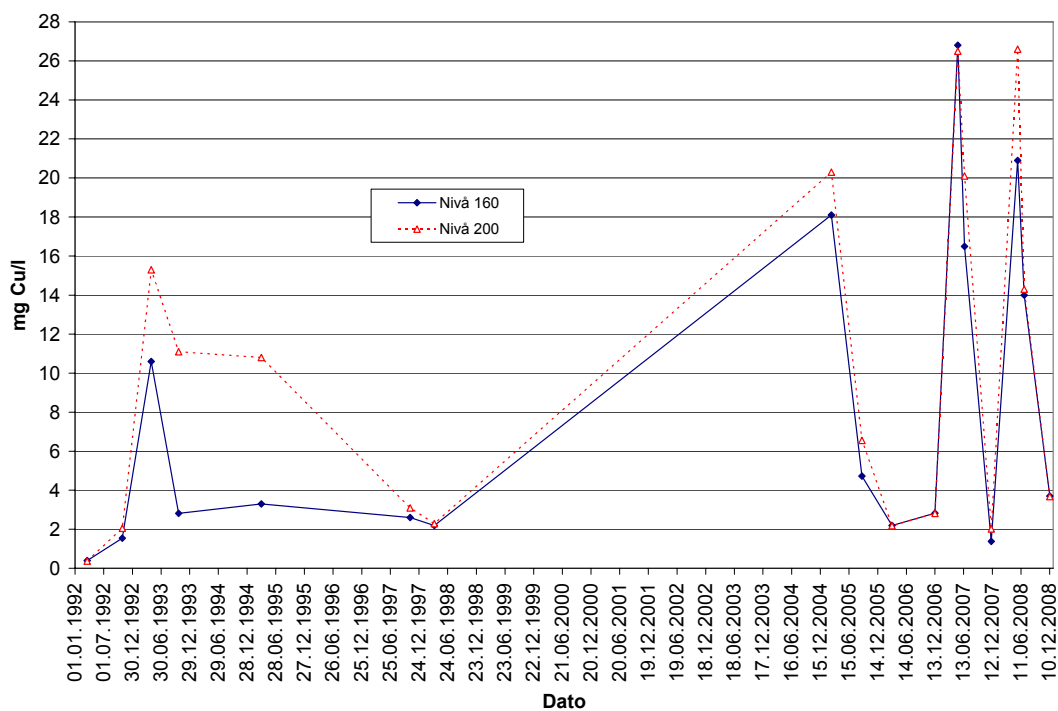
I undersøkelsesperioden 2008-2009 ble det tatt ett prøvesnitt i Wallenberg sjakt, i desember 2008. Analyseresultatene er samlet i tabell 23 i vedlegget bak.

Figur 13, figur 14 og figur 15 viser observasjonsmaterialet for pH, kobber og jern for de to øverste hovednivåene i gruva (160 og 200) i tiden etter at pumpestasjonen ble satt i drift (1992-2008). Resultatene er i samsvar med pumpestasjonen og bekrefter at det sure vannet beveger seg mot Wallenberg sjakt i de to øverste nivåene i gruva. Som for pumpestasjonen er det perioder med høyere pH-verdier og relativt lave metallkonsentrasjoner når det trenger inn mye rent overflatevann gjennom rasområdet i Fagerliåsen.

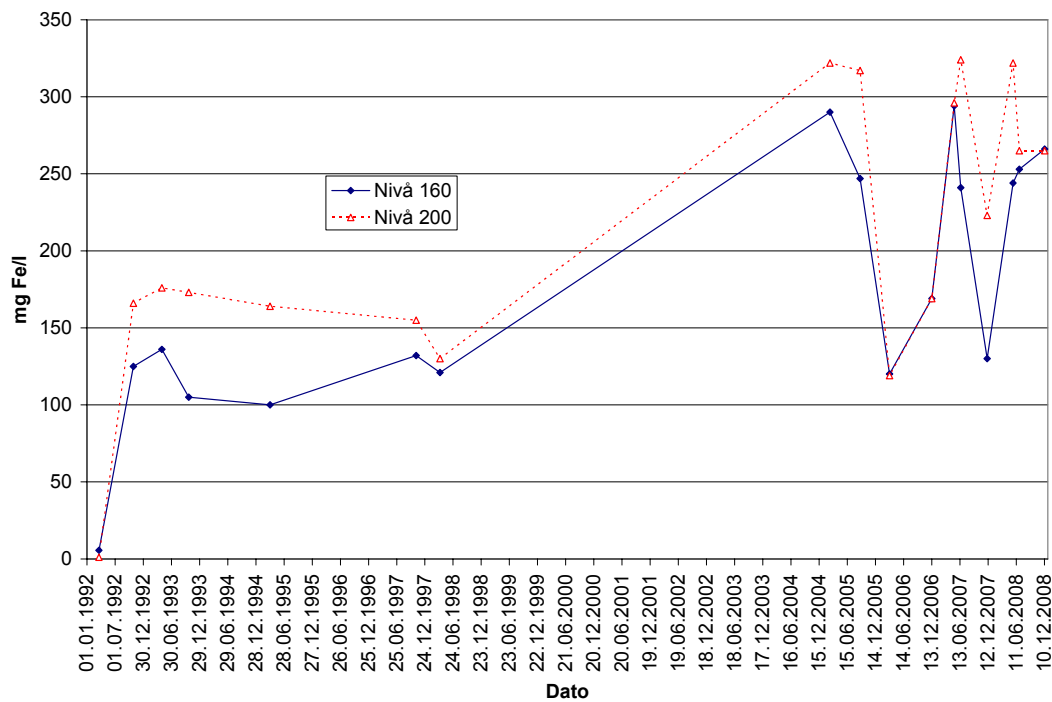
Figur 16 og figur 17 viser hvordan utviklingen har vært mht pH, sulfat, kobber og jern ved et dypere nivå i gruva, nivå 380 siden prøvetakingene startet i 1986. Ved dette nivået kommer også vannet fra Astrup inn. Resultatene viser at situasjonen ser tilnærmet stabil ut. pH-verdiene øker langsomt mens metall- og sulfatkonsentrasjoner viser en svakt synkende tendens. En kan ikke observere noen effekter av tilførselene fra Astrup gruve ved dette nivået.



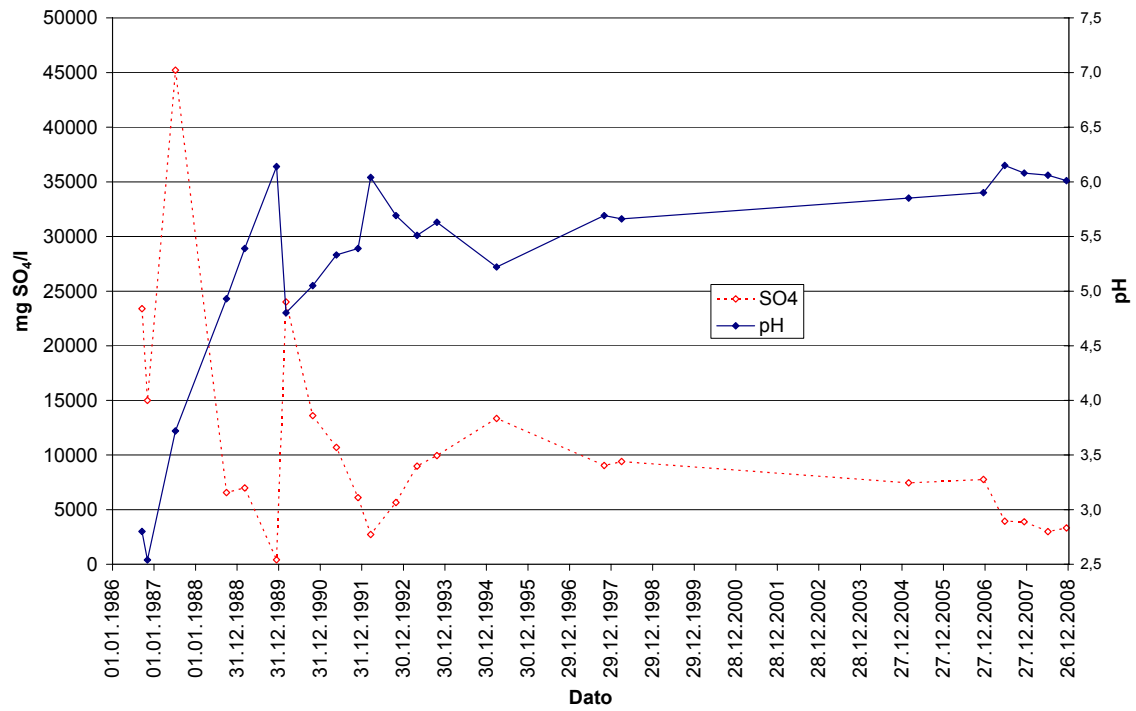
Figur 13. pH-observasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2008.



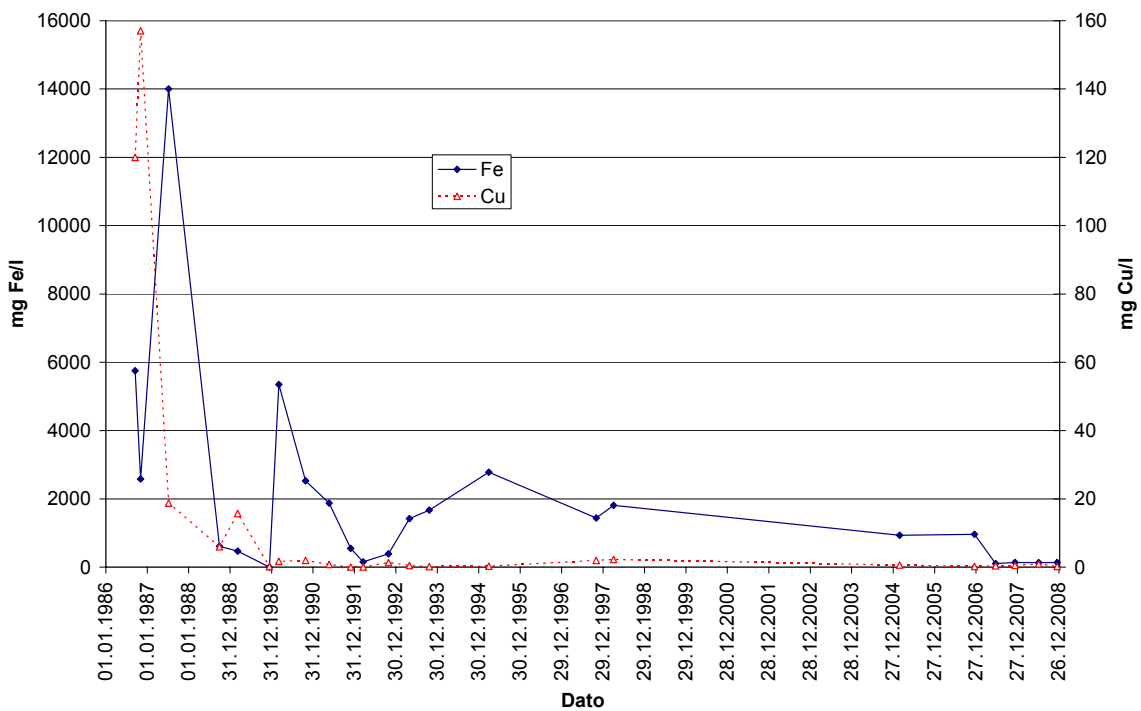
Figur 14. Kobberkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2008.



Figur 15. Jernkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2008.



Figur 16. pH- og sulfatobservasjoner ved nivå 380 i perioden 1986-2008.

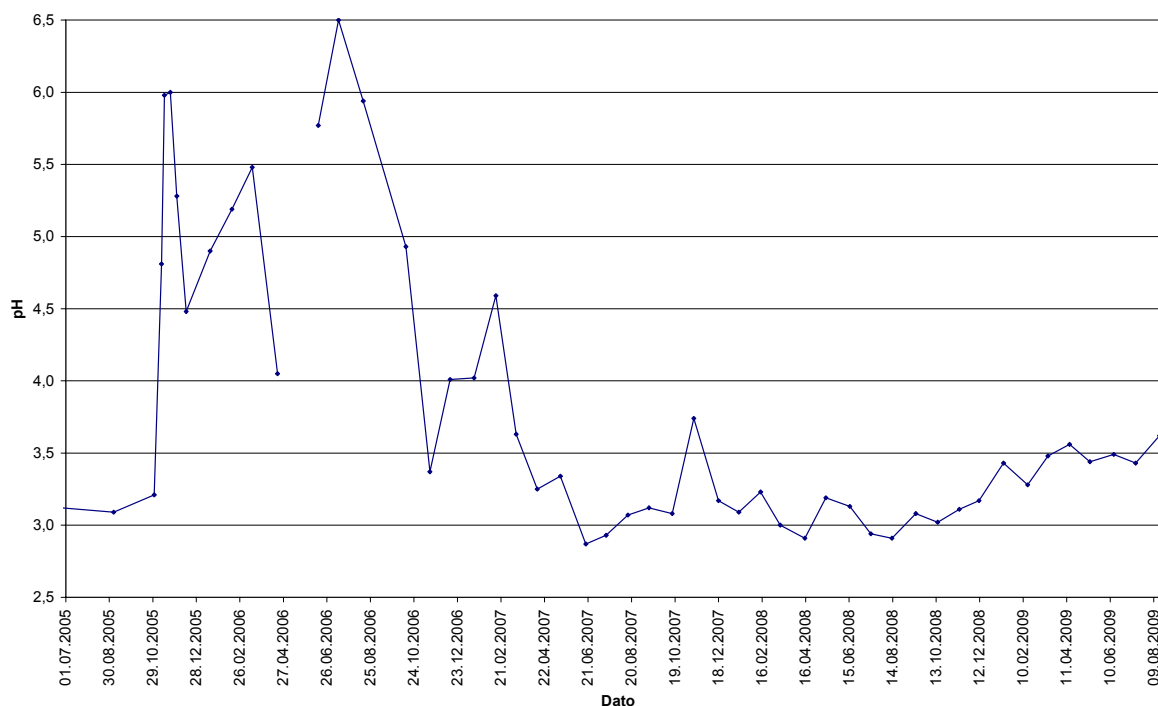


Figur 17. Kobber- og jernkonsentrasjoner ved nivå 380 i perioden 1986-2008.

3.3.2 Utløp Fagerlivatn

Gruvevannet fra Wallenberg pumpestasjon føres til Fagerlivatn. Mesteparten av jernet i gruvevannet har hittil foreligget som toverdig. Ute i vannmassene i Fagerlivatnet oksiderer det toverdige jernet til treverdig. Treverdig jern felles ut som hydroksid (hydrolyse) i vannmassene. Denne reaksjonen medfører et pH-fall. I november 2005 ble Fagerlivatn overflatekalket for å teste denne metoden som tiltak mot akutt forurensning. I denne forbindelse har en fulgt opp vannkvaliteten i Fagerlivatn jevnlig og spesielt utviklingen i pH-verdiene. I tabell 24 i vedlegget bak er samlet analyseresultatene for de prøvetakinger som er gjort ved utløpet av Fagerlivatn siden 2005. Figur 18 viser observasjonsmaterialet for pH.

Resultatene viser at kalkingen medførte en pH-heving til litt over 6. Det er vanskelig å vurdere hvor lenge en hadde nytteeffekt av kalkdosen da en samtidig foretok en omlegging av innløpet i gruva til Gammelsjakt. Omleggingen medførte at utslippet av jern avtok for en tid, noe som igjen medførte at omfanget av forurensningsreaksjonene i Fagerlivatn avtok. Utover i 2007 sank pH-verdiene igjen til ca 3. En viste med kalkingen i 2005 at det var mulig å felle ut spesielt kobber effektivt for en periode i vannmassene dersom det skulle oppstå en situasjon med akutt forurensningsfare for Orkla. Fra våren 2007 har pH-verdiene holdt seg stort sett i området 3-3,2. Utover i 2009 har pH-verdiene økt noe som følge av at gruva har vært nedpumpet og tilsiget har vært lite i perioder, samt pumpestans ved Wallenberg pumpestasjon pga drifthavari på pumpen i mai-juni måned.



Figur 18. pH-observasjoner ved utløpet av Fagerlivatn 2005-2009.

3.3.3 Utløp Bjørnlivatn

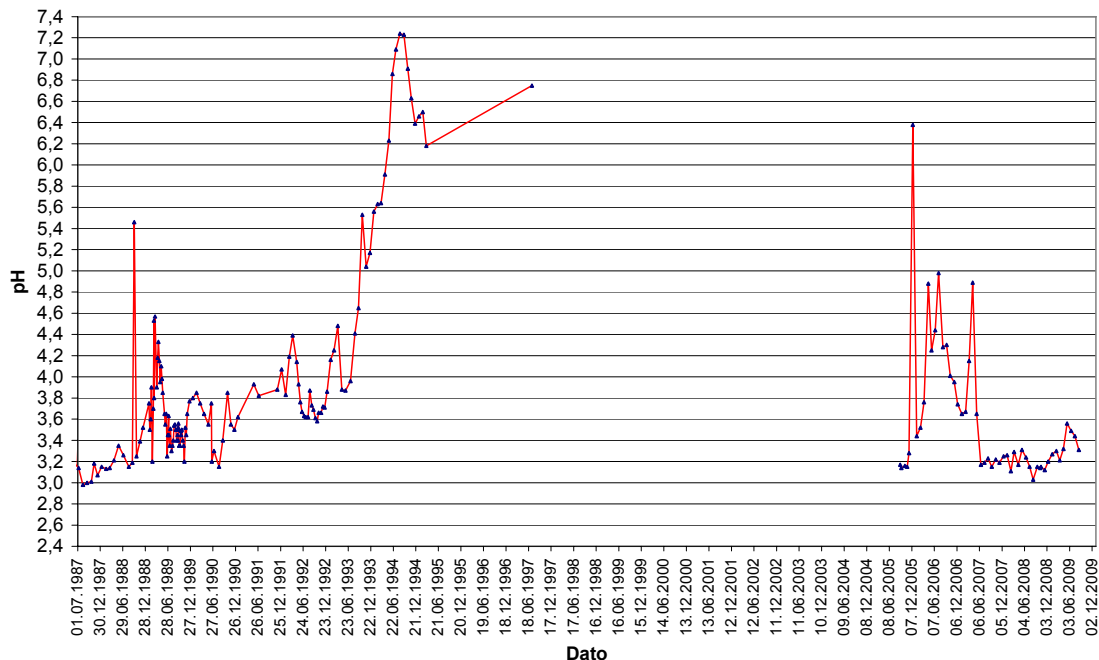
Stasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn er benyttet i en lang rekke år. Den ble opprettet av gruveselskapet i sin tid. Etter at oppryddingstiltakene etter gruvedriften ble avsluttet i begynnelsen av 1990-årene, bedret vannkvaliteten seg betydelig. pH-verdiene steg og metallkonsentrasjonene avtok. Jernkonsentrasjonene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

I tabell 7 har en samlet beregnede årsmiddelverdier for hydrologiske år for de årene som NIVA har datamateriale for. Resultatene viser at spesielt jernkonsentrasjonene avtok etter at driften opphørte i 1987. Da Wallenberg pumpe-stasjon kom i drift i april 1992, medførte dette økte utslipp av sink. pH-verdiene økte fram til programmet ble avsluttet våren 1995. Sommeren 1997 ble det i en stikkprøve målt pH 6,75. I de fire siste år med fallende pH-verdier har dette ført til økte jernkonsentrasjoner i Bjørnlivatn igjen. Jernkonsentrasjonene har i de to siste år vært de høyeste etter at det siste tiltaket ble satt i drift i 1992. Metallkonsentrasjonene var noe lavere det siste år i forhold til det foregående pga mindre utslippsmengder fra Wallenberg pumpe-stasjon.

Tabell 7. Utløp Bjørnlivatn. Tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år 1972-2009.

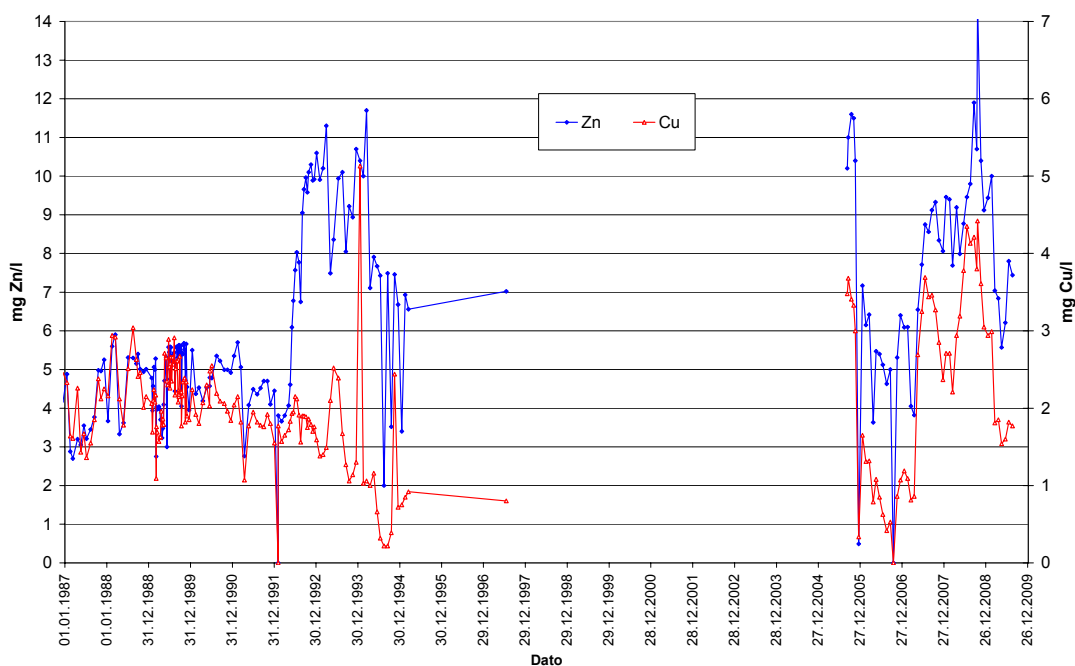
År	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
1972-1973	5,35							1,62	9,54						
1973-1974	4,83							1,45	9,42						
1974-1975	5,27	112,1	500,5	64,4	11,8		1,52	1,03	6,59						
1975-1976	3,94	163,5	706,9	88,4	9,31		11,03	2,09	7,38						
1976-1977	3,62	164,8	823,2	204,3	11,8		17,68	2,21	8,54						
1977-1978	4,26	151,7	717,7	204,1	10,5		16,24	1,99	6,42						
1978-1979	4,33	137,5	649,6	262,9	9,22		11,72	2,51	8,19	0,029					
1979-1980	4,14	151,7	856,0	246,6	9,95		12,97	1,83	7,86	0,033					
1980-1981	3,81	133,4	749,6	265,6	9,99		16,09	2,69	7,38	0,027					
1981-1982	4,13	171,6	837,4	329,3	8,85		14,95	1,82	5,64	0,017					
1982-1983	3,53	179,4	965,8				20,29	2,44	6,09	0,020					
1983-1984	3,13	174,8	832,7	218,2	13,3		21,00	3,04	7,69						
1984-1985	3,56	176,2	945,7	280,6	11,2		17,16	2,12	5,84						
1985-1986	3,45	158,7	861,8	292,1	11,0		13,52	2,36	5,69						
1986-1987	3,69	164,7	854,1	297,9	8,97		18,26	1,91	3,79						
1987-1988	3,16	153,2	750,4	227,0	11,4		22,56	2,37	4,68						
1988-1989	3,79	99,0	514,7	142,6	10,2	4,02	4,48	2,27	4,88	0,017					74,7
1989-1990	3,53	93,9	473,2	119,2	10,4	4,46	3,44	2,15	4,83	0,014					51,6
1990-1991	3,71						1,69	1,85	4,65						
1991-1992	3,93	77,3	365,6	117,2	13,6	2,95	1,43	1,72	4,75	0,025	0,86	0,040	0,106		73,5
1992-1993	3,96	128,7	755,6	189,6	56,2	2,15	2,11	1,84	9,72		2,68	0,038	0,244		99,1
1993-1994	5,87	145,7	840,4	209,7	70,4		1,25	1,28	8,36		3,10	0,054	0,253	5,21	38,7
2005-2006	4,12	121,2	667,3	152,5	42,6	5,45	4,72	1,51	6,40	0,016	1,43	0,054	0,220	5,38	69,9
2006-2007	3,78	122,3	690,4	152,8	41,9	4,63	3,92	1,69	6,13	0,017	1,35	0,053	0,215	5,69	83,4
2007-2008	3,20	139,5	755,6	150,0	40,5	12,58	11,05	3,16	8,88	0,028	1,43	0,065	0,266	8,11	74,6
2008-2009	3,29	130,2	726,4	144,4	37,5	12,03	10,71	2,59	8,68	0,026	1,40	0,063	0,253	7,61	63,3

Figur 19 viser forløpet av pH-observasjonene ved utløpet av Bjørnlivatn etter at driften opphørte den 1.7.1987. pH-verdiene er for tiden betydelig lavere enn de var ved avslutningen av Løkken Grubers kontrollprogram i 1995 og har variert i området 3,0-3,5 etter juni 2007. I 2009 økte pH-verdiene litt som følge av mindre utslipp fra Wallenberg pumpestasjon.

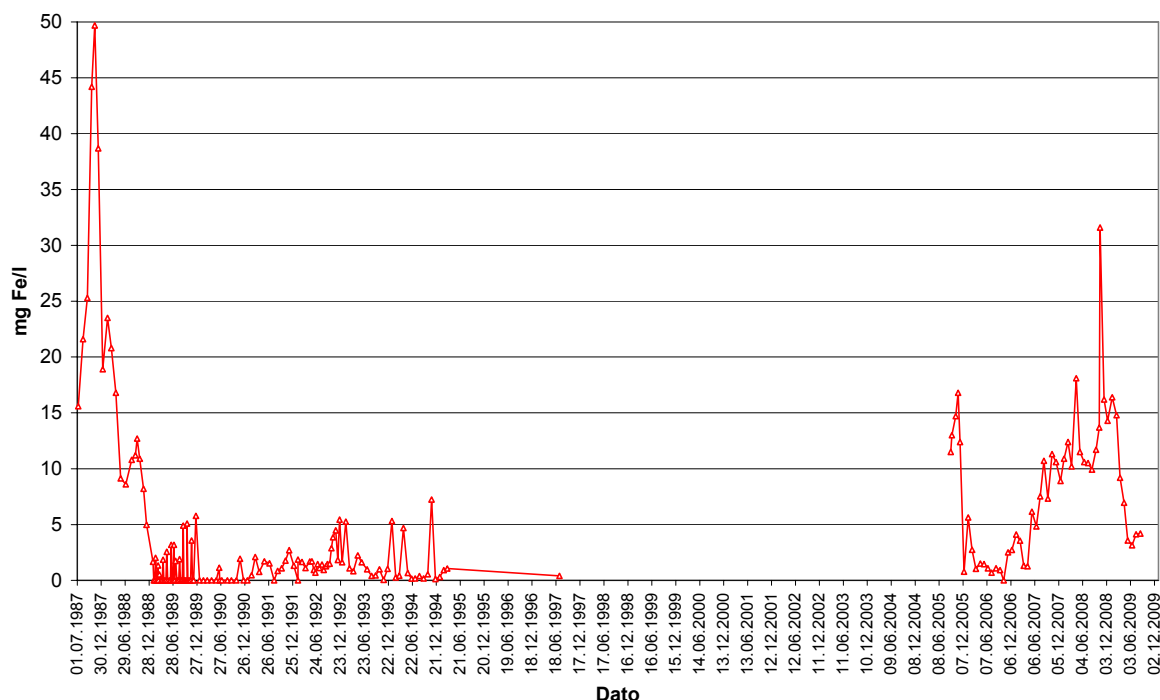


Figur 19. pH-observasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2009.

Figur 20 og figur 21 viser det tilsvarende observasjonsmaterialet for kobber, sink og jern. Figurene viser at sinkkonsentrasjonene økte betydelig da Wallenberg pumpestasjon ble satt i drift og har siden ligget en del høyere enn før utslippet fra gruva kom.

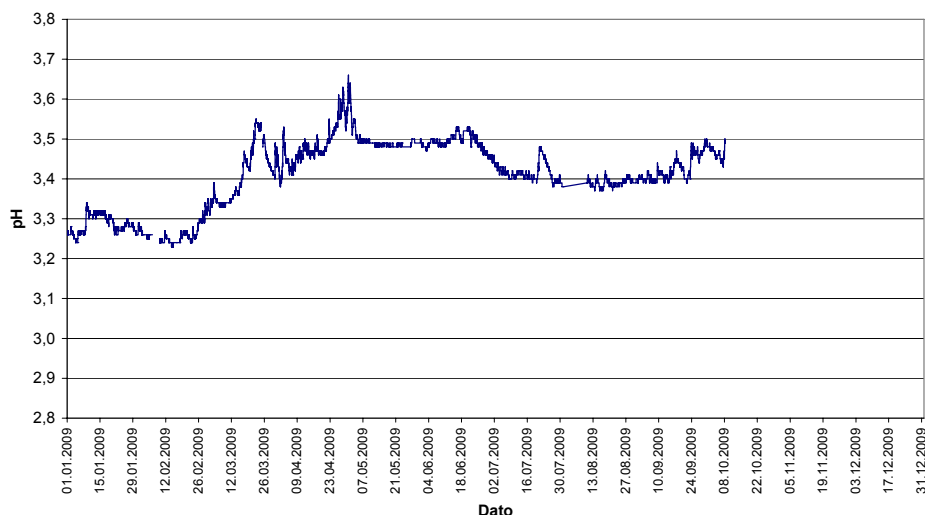


Figur 20. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn i perioden 1987-2009.



Figur 21. Jernkonsentrasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2009.

Kobber- og jernkonsentrasjonene viste stort sett en avtakende tendens fram til 1995. Ved oppstart av pågående undersøkelsesprogram i 2005 var kobber- og jernkonsentrasjonene relativt høye. De falt en del etter kalkingen i november 2005 og etter at inngående dremsvann til gruva ble ledet til Gammelsjakta. Etter sommeren 2006 har kobber- sink- og jernkonsentrasjonene vært økende fram til utgangen av 2008. I løpet av 2009 steg pH-verdiene noe opp til 3,5. Dette har ført til lavere metallkonsentrasjoner. Det er tydelig at når pH synker under 3,5 fører dette til dårligere utfelling av jern. Siden jernutfellingen også har evne til å ta med seg en del kobber vil en ved pH-verdier under 3,5 kunne påvise økte kobberverdier. Figur 22 viser måleresultatene for de kontinuerlige pH-målingene ved målestasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn.



Figur 22. Kontinuerlige pH-målinger i 2009.

Resultatene viser at pH-verdiene har ligget i området omkring 3,5 fra april måned 2009.

3.4 Vassdragsstasjoner

3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk

Analyseresultatene for året 2008-2009 er samlet i tabell 27 i vedlegget bak. I tabell 8 er gjort en beregning av tidsveiede årlige middelerverdier for hydrologiske år fra 1989/1990. Fra sommeren 2005 har det vært kontinuerlige vannføringsmålinger i Raubekken. Årsmiddelvannføringen er beregnet vha døgnmiddelvannføringene.

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

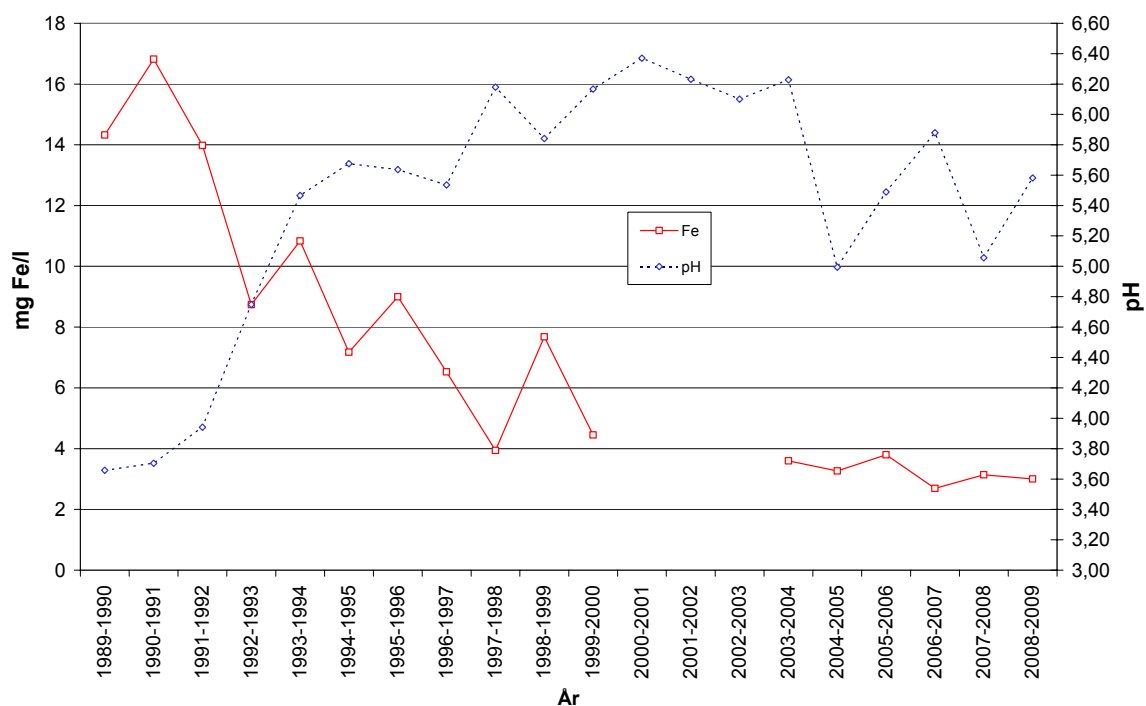
De mest langvarige utslippene var i året 2004-2005. En ser da også at dette ga seg utslag i en lavere middelerverdi for pH. Etter 2005 har det også vært kortvarige utslipp som er ledet til Raubekken. Det er særlig avrenningen fra Nordre berghald som delvis går utenom drens-systemet når det er store nedbørmengder eller mye snøsmelting. På grunn av pumpehavari ved Wallenberg pumpe-stasjon den 5.mai 2009 ble inngående vann til gruva fra Stallgata pumpe-stasjon og drensvann fra Nordre berghald ledet i overløp til Raubekken i en periode på ca. 6 uker (drensvann fra Nordre berghald til 19.juni).

Tabell 8. Tidsveiede årlige middelerverdier for stasjonen i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2009.

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

Figur 23 og figur 24 viser en grafisk fremstilling av årsmiddelerverdiene for pH, jern, kobber og sink i Raubekken. Etter at siste tiltaksplan ble satt i drift i 1992 har pH-verdiene økt og metallverdiene avtatt.

Nødoverløp til Raubekken i 2004-2005 og i 2007-2008 førte til lavere pH-verdier. Årsmiddelverdiene for metaller ble forholdsvis lite påvirket av disse utslippene.



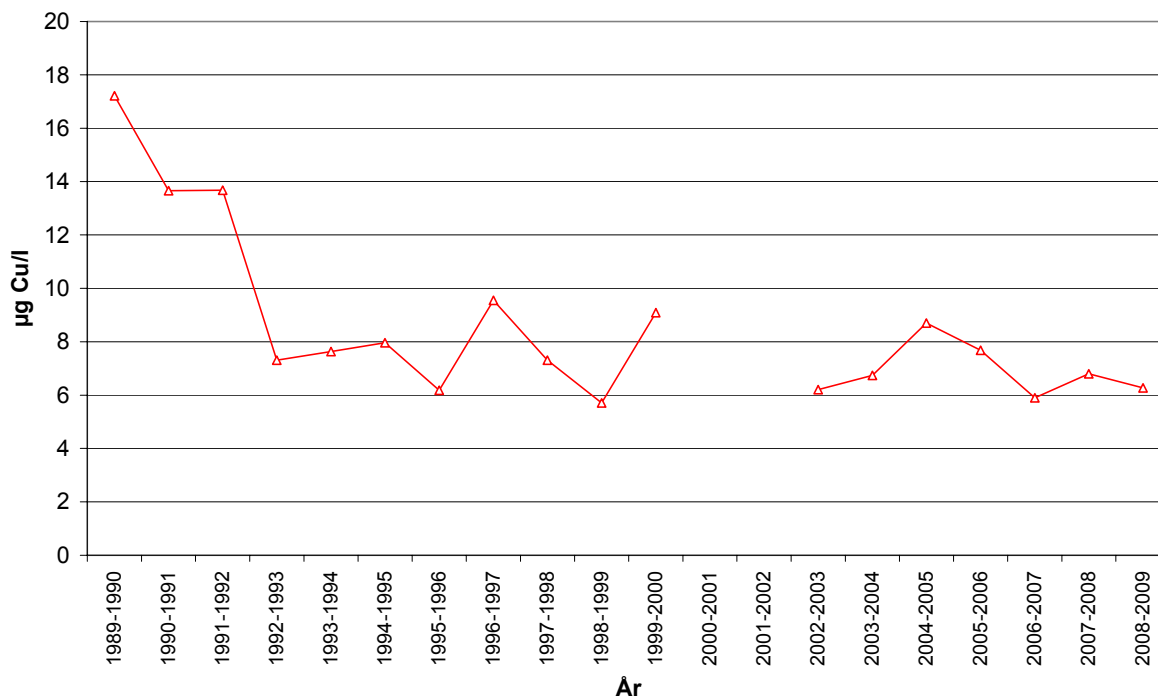
Figur 23. Årlige middelverdier for pH og jern i Raubekken. Hydrologiske år.



Figur 24. Årlige middelverdier for kobber og sink i Raubekken. Hydrologiske år.

3.4.2 Orkla ved Vormstad

Prøvene av Orkla ved Vormstad tas under Øyum bru. Her er tilførselene fra Raubekken godt innblandet i Orkla. Stasjonen ble opprettet av gruveselskapet i sin tid og en har analysemateriale fra en lang rekke år tilbake. I denne rapporten tar vi med analysemateriale tilbake til 1989. Tiltaksplanen til Løkken Gruber fikk sin fulle virkning i april 1992 da utslippene fra Wallenberg pumpe-stasjon startet. I tabell 28 i vedlegget bak er samlet resultatene for prøvetakingene i 2008-2009. I tabell 9 er beregnet tidsveiede årsmiddelverdier for noen viktige metaller for hydrologiske år fra 1989. I figur 25 er årsmiddelverdien for kobber fremstilt grafisk.



Figur 25. Tidsveiede årsmiddelverdier for kobber i Orkla ved Vormstad 1989-2009.

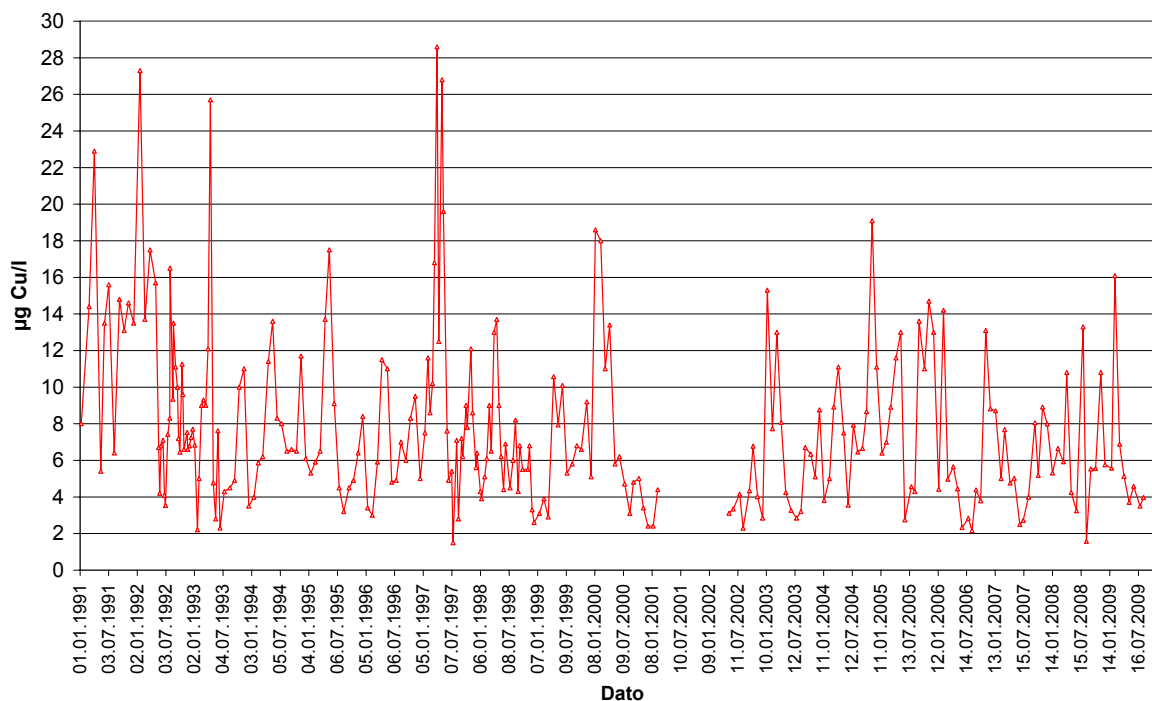
En ser at middelverdien for kobber har ligget under målet på 10 µg/l i alle år etter at tiltaksplanene ble satt i drift.

Når det gjelder å vurdere faren for eventuelle uønskede biologiske effekter er det også viktig å ha tilsyn med øyeblikksverdiene. Figur 26 viser observasjonsmaterialet for kobber i årene 1991-2009. Figuren viser at en har hatt flere episoder med verdier over 10 µg/l kobber. I de senere år ser en at nødutslipp av drensvann fra Løkken-siden fra 2002 som følge av gjentettingsproblemer og omlegging av innløp i Gammelgruva førte til kobberverdier over 10 µg/l i perioder. I 2008-2009 hadde en kobberverdi over 10 µg/l i november måned 2008 (10,6 µg/l) og i februar måned (16,1 µg/l).

Statensforurensningstilsyn har skjerpet kravet til kobberkonsentrasjon i Orkla ved at verdien til enhver tid skal være mindre enn 10 µg/l. Dette innebærer at metalltilførselene fra Løkken gruveområde må reduseres ytterligere i forhold til dagens situasjon.

Tabell 9. Tidsveiede årsmiddelverdier, hydrologiske år. Orkla ved Vormstad.

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

**Figur 26.** Kobberobservasjoner i Orkla ved Vormstad 1991-2009.

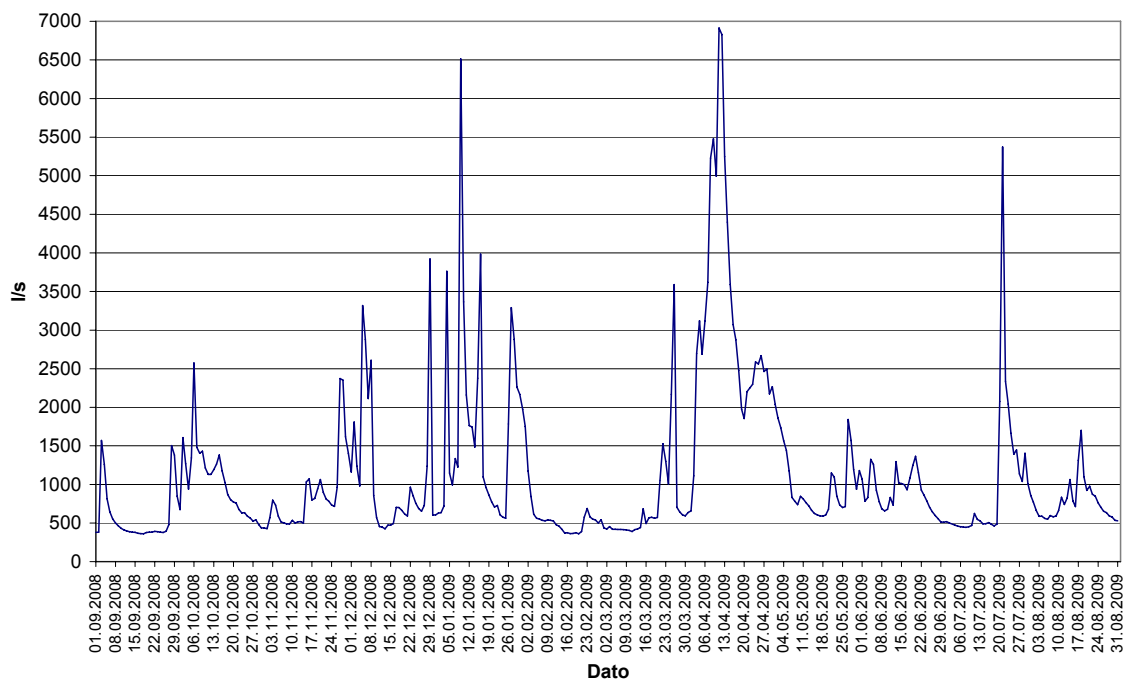
4. Massebalanse

4.1 Vannbalanser

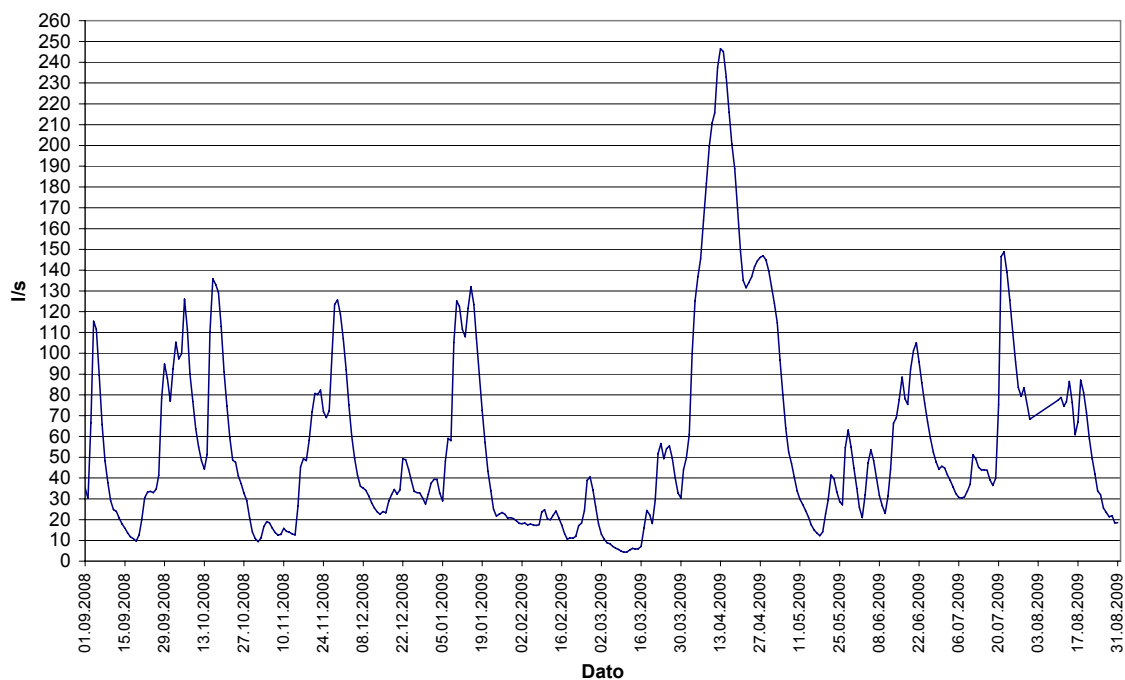
4.1.1 Bjørnlivatn-Raubekken

Vannføringene i Raubekken måles ved en profil i bekken like før inntaket i kraftverket. Kraftverkene i Orkla (KVO) har tidligere (1989) kalibrert en vannføringskurve for profilen som er lagt til grunn for angivelse av vannføring i alle år. Sommeren 2005 ble det montert en vannstandslogger ved vannmerket slik at en kan benytte eksisterende vannføringskurve for beregning av vannføring. Loggeren registrerer vannstanden hver time.

Ved utløpet av Bjørnlivatn ble den gamle 120 graders trekantprofilen i stål satt på plass igjen før programmets start i juli 2005. Overløpshøyden ble registrert 1 gang i timen fram til 26. mars 2009. Da ble en ny monitor montert med mulighet for avlesning på web. Målefrekvensen er 2 ganger pr. time. Vannføringen beregnes vha formel for 120 graders trekantoverløp. Figur 27 og figur 28 viser hvordan døgnmiddelvannføringene varierte i året 2008-2009.



Figur 27. Døgnmiddelvannføringer i Raubekken i 2008-2009.



Figur 28. Døgnmiddelvannføringer ved utløpet av Bjørnlivatn i 2008-2009.

Begge bekker er typiske flombekker der vannføringen kan variere mye i løpet av korte tidsrom. Vannføringen ved utløpet av Bjørnlivatn er noe påvirket av tilførslene fra Wallenberg pumpestasjon som ble satt i drift i april 1992. Det var flere flomtopper i løpet av den siste året. Den høyeste vannføringen ble målt den 13/4-09 som ble flomtoppen under vårfloppen. Døgnmiddelvannføringen den dagen ble målt til 246,5 l/s. De høyeste vannføringene inntreffer ofte i perioder med mildvær med regn og snøsmelting. Laveste vannføring ble observert til 4,4 l/s den 10. mars 2009. Det var da intet utslipp fra Wallenberg pumpestasjon. Ved hjelp av døgnmiddelvannføringene har en i tabell 10 beregnet årsavrenningen og gitt en oversikt over middelvannføring, samt høyeste og laveste døgnmiddelvannføring.

Avrenningen fra Bjørnlivatn utgjør ca 5-6 % av samlet avrenning i Raubekken i følge målingene som er gjennomført de 4 siste år.

Tabell 10. Avrenning fra Bjørnlivatn og i Raubekken i perioden 2005-2009.

		Raubekken			
		2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Avrenning	m ³	34186727	46423605	45596457	35661959
Gj.snitt	l/s	1084	1472	1442	1131
Max	l/s	7700	7855	7027	6913
Min	l/s	55	75	198	361
Median	l/s	684	1139	1109	735

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

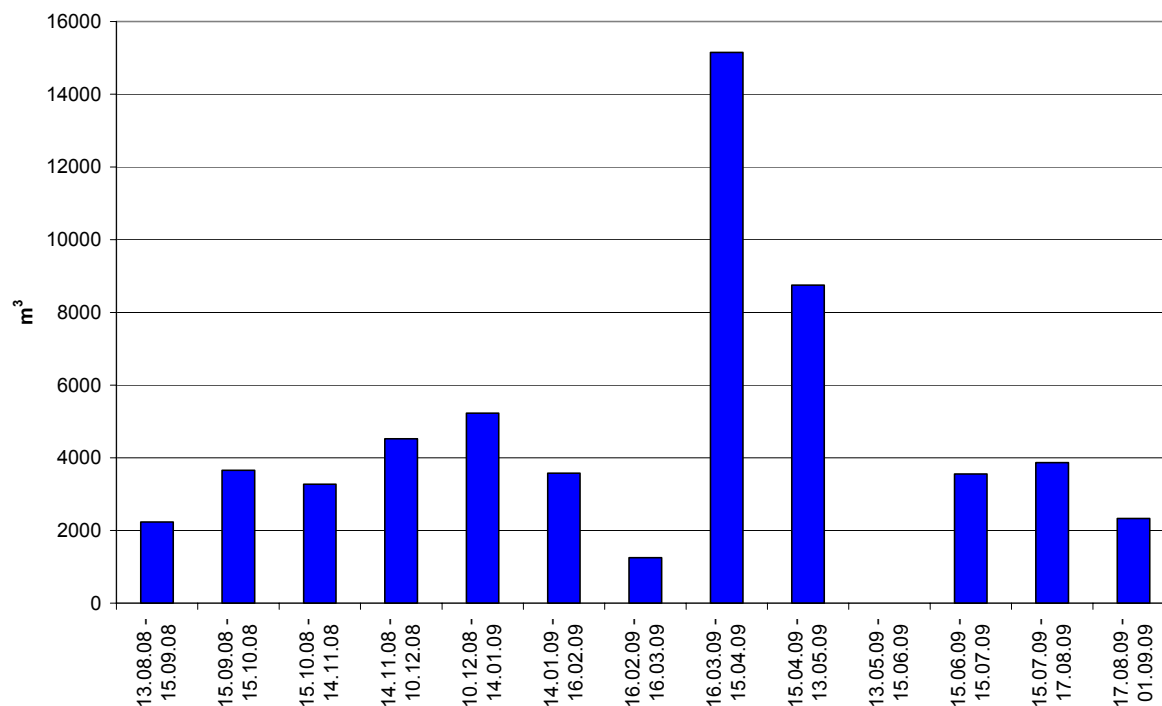
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve

Wallenberg gruve får tilførsler fra følgende kilder:

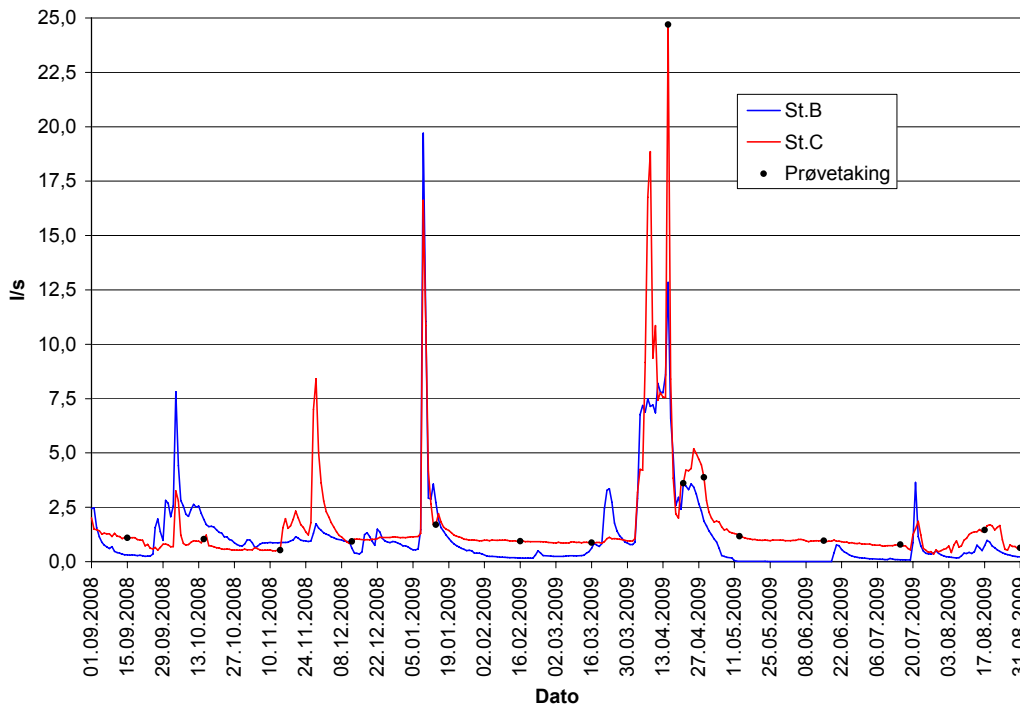
- Fra Stallgata pumpestasjon (stasjon A)
- Drensrør fra Nordre berghald (stasjon B)
- Drensrør i Gammelgruva (stasjon C)
- Tilførsler fra Astrup gruveområde (måles av NAD)
- Tilførsler av vann til Gammelsjakta fra overflaten (ikke målt)
- Tilførsler til Fearnley sjakt (ikke målt)
- Naturlig tilsig gjennom berggrunnen
- Tilsig gjennom grunnen fra innsjøene over gruva
- Tilførsler gjennom rasområdet i Fagerliåsen

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

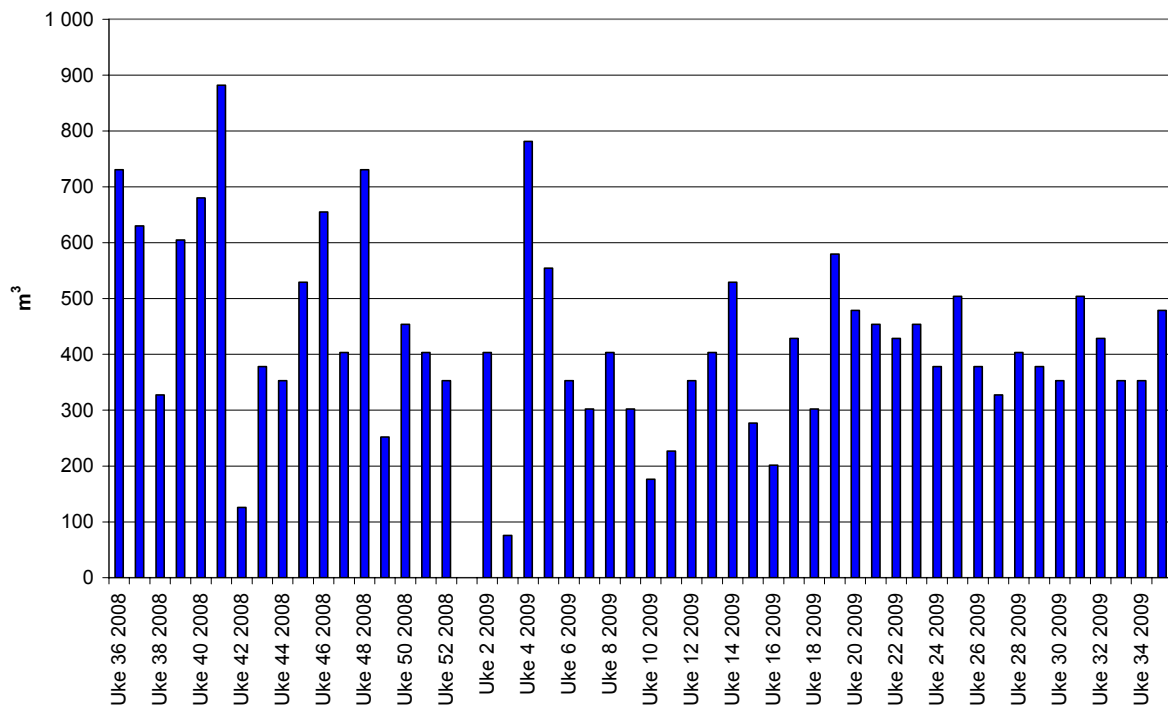
Ved stasjon A - Stallgata pumpestasjon leses pumpestanden av ved hver prøvetaking. Figur 29 viser grafisk utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking i perioden 2008-2009. Det ble pumpet mest vann under vårfloppen i mars-mai 2009. I tabell 11 er beregnet årsvolumer for de periodene en har data for.



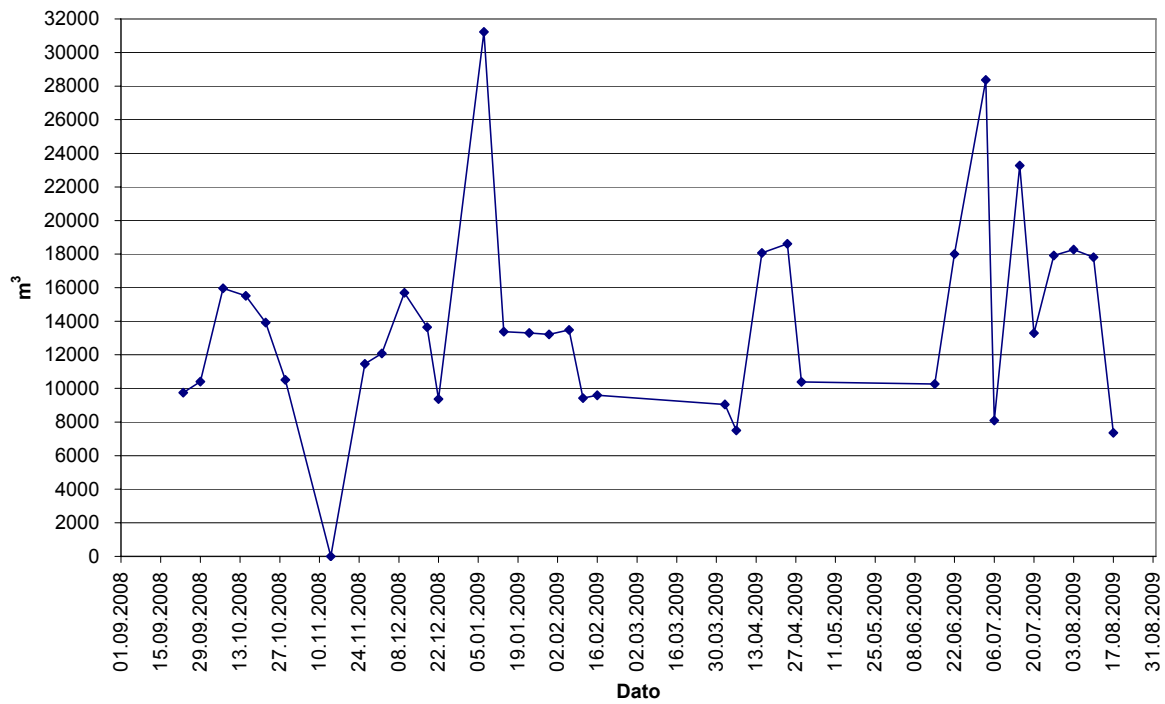
Figur 29. Stasjon A. Stallgata pumpestasjon. Utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking.



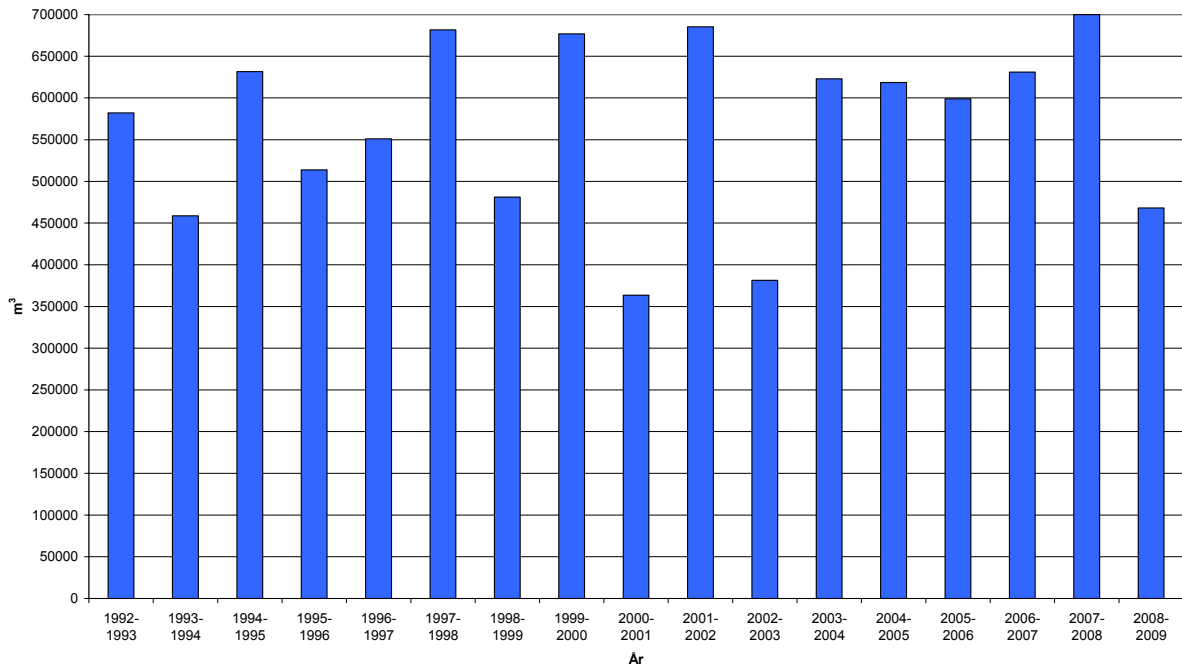
Figur 30. Døgnmiddelvanføringer ved stasjon B, Drensrør fra Nordre berghald og stasjon C, Grøft i Gammelgruva i 2008-2009 med markering av prøvetakingstidspunkter.



Figur 31. Pumping av vann fra Astrup gruve til Wallenberg gruve i 2008-2009.



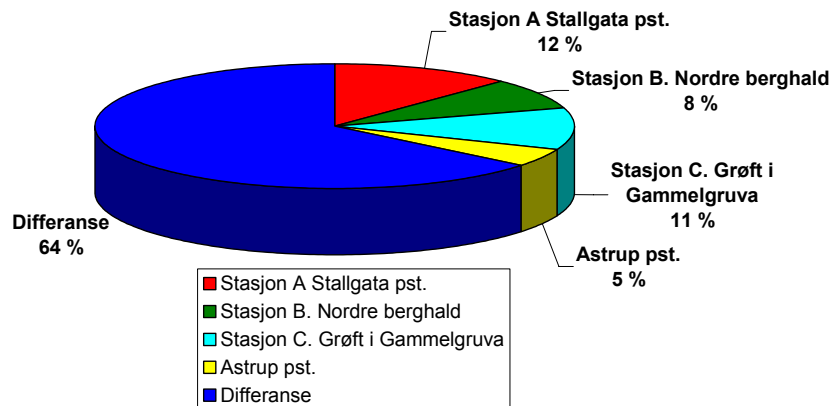
Figur 32. Pumping av gruvevann fra Wallenberg pst i 2008-2009. Y-akse: Utpumpet volum siden foregående observasjon. X-akse: Dato for avlesning på telleverk.



Figur 33. Årlig utpumpet vannmengde fra Wallenberg gruve for alle hydrologiske år.

Tabell 11. Samlet vannbalanse for målestasjonene i Wallenberg gruve.

Periode	Stasjon A Stallgata pst m ³	Stasjon B. Nordre berghald m ³	Stasjon C. Grøft i Gammelgruva m ³	Astrup pst. nivå 311 m ³	Sum innløp m ³	Wallenberg pst. m ³	Diffe- ranse m ³
1992-1993	48900	52600	18200		911743	925500	13757
1997-1998	72497	93131	32354	30000	466400	635734	169334
2005-2006	73000	105821	70981	46000	295803	600000	304197
2006-2007	83663	142366	107898	37145	371072	631096	260024
2007-2008	80109	103711	56882	27695	268397	699820	431423
2008-2009	57406	37026	51273	21798	167503	468184	300681



Figur 34. Vannbalanse på Løkkengruva i 2008-2009. Fordeling på kilder i %.

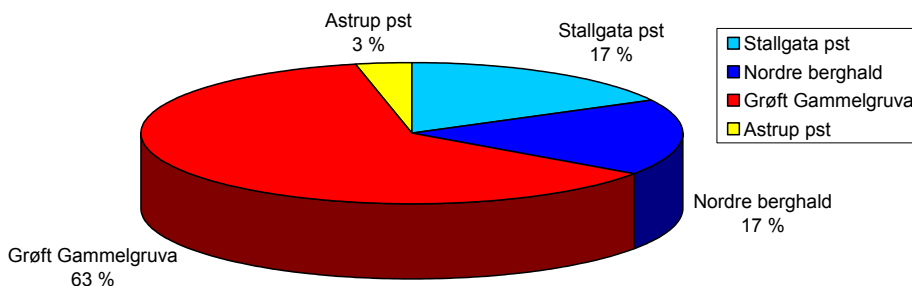
4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve

Det kreves svært omfattende feltundersøkelser for å beregne stofftransporten i et slikt område med stor presisjon. I denne undersøkelsen har vi som i de foregående gjort den forenkling ved å beregne årstransporten for pumpestasjonen i Stallgata ved hjelp av årsmiddelverdi for konsentrasjon og multiplisere denne med samlet pumpevolum for perioden. For de to stasjonene i Gammelgruva, stasjon B og Stasjon C, har vi benyttet analyseresultatet for proporsjonalblandprøven og multiplisert disse med volumet mellom hver prøvetaking. Årstransporten er beregnet ved å summere resultatene for hver periode. Når det gjelder beregningen for Wallenberg pumpestasjon har vi beregnet en transportverdi for hver observasjon ved å multiplisere analyseverdi med utpumpet vannmengde siden foregående observasjon. Årstransporten er beregnet ved å summere alle enkeltverdier. Beregningen for Astrup pst er usikker. Her har vi multiplisert aritmetisk middelvei for alle observasjoner siden 1995 for pumpeumpen på nivå 311 (Iversen, 2006) med utpumpet vannmengde i 2008-2009. Tabell 12 viser beregnet materialbalanse for Wallenberg gruve i perioden 2008-2009.

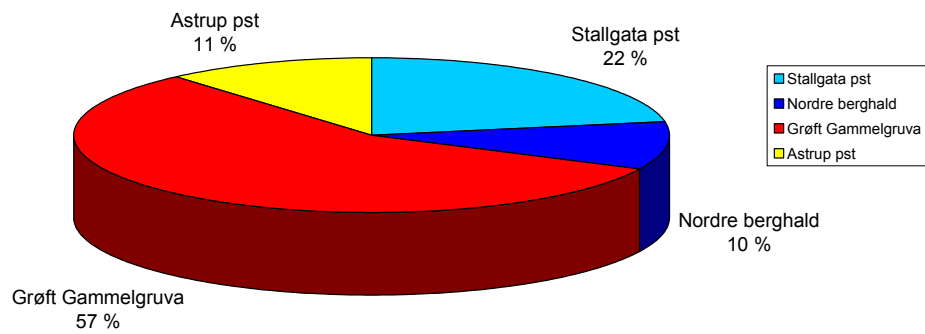
Tabell 12. Materialbalanse på Wallenberg gruve i 2008-2009.

Stasjon	SO ₄ tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Al tonn	Ca tonn
Stallgata pst	234	29,8	3,1	2,7	11,4	8,2	21,2
Nordre berghald	143	29,9	1,4	0,7	2,9	4,0	5,6
Grøft Gammelgruva	549	107,0	7,8	5,5	21,0	24,0	14,9
Astrup pst	54	5,8	1,6	3,6	12,6	1,2	7,0
Sum tilførsler 2008-2009	980	172,5	13,8	12,5	47,9	37,4	48,7
Avløp Wallenberg pst 2008-2009	998	90,4	2,4	11,7	30,6	16,1	164,0

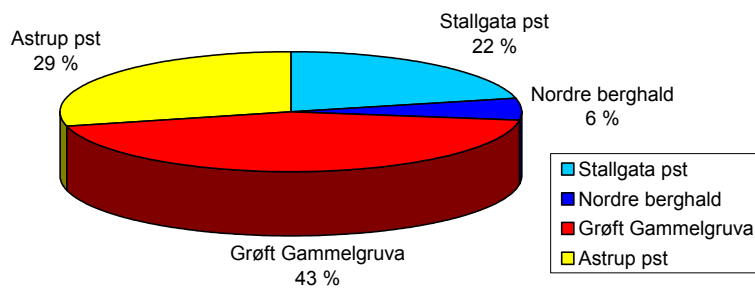
Figur 35, figur 36, figur 37, figur 38 og figur 39 gir en grafisk fremstilling av hvordan årstransporten fordeler seg på kildene mht for noen viktige komponenter.



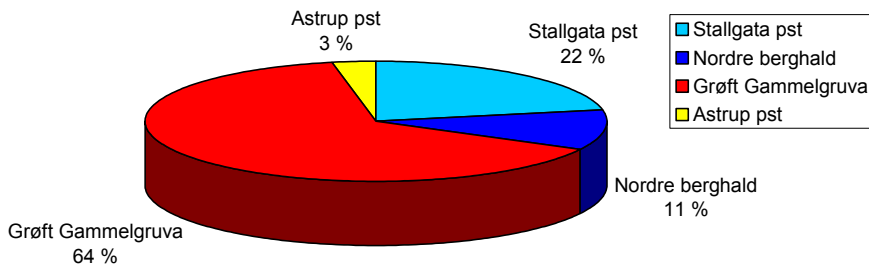
Figur 35. Jernbalanse for Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2008-2009.



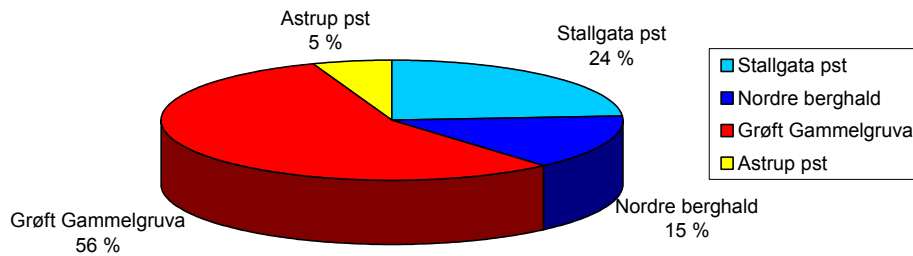
Figur 36. Kobberbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2008-2009.



Figur 37. Sinkbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2008-2009.



Figur 38. Aluminiumbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2008-2009.



Figur 39. Sulfatbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2008-2009.

Tabell 13 gir en oversikt over beregnede transportverdier for alle de fire undersøkelsesperiodene som er gjennomført. I tabell 14 er samlet årlig materialtransport for alle år etter at Wallenberg pst kom i drift.

Tabell 13. Materialbalanse for Wallenberg gruve for samtlige undersøkelsesperioder.

Stasjon	SO₄ 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	26	
A. Stallgata 2005-2006	308	46	4,3	3,7	15	11
A. Stallgata 2006-2007	372	52	5,0	4,2	17	13
A. Stallgata 2007-2008	350	47	4,4	3,8	16	12
A. Stallgata 2008-2009	234	30	3,1	2,7	11	8,2
B. Nordre 1992-1993	319	83	3,9	2,0		
B. Nordre 1997-1998	580	151	7,3	3,7	19	
B. Nordre 2005-2006	414	95	4,3	2,0	8	12
B. Nordre 2006-2007	650	148	6,5	3,0	11	19
B. Nordre 2007-2008	414	91	4,1	2,0	8	12
B. Nordre 2008-2009	143	30	1,4	0,7	3	4,0
C. Grøft 1992-1993	887	65	5,0	4,0		
C. Grøft 1997-1998	423	89	6,7	5,3	20	
C. Grøft 2005-2006	864	153	12,5	10,0	40	42
C. Grøft 2006-2007	1313	280	20,7	15,2	58	67
C. Grøft 2007-2008	735	146	10,1	7,2	27	33
C. Grøft 2008-2009	549	107	7,8	5,5	21	24
Astrup pst 2005-2006	116	13	3,5	7,9	28	2,6
Astrup pst 2006-2007	92	10	2,7	6,1	22	2,0
Astrup pst 2007-2008	68	7,3	2,0	4,6	16	1,5
Astrup pst 2008-2009	54	5,8	1,6	3,6	13	1,2
Wallenberg pst. 1992-1993	939	42	2,1	10,2	28	2,2
Wallenberg pst. 1997-1998	976	61	1,1	9,5	16	2,8
Wallenberg pst. 2005-2006	926	69	1,0	7,7	16	6,5
Wallenberg pst. 2006-2007	1127	98	5,1	13,0	39	19
Wallenberg pst. 2007-2008	1820	171	8,6	23,4	80	41
Wallenberg pst. 2008-2009	998	90	2,4	11,7	31	16

Tabell 14. Materialtransport ved Wallenberg pst 1992-2009.

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

4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene

Avløpet fra Wallenberg pumpestasjon går til Fagerlivatn som har avløp til Bjørnlivatn.

Som i foregående rapport vil vi beregne forurensningstransporten ved utløpet av Bjørnlivatn og sammenligne denne med samlet transport i Raubekken. Derved kan en få et anslag over hvor effektivt dreneringstiltaket på Løkkensiden er.

I tabell 15 har en samlet årstransporten for Raubekken for alle år etter 1989. En ser at årstransporten avtok merkbart etter at tiltaksplanen ble satt i verk i 1992. Problemene med gjentetting av tilløpet gjennom synken i Gammelgruva og nødoverløp til Raubekken (2004-2005) førte til at transporten igjen ble omtrent den samme som i de siste årene før tiltaksplanen pga nødoverløp til Raubekken. I tillegg fikk en også økte tilførsler fra Wallenberg pumpestasjon. Etter at inngående dreinsvann ble overført til Gammelsjakta, førte dette til redusert transport i Raubekken igjen. En vesentlig effekt i 2005-2006 var at det ikke lenger var noe nødoverløp fra Løkkensiden til Raubekken. I 2008-2009 var det nødvendig å lede avløpet fra grøfta i Stallgata og dreinsvannet fra Nordre berghald direkte til Raubekken i den perioden som pumpa i Wallenberg pumpestasjon ikke var i drift pga driftshavari. Denne perioden varte fra ca 5.mai til 18.juni 2009. I figur 40 er årstransporten for kobber i Raubekken fremstilt grafisk.

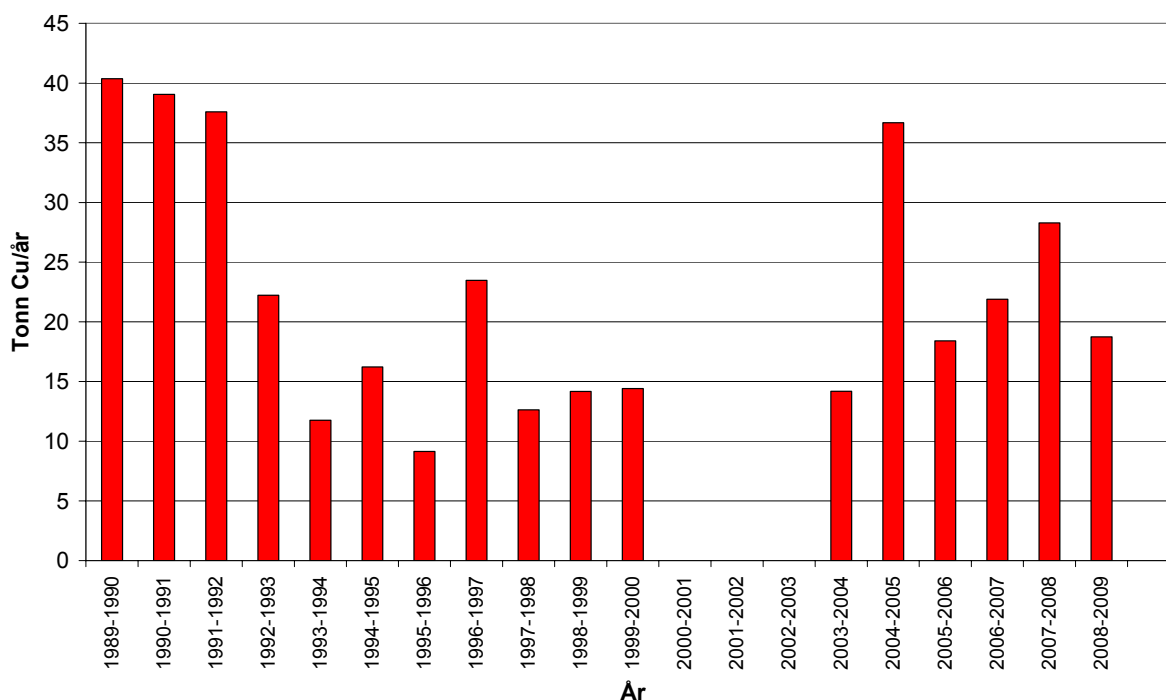
Tabell 15. Materialtransport i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2009.

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

I tabell 16 har en sammenlignet årstransporten i Raubekken med tilførselen fra Bjørnlivatn i undersøkelsesperioden. Resultatene fram til 1.9.2009 viser at Løkkensiden fortsatt er den dominerende forurensningskilde i området, men at tilførslene fra gruva via Bjørnlibekken bidrar med en del sulfat og økende mengder aluminium, kadmium, kobber og sink.

Tabell 16. Transport i Raubekken og ved utløp av Bjørnlivatn i 2008-2009.

Stasjon	SO ₄	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Kg
Raubekken	4022	79,7	107	18,7	48,6	136
Utløp Bjørnlivatn	1296	21,5	19,1	4,6	15,5	47
Differanse (= Løkkensiden)	2726	58,2	88	14,1	33,1	89



Figur 40. Årlig transport av kobber i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2009.

Ved hjelp av materialet i tabell 16 og tilsvarende beregninger for foregående perioder kan en anslå effektiviteten til dreneringstiltaket i %. I tabell 17 under er gjort et slikt anslag.

Tabell 17. Virkningsgrad til dreneringstiltak på Løkkensiden.

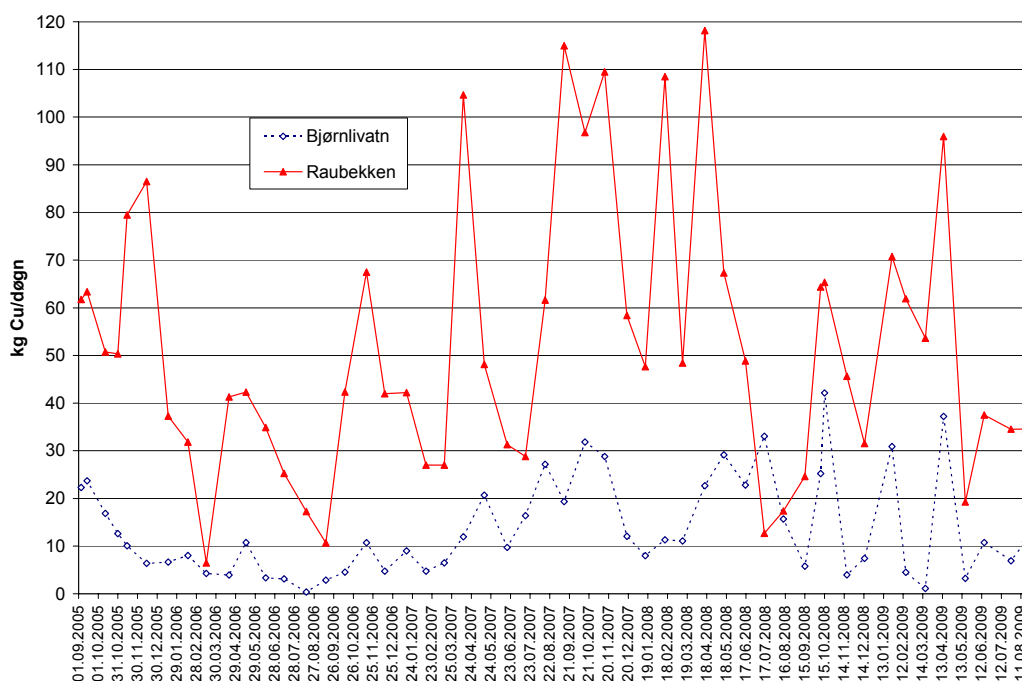
	SO ₄	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
Oppsamlingsgrad i % i 2005-2006	21,5	29,3	53,9	36,1	15,1	21,5
Oppsamlingsgrad i % i 2006-2007	21,6	35,8	63,8	40,3	15,0	24,1
Oppsamlingsgrad i % i 2007-2008	18,7	23,3	55,2	30,4	11,7	15,6
Oppsamlingsgrad i % i 2008-2009	12,2	17,4	40,4	24,0	9,3	13,8

En ser at tiltaket greier å samle opp ca 24-40 % av avrenningen av kobber til Raubekken på Løkkensiden. En har da ikke korrigert for de periodene hvor nødoverløp til Raubekken har pågått. Tilførslene fra Bjørnlivatsiden bidrar med mye sulfat og en del aluminium. Den dårlige virkningsgraden for sink og kadmium skyldes tilførslene fra slamdammen på Løkken som ikke omfattes av

tiltaksplanen fra 1991. Dette er også i samsvar med erfaringene fra undersøkelsene i 1989-1990 (Øren et al, 1990).

I figur 41 har en vist hvordan transporten av kobber var ved hver prøvetaking i tidsrommet 1.9.2005-1.9.2009 ved utløpet Bjørnlivatn og i Raubekken. En ser at betydningen av tilførsle fra Bjørnlivatn-siden er økende, men at bidraget fra Løkken-siden fortsatt betyr mest. I 2008-2009 var bidraget fra Bjørnlivatn-siden noe lavere pga mindre utslipp fra Wallenberg pumpestasjon. Av og stil er det vanskelig å sammenligne fordi prøvetakingstidspunktene ikke er sammenfallende. De høyeste transportverdiene ble påvist i april måned 2009 under vårflommen.

I de tre årene 2005-2008 økte bidraget av kobber fra Bjørnlivatn fra 18 % til 31 % av årstransporten av kobber i Raubekken. I 2008-2009 utgjorde bidraget fra Bjørnlivatn ca. 25 %.



Figur 41. Momentane transportverdier for kobber i Raubekken og ved utløpet av Bjørnlivatn 2005-2009.

5. Samlet vurdering

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

I siste måleperiode i 2008-2009 var forurensningstransporten både fra den vannfylte gruva og fra området totalt en del lavere enn i foregående år. Dette har sammenheng med redusert avrenning fra området og dermed redusert belastning på den vannfylte gruva med forurenset drensvann fra Løkken-siden.

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

Jerninnholdet i utgående vann fra gruva var noe lavere siste observasjonsperiode enn i den foregående. Tendensen er imidlertid økende verdier sett i forhold til situasjonen på midten av 1990-tallet, men at det er årlige variasjoner avhengig av hvor mye gruva belastes. Den økende tendensen er bekymringsfull og er det tydeligste tegnet på at tiltaksplanen fra 1992 er i ferd med å svikte. Dersom en får støtbelastninger på gruva med surt vann fra Løkken-siden over lengre perioder vil en mest sannsynlig kunne observere en kraftig økning i konsentrasjonene til jern, kobber og aluminium i utgående vann. Av den grunn har en nå ferdigstilt en kalkingsstasjon i Fagerlia for å kunne dosere kalk til utgående vann dersom dette skulle vise seg nødvendig.

Utslipet av jern fra Wallenberg pumpestasjon var noe lavere i 2008-2009 enn i foregående år. Dette merker en også ved utløpet av Bjørnlivatn. Siden jernet i det vesentlig grad er toverdig i utslippsvannet vil reduserte mengder også føre til reduserte syremengder som utvikles som følge av hydrolyse av treverdig jern i Fagerlivatn/Bjørnlivatn. Spesielt fra våren 2009 ser en at pH-verdiene ved utløpet av Bjørnlivatn var av størrelsesorden 2-3 tiendedeler høyere enn i 2008. Dette førte til en bedre utfelling av jern i Bjørnlivatn samt en bedre medfelling av kobber. En ser da også at betydningen av tilførslene fra Bjørnlivatn til Raubekken var lavere i 2008-2009 enn i foregående år.

Selv om tilførslene fra Bjørnlivatn-siden har økt en del de seinere år er situasjonen likevel slik at det er avrenningen fra Løkken-siden som fortsatt betyr mest for tilførslene til Orkla. I 2008-2009 var samlede metalltilførsler til Orkla en del lavere enn i foregående år. Dette skyldes mindre avrenning fra området. Det er gjort forsøk på å anløse virkningsgraden til oppsamlingstiltaket på Løkken-siden. Slike anslag er usikre, men de indikerer likevel at mer enn halvparten av metallavrenningen på Løkken-siden ikke fanges opp av dreneringstiltaket. Lekkasje er sannsynligvis størst når det gjelder drensvann fra Nordre berghald.

Forholdet gjør at en av og til kan påvise kobberkonsentrasjoner over 10 µg/l i Orkla. Siste år hadde en to slike episoder. Som oftest inntreffer slike episoder om vinteren.

Bergvesenet arbeider for tiden med å legge fram en ny tiltaksplan for Løkken gruveområde. Uavhengig av hva en velger som tiltaksløsning vil de nye kravene som SFT har stilt til vannkvalitet i Raubekken og i Orkla innebære at virkningsgraden til et framtidig tiltak må økes i forhold til dagens situasjon.

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.

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

Øren, K., Arnesen, R.T., Iversen, E.R., Knudsen, C-H., Lundgren, T. og Skjelkvåle, B.L., 1990. Løkken Gruber A/S & Co. Vurdering av forurensningsstatus og alternative tiltak for å redusere forurensningstilførslene fra gruveområdet. NIVA-rapport. L.nr. 2400, O-88226, 163 s.

Vedlegg A. Analyseresultater

Tabell 18. Analyseresultater for stasjon A. Stallgata pumpestasjon 2008-2009.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l	Telleverk m ³	m ³ pumpet fra forrige avlesn.
15.09.2008	2,51	492	4820	418	155	626	57,7	49,8	0,211	0,041	8,78	0,572	2,05	166	66,2	608349	2235
15.10.2008	2,55	447	3862	363	129	493	54,6	47,8	0,200	0,030	7,55	0,520	1,85	134	61,5	612005	3656
14.11.2008	2,51	491	4521	391	150	617	53,5	46,4	0,200	0,039	8,12	0,545	1,96	168	59,8	615279	3274
10.12.2008	2,52	511	4641	386	160	650	58,3	44,9	0,180	0,046	8,35	0,580	2,13	178	63,3	619803	4524
14.01.2009	2,49	494	4581	342	146	633	56,2	39,4	0,180	0,053	7,11	0,500	1,89	165	59,4	625033	5230
16.02.2009	2,54	472	4192	395	148	505	53,9	39,4	0,184	0,041	8,28	0,540	1,84	157	57,9	628610	3577
16.03.2009	2,56	469	3982	393	134	424	53,7	63,9	0,281	0,039	8,81	0,536	1,82	141	54,2	629861	1251
15.04.2009	2,54	442	3982	283	96,4	556	49,8	38,5	0,167	0,042	5,11	0,372	1,52	113	50,3	645012	15151
13.05.2009	2,43	394	3503	331	96,0	399	47,7	39,9	0,174	0,030	5,77	0,698	1,47	112	54,5	653765	8753
15.06.2009	2,61	402	3204	347	96,9	388	47,6	42,4	0,177	0,036	6,10	0,401	1,47	112	52,5	Pumpestopp. Overføring til Raubekken	3554
15.07.2009	2,61	442	3713	404	127	403	49,3	50,1	0,200	0,037	8,33	0,520	1,75	135	62,5	657319	3866
17.08.2009	2,52	448	3952	376	128	531	59,7	58,4	0,230	<0,10	7,76	0,530	1,94	140	62,9	661185	2335
01.09.2009																663520	
Aritm.middel	2,53	459	4079	369	131	519	53,5	46,7	0,199	0,039	7,51	0,526	1,81	143	58,8	Sum	57406
Maks.verdi	2,61	511	4820	418	160	650	59,7	63,9	0,281	0,053	8,81	0,698	2,13	178	66,2		
Min.verdi	2,43	394	3204	283	96	388	47,6	38,5	0,167	0,030	5,11	0,372	1,47	112	50,3		

Tabell 19. Analyseresultater for stasjon B, Drenstør fra Nordre berghald. Proporsjonalblandprover 2008-2009.

Uttatt	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Al	Si	Vannmengde
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m ³
15.09.2008	2,44	534	5928	203	148	1290	53,7	24,8	0,103	0,033	5,06	0,31	2,26	173	44,4	1170
15.10.2008	2,44	401	3353	167	90,9	667	33,8	20,3	0,080	0,030	3,87	0,22	1,45	96,3	34,3	4757
14.11.2008	2,39	439	3982	170	97,8	819	38,2	19,0	0,078	0,033	3,83	0,23	1,54	117	34,5	2666
12.12.2008	2,49	374	2994	143	79,9	633	29,4	16,9	0,061	0,030	3,25	0,20	1,23	93,5	27,4	2610
14.01.2009	2,49	352	3054	120	74,7	647	28,4	13,7	0,057	0,040	2,82	0,16	1,17	87,6	22,7	5699
16.02.2009	2,26	561	6287	182	146	1500	58,4	26,6	0,100	<0,10	5,21	0,30	2,57	172	33,9	1544
16.03.2009	2,22	582	5778	170	132	1330	50,8	23,4	0,094	0,047	4,74	0,30	2,31	128	31,7	692
15.04.2009	2,54	346	3024	119	62,8	554	28,0	14,7	0,062	0,030	2,50	0,15	1,06	74,6	22,5	10563
21.04.2009	2,47	417	3772	146	83,6	753	37,0	18,2	0,077	0,037	3,25	0,19	1,47	99,5	26,3	1985
29.04.2009			3443	161	82,3	723	35,3	19,8	0,072	0,030	3,33	0,20	1,43	93,8	28,0	2054
13.05.2009	2,00	635	7156	220	167	1740	68,2	31,6	0,120	0,054	5,67	0,34	2,90	194	41,2	698
15.06.2009	2,05	1006	13263	301	292	3400	118,0	46,9	0,190	0,200	9,05	0,56	5,09	372	61,2	37
15.07.2009	2,25	686	8024	233	184	1950	71,0	31,4	0,120	0,067	6,11	0,37	3,11	226	48,8	569
17.08.2009	2,27	698	8623	252	301	1950	107,0	61,7	0,240	<0,10	9,75	0,65	4,50	321	44,4	1411
01.09.2009	2,37	445	3772	169	94,5	771	36,9	18,2	0,076	0,037	3,69	0,22	1,48	110	36,4	573
																Sum:
																37028

Tabell 20. Analyseresultater for stasjon C. Grøft i Gammelgruva. Proporsjonalblandprøver 2008-2009.

Uttatt Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Al	Si	Vannmengde	
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m ³	
15.09.2008	2,55	733	10449	290	482	1940	153	115	0,442	0,919	15,6	1,00	6,84	483	36,0	1695	
15.10.2008	2,38	770	9790	259	409	2000	129	96,8	0,330	0,100	12,5	0,80	5,45	428	35,8	2586	
14.11.2008	2,44	746	10000	294	449	1840	143	109	0,428	0,110	14,9	1,00	6,52	441	36,8	1539	
12.12.2008	2,57	732	9820	309	435	1840	144	102	0,402	0,120	14,8	0,99	6,45	440	37,3	5416	
14.01.2009	2,35	789	11198	321	480	2240	155	108	0,414	0,200	15,8	1,20	7,29	481	34,7	5815	
16.02.2009	2,42	975	16198	290	751	3260	235	157	0,611	0,200	22,5	1,86	10,8	730	36,9	3204	
16.03.2009	2,35	1016	16617	279	736	3110	235	165	0,639	0,150	22,8	1,89	11,0	741	35,9	2167	
15.04.2009	2,53	764	11287	292	456	2290	152	103	0,392	0,110	15,0	1,10	7,08	453	35,3	12814	
21.04.2009	2,55	637	8084	266	340	1450	113	80,5	0,310	0,084	11,8	0,82	5,18	342	33,3	2043	
29.04.2009	2,30	610	7216	263	343	1290	104	79,4	0,290	0,050	11,0	0,75	4,71	322	32,4	3102	
13.05.2009	2,30	610	7395	262	343	1300	108	79,4	0,300	0,064	11,4	0,77	4,93	335	32,4	2037	
15.06.2009	2,60	738	9057	267	410	1892	136	99,7	0,402	0,098	13,2	0,88	6,34	468	33,1	2833	
15.07.2009	2,53	746	10030	286	477	1800	156	111	0,431	0,110	15,4	1,00	6,76	481	35,7	2158	
17.08.2009	2,44	728	10060	303	441	1930	153	102	0,399	0,200	14,4	0,97	6,32	435	41,4	2547	
01.09.2009	2,48	758	9940	306	449	1840	156	105	0,408	0,110	14,8	0,99	6,50	436	39,6	1315	
																Sum:	
																	51271

Tabell 21. Analyseresultater. Avløp fra Wallenberg pumpestation 2008-2009.

Dato	Telleverk m ³	Utpumpet fra forrige avlesn.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Pb mg/l		
23.09.2008	445196	9739	2,69	393															
29.09.2008	455604	10408	2,72	384															
07.10.2008	471566	15962	2,90	363															
15.10.2008	487082	15516	3,89	336	802,4	156	42,7	15,5	13,9	3,78	10,4	0,035	1,61	0,073	0,31	8,77	0,020		
22.10.2008	501003	13921	2,73	371	2644	396	154	57,3	288	5,53	34,6	0,095	5,04	0,228	1,04	29,2	0,056		
29.10.2008	511520	10517	2,92	265	1665	287	103	26,3	159	2,90	20,2	0,055	3,01	0,138	0,61	19,0	0,030		
14.11.2008	511520	0																	
26.11.2008	522979	11459	2,86	360	2584	411	159	56,5	210	4,74	36,1	0,097	5,41	0,232	1,09	30,3	0,052		
02.12.2008	535064	12085	2,99	352	2557	397	156	53,0	218	4,12	34,3	0,089	5,16	0,220	1,04	29,6	0,053		
10.12.2008	550761	15697	4,24	317	2476	386	152	48,5	361	3,76	33,5	0,082	4,99	0,210	0,99	28,5	0,048		
18.12.2008	564402	13641	2,75	365	2518	395	156	50,5	243	3,38	32,7	0,081	5,02	0,214	0,98	28,1	0,048		
22.12.2008	573770	9368	2,76	363	2455	404	159	50,3	194	3,44	33,5	0,082	5,12	0,217	1,00	28,3	0,048		
07.01.2009	605000	31230	3,47	326	2470	392	157	46,5	237	3,17	31,4	0,075	4,92	0,208	0,94	27,2	0,044		
14.01.2009	618372	13372	4,44	313	2467	383	155	44,2	251	2,89	30,2	0,071	4,79	0,199	0,91	26,8	0,044		
23.01.2009	15104	13300	2,78	276															
30.01.2009	28330	13226	4,11	315															
06.02.2009	41812	13482	4,53	309															
11.02.2009	51234	9422	4,93	303															
16.02.2009	60823	9589	4,29	305	2153	411	189	11,6	184	1,49	19,9	0,042	4,06	0,160	0,69	18,6	0,020		
02.04.2009	69870	9047	3,03	358	2698	411	183	35,2	246	2,18	31,4	0,062	5,12	0,202	0,92	24,8	0,037		
06.04.2009	77370	7500	2,97	351	2674	394	160	39,2	178	2,21	31,8	0,064	5,01	0,202	0,93	27,1	0,035		
15.04.2009	95442	18072	4,06	328	2512	382	154	39,4	249	2,38	32,3	0,066	4,93	0,207	0,90	26,4	0,040		
24.04.2009	114060	18618	2,85	365															
29.04.2009	124446	10386	2,68	365	2542	384	163	40,9	212	2,96	31,0	0,065	4,87	0,198	0,89	26,5	0,030		

Tabell 22 forts.

Dato	Telleverk m ³	Utpumpet fra forrige avlesn.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Pb mg/l		
15.06.2009	10262	10262	3,99	350	2760	422	174	62,5	267	13,1	31,9	0,105	5,12	0,229	1,03	30,1	0,096	
22.06.2009	28262	18000	2,61	411	2877	429	162	69,9	314	13,8	34,3	0,111	5,30	0,256	1,09	32,7	0,091	
03.07.2009	56630	28368	2,90	363	2868	418	162	62,4	302	13,5	32,9	0,105	5,20	0,248	1,04	31,5	0,072	
06.07.2009	64713	8083	3,16	351	2862	417	161	62,5	306	19,9	32,2	0,102	5,12	0,229	1,03	31,1	0,074	
15.07.2009	87987	23274	3,54	329	2650	407	167	56,0	251	15,8	30,9	0,095	5,03	0,225	0,97	29,7	0,062	
20.07.2009	101277	13290	2,71	383														
27.07.2009	119188	17911	2,67	385														
03.08.2009	137464	18276	2,80	363														
10.08.2009	155268	17804	4,11	328														
17.08.2009	162627	7359	4,61	209	1314	265	108	3,74	94,9	2,74	12,1	0,034	2,27	0,097	0,41	13,3	0,01	

Tabell 23. Analyseresultater. Prøvesnitt i Wallenberg sjakt i 2008-2009.

Dato	Nivå	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Pb mg/l	Temp gr.C
11.12.2008	160	4,47	326	2440	392	155	51,6	266	3,70	33,7	0,085	5,16	0,217	1,01	28,8	11,1
	200	4,48	330	2482	391	155	51,8	265	3,68	32,7	0,083	5,02	0,213	0,991	28,9	11,3
	300	4,24	381	2856	454	187	67,2	343	4,71	44,2	0,109	6,33	0,265	1,24	34,1	11,7
	340	4,39	382	2826	451	206	60,8	329	4,37	39,8	0,103	6,18	0,250	1,18	33,3	11,7
	380	6,01	580	3323	501	745	3,23	137	0,219	2,12	0,0055	6,35	0,020	0,103	14,4	13,5

Tabell 24. Analyseresultater. Utløp Fagerlivatn 2005-2009.

Prøve tatt	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Pb mg/l	Si mg/l
05.09.2005	3,09	216	1332	226	73,1	21,1	36,6	4,79	17,5	2,83	0,12	0,52		0,02	
31.10.2005	3,21	216	1350	252	91,8	19,6	43,5	3,18	16,7	0,02	3,09	0,120	0,528	0,02	
10.11.2005	4,81	209													
14.11.2005	5,98	202	1377	390	78,1	0,201	2,98	0,467	7,26	<0,01	2,05	0,063	0,273	<0,01	
22.11.2005	6,00	103													
01.12.2005	5,28	80,6													
14.12.2005	4,48	62,7													
16.01.2006	4,90	183	1117	289	70,1	1,59	18,9	0,91	8,23	0,019	2,01	0,071	0,284	<0,01	
15.02.2006	5,19	155,9													
15.03.2006	5,48	184,5	1159	303	90,9	0,42	20,1	0,79	7,22	0,016	2,45	0,083	0,342	<0,01	
19.04.2006	4,05	65,5													
15.05.2006			877	206	64	0,289	12,6	1,09	6,98	0,016	1,82	0,07	0,274	<0,01	
14.06.2006	5,77	163,1													
12.07.2006	6,50	176,8													
15.08.2006	5,94	168,9													
13.10.2006	4,93	141,1													
15.11.2006	3,37	107,4	476	107	25,4	4,95	16,3	2,35	5,53	<0,01	0,017	0,90	0,044	<0,1	5,34
13.12.2006	4,01	134,5													
15.01.2007	4,02	160,9													
14.02.2007	4,59	137,5	817	200	58,1	1,28	21,8	1,33	6,97	0,017	1,71	0,07	0,272	<0,01	7,03
14.03.2007	3,63	78,4													
12.04.2007	3,25	135,8													
14.05.2007	3,34	183,0													
18.06.2007	2,87	273	1560	224	72,7	25,3	30,0	8,26	16,5	0,059	2,52	0,12	0,51	0,03	14,3
16.07.2007	2,93	247													
15.08.2007	3,07	192,2													

Prøve tatt	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Pb mg/l	Si mg/l
13.09.2007	3,12	142,6													
15.10.2007	3,08	173,2													
14.11.2007	3,74	43,3													
18.12.2007	3,17	178,9													
15.01.2008	3,09	201													
14.02.2008	3,23	104													
12.03.2008	3,00	193,6													
15.04.2008	2,91	203	1135	205	47,1	22,9	55,1	6,40	15,1	0,0505	2,17	0,10	0,437	0,02	12,7
14.05.2008	3,19	149													
16.06.2008	3,13	200													
15.07.2008	2,94	216													
13.08.2008	2,91	228													
15.09.2008	3,08	199,2													
15.10.2008	3,02	194,3													
14.11.2008	3,11	157,0													
11.12.2008	3,17	163,2													
14.01.2009	3,43	89,0													
16.02.2009	3,28	204													
16.03.2009	3,48	85,8	404	95	20,7	4,05	6,36	0,96	4,62	0,01	0,94	<0,04	0,13	<0,01	5,2
15.04.2009	3,56	61,2													
13.05.2009	3,44	152													
15.06.2009	3,49	152													
15.07.2009	3,43	130													
17.08.2009	3,62	195,1													

Tabell 25. Analyseresultater. Utløp Bjørnlivatn 2007-2008 (tabell ikke tatt med i foregående rapport).

Prøve tatt	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
13.09.2007	3,15	145,0	793,4	151	43,2	12,0	7,32	3,46	9,12	0,02	0,030	1,51	0,066	0,281	7,76	64,7
15.10.2007	3,22	139,5	775,4	160	43,3	12,3	11,3	3,27	9,33	0,01	0,030	1,52	0,068	0,291	7,99	112,7
14.11.2007	3,19	139,6	730,5	149	39,0	11,1	10,6	2,85	8,34	0,01	0,027	1,39	0,062	0,251	7,58	116,9
18.12.2007	3,25	138,5	730,5	154	39,6	10,9	8,91	2,37	8,06	0,01	0,026	1,37	0,060	0,241	8,63	58,8
15.01.2008	3,26	142,0	775,4	165	45,1	12,4	10,9	2,71	9,46	0,02	0,029	1,56	0,070	0,281	8,64	34,3
14.02.2008	3,11	152,1	826,3	167	46,6	12,5	12,4	2,71	9,40	0,01	0,029	1,55	0,066	0,277	8,82	48,4
12.03.2008	3,29	118,0	667,7	134	36,1	10,4	10,2	2,21	7,69	0,01	0,023	1,23	0,056	0,222	7,69	58,0
15.04.2008	3,17	140,3	739,5	144	39,2	12,8	18,1	2,94	9,19	<0,01	0,027	1,42	0,065	0,263	8,40	89,3
14.05.2008	3,31	120,0	625,7	130	33,4	11,6	11,5	3,19	7,99	0,01	0,025	1,21	0,056	0,230	7,33	105,7
16.06.2008	3,24	133,0	697,6	141	37,9	13,6	10,6	3,78	8,77	0,02	0,029	1,35	0,065	0,264	7,34	69,8
15.07.2008	3,15	146,0	790,4	153	41,3	15,5	10,5	4,35	9,46	0,02	0,033	1,50	0,071	0,294	8,27	87,9
13.08.2008	3,03	160,9	919,2	154	42,5	15,8	9,93	4,13	9,80	0,02	0,033	1,52	0,070	0,300	8,87	44,0
Gj.snitt	3,20	139,6	756,0	150	40,6	12,6	11,0	3,16	8,88	<0,01	0,028	1,43	0,065	0,266	8,11	74,2
Maks.verdi	3,31	160,9	919,2	167	46,6	15,8	18,1	4,35	9,80	<0,01	0,033	1,56	0,071	0,300	8,87	116,9
Min.verdi	3,03	118,0	625,7	130	33,4	10,4	7,32	2,21	7,69	<0,01	0,023	1,21	0,056	0,222	7,33	34,3

Tabell 26. Analyseresultater. Utløp Bjørnlivatn 2008-2009.

Prøve tatt	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
15.09.2008	3,15	153,2	859	168	45,6	17,4	11,7	4,21	11,9	0,02	0,038	1,70	0,081	0,333	9,07	15,8
09.10.2008	3,14	150,0	814	158	42,5	15,5	13,7	3,80	10,7	0,02	0,036	1,62	0,074	0,312	8,75	76,8
15.10.2008	3,15	147,2	1090	204	56,8	20,6	31,6	4,42	14,5	0,02	0,047	2,17	0,100	0,418	12,2	110,3
14.11.2008	3,12	159,0	845	169	44,0	16,0	16,2	3,61	10,4	0,02	0,034	1,67	0,076	0,308	8,87	12,7
11.12.2008	3,20	138,2	743	153	38,6	13,9	14,3	3,05	9,12	0,02	0,029	1,48	0,066	0,271	8,28	28,1
14.01.2009	3,27	140,0	763	155	40,2	14,4	16,4	2,94	9,44	0,01	0,030	1,52	0,069	0,281	8,57	121,6
16.02.2009	3,30	144,0	814	164	44,1	14,9	14,8	2,99	10,0	0,01	0,030	1,63	0,072	0,296	9,10	17,4
16.03.2009	3,21	119,2	587	120	30,2	9,00	9,19	1,81	7,04	<0,01	0,020	1,19	0,051	0,203	6,83	7,12
15.04.2009	3,32	114,0	587	117	29,6	8,72	6,95	1,85	6,84	0,01	0,020	1,11	0,050	0,197	6,48	232,8
13.05.2009	3,56	94,6	533	101	24,7	6,76	3,58	1,54	5,57	<0,01	0,016	0,90	0,041	0,158	5,03	24,3
15.06.2009	3,49	101,0	524	119	29,0	7,51	3,14	1,60	6,21	0,01	0,017	1,04	0,048	0,181	5,04	77,7
15.07.2009	3,44	123,0	701	147	36,9	9,14	4,12	1,82	7,80	0,02	0,021	1,35	0,060	0,227	6,29	43,9
17.08.2009	3,31	134,5	817	141	37,5	8,98	4,19	1,77	7,44	0,01	0,021	1,30	0,059	0,222	7,33	71,9
Gj.snitt	3,28	132,1	744	147	38,4	12,5	11,5	2,72	9,00	0,02	0,028	1,44	0,065	0,262	7,83	64,7
Maks.verdi	3,56	159,0	1090	204	56,8	20,6	31,6	4,42	14,50	0,02	0,047	2,17	0,100	0,418	12,2	232,8
Min.verdi	3,12	94,6	524	101	24,7	6,76	3,14	1,54	5,57	<0,01	0,016	0,90	0,041	0,158	5,03	7,12

Tabell 27. Analyseresultater. Raubekken ved inntak kraftverk 2008-2009.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd µg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
15.09.2008	4,79	28,61	123,7	30,3	6,70	4,39	0,750	1,64	4,9	0,282	0,015	0,047	2,83	3,55	380
09.10.2008	4,90	23,30	96,1	24,4	5,65	2,48	0,520	1,32	4,6	0,214	0,010	0,038	2,01	2,62	1433
15.10.2008	4,79	26,34	109,3	27,3	6,28	2,72	0,556	1,49	4,4	0,239	0,010	0,042	2,27	2,78	1360
18.11.2008	5,05	30,80	125,1	33,5	6,94	3,56	0,600	1,62	4,6	0,274	0,014	0,047	2,74	3,36	880
15.12.2008	4,93	35,31	166,2	35,1	7,81	4,38	0,777	1,86	5,5	0,310	0,017	0,052	3,20	4,13	470
26.01.2009	6,38	36,77	126,6	35,6	7,23	3,62	0,602	1,47	4,0	0,258	0,014	0,042	2,29	4,17	1360
16.02.2009	5,67	41,10	173,4	43,7	9,85	5,14	0,814	2,18	6,0	0,372	0,018	0,063	3,98	4,44	880
18.03.2009	5,89	25,58	100,6	28,2	5,89	2,91	0,431	1,23	3,4	0,224	0,010	0,035	2,00	3,19	1440
15.04.2009	4,79	22,90	100,3	20,6	4,50	1,48	0,348	1,04	3,0	0,170	0,008	0,029	1,27	2,41	3190
18.05.2009	6,40	18,20	61,4	18,9	3,65	3,05	0,391	0,74	2,0	0,141	0,007	0,022	1,67	2,48	570
16.06.2009	5,67	27,10	105,1	29,2	6,14	2,13	0,452	1,28	3,0	0,228	0,010	0,037	1,98	2,60	960
27.07.2009	6,34	26,10	106,6	28,6	6,15	1,80	0,388	1,24	3,0	0,230	0,010	0,036	1,77	2,55	1030
18.08.2009	6,69	17,90	60,5	20,5	3,90	1,25	0,221	0,67	2,0	0,135	0,008	0,020	1,06	2,28	1810
Gj.snitt	5,56	27,69	111,9	28,9	6,21	2,99	0,527	1,37	3,9	0,237	0,012	0,039	2,24	3,12	1213
Maks.verdi	6,69	41,10	173,4	43,7	9,85	5,14	0,814	2,18	6,0	0,372	0,018	0,063	3,98	4,44	3190
Min.verdi	4,79	17,90	60,5	18,9	3,65	1,25	0,221	0,67	2,0	0,135	0,007	0,020	1,06	2,28	380

Tabell 28. Analyseresultater. Orkla ved Vormstad 2008-2009.

Dato	Cu	Zn	Fe	Al
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
15.09.2008	5,53	14,5	58	41,2
15.10.2008	5,55	13,8	150	87,5
18.11.2008	10,8	26,6	120	70,8
15.12.2008	5,76	13,3	68	49,8
26.01.2009	5,57	15,0	73	52,2
16.02.2009	16,1	40,3	100	129
18.03.2009	6,88	22,2	270	150
15.04.2009	5,13	10,7	180	109
18.05.2009	3,70	3,08	80	44,3
16.06.2009	4,58	6,26	86	51,5
27.07.2009	3,50	7,38	83	48,8
18.08.2009	3,97	9,15	160	72,9
Gj.snitt	6,42	15,2	119	75,6
Maks.verdi	16,1	40,3	270	150
Min.verdi	3,50	3,08	58	41,2

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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