



RAPPORT LNR 5507-2007

Avrenning fra Folldal Verk, Folldal kommune

Undersøkelser i 2006-2007



Folldal Verk i Folldal sentrum

Foto: Eigil Iversen, NIVA

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

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Avrenning fra Folldal Verk, Folldal kommune Undersøkelser i 2006-2007	Løpenr. (for bestilling) 5507-2007	Dato 18. Desember 2007
	Prosjektnr. Undernr. O-26321	Sider 29
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Hedmark	Trykket 2007

Oppdragsgiver(e) Bergvesenet	Oppdragsreferanse Best.nr. 21/06
---------------------------------	-------------------------------------

Sammendrag

Det er gjennomført en kontroll av vannkvalitet og forurensningstransport i gruveområdet i Folldal sentrum. De rutinemessige feltundersøkelsene har omfattet tre målestasjoner hvorav en er i Folla og to ved kildene i gruveområdet i sentrum. Vannføringsmålingene i gruveområdet er oppgradert flere ganger, siste gang høsten 2004. Undersøkelsene viser at forurensningstilførslene fra området varierer forholdsvis mye fra år til år avhengig av nedbør og klima. I siste undersøkelsesperiode i 2006-2007 var avrenningen større enn den har vært på flere år, noe som førte til vesentlig høyere forurensningstransport enn i foregående periode. Situasjonen vurderes likevel som stabil og har endret seg lite i årene etter at de siste tiltakene ble avsluttet i 1993/1994. Dreneringsgrøftene i gruveområdet ble forbedret høsten 2007. Eventuelle virkninger av dette arbeidet vil fanges opp av neste års undersøkelsesprogram.

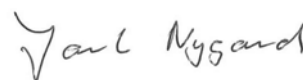
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kisgruve 2. Drensvann 3. Forurensningstransport 4. Folldal Verk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pyrite Mining 2. Acid Rock Drainage 3. Transport of Pollutants 4. Folldal Mines, Norway
--	--



Eigil Rune Iversen
Prosjektleder



Helge Liltved
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

O-26321

Avrenning fra Folldal Verk, Folldal kommune

Undersøkelser i 2006-2007

Forord

Norsk institutt for vannforskning har foretatt undersøkelser av effekter av gruvevirksomheten til Folldal Verk siden 1966. Undersøkelsene har således pågått under den gamle driften ved Folldal hovedgruve i Folldal sentrum og ved den nye gruva på Tverrfjellet. Etter at gruvedriften ble nedlagt i 1993, ble det gjennomført oppryddingsarbeider og forurensningsbegrensende tiltak ved begge områdene. Arbeidene ble avsluttet i 1994. Oppryddingsarbeidene i Folldal sentrum pågikk i perioden 1992-1994.

Den foreliggende rapporten gir en status for forurensningssituasjonen i nedre del av vassdraget ved gruveområdet i Folldal sentrum høsten 2007. Resultatet fra undersøkelsene vil danne grunnlag for videre tiltak i gruveområdet. Oppdragsgivere i årene etter 1994 har vært Norsulfid as, Miljøsikringsfondet Folldal Verk og Bergvesenet. Bergvesenet overtok ansvaret for undersøkelsene i 2001. Miljøsikringsfondet Folldal Verk har bekostet den rutinemessige prøvetakingen.

Lokal observatør og ansvarlig for den rutinemessige prøvetaking har vært Kjell Streitlien, Folldal som vi herved takker for vel utført feltarbeid.

Oslo, 18. Desember 2007

Egil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Undersøkelsesopplegg	8
2. Hydrologi og meteorologi	9
2.1 Meteorologi	9
2.2 Hydrologi	10
2.2.1 Vannføringer i Folla	10
2.2.2 Vannføringer i gruveområdet	11
3. Vannkvalitet	13
3.1 Prøvetakingsstasjoner	13
3.2 Stasjon 1 – Stoll 2	13
3.3 Stasjon 2A – Samlet avløp fra gruveområdet ved utløp av drenerør	15
3.4 Stasjon Fo7 – Folla ved Folshaugmoen	16
4. Forurensningstransport	18
5. Samlet vurdering	22
6. Litteratur	23
Vedlegg A. Analyseresultater	24

Sammendrag

Den nåværende kartlegging av forurensningstilførslene fra gruveområdet i Follidal sentrum startet høsten 1993 da dreneringssystemet i gruveområdet ble ferdigstilt. Undersøkelsene har omfattet prøvetaking av to kilder i gruveområdet, gruvevann fra stoll 2 og ved utløpet av drensrør for samlet avrenning. I tillegg er prøvetakingen videreført ved den faste stasjonen i Folla nedenfor gruveområdet, stasjon Fo7 Folshaugmoen, der en har observasjoner tilbake til 1966. Undersøkelsene har også omfattet kontinuerlige vannføringsmålinger, siden 1997 i Folla og siden 2001 ved stasjonene i gruveområdet. Siden 2001 er det foretatt forbedringer av vannføringsmålingene for samlet avrenning ved to anledninger, siste gang i november 2004. Forurensningsbudsjettet for de siste to år er derfor trolig det mest pålitelige vi har hatt hittil.

Ved utløpet av august måned 2007 var tungmetallkonsentrasjonene i vassdraget er omtrent på samme nivå som de har vært i alle år. Avrenning fra avfall i dagen er største forurensningskilde i området, men tilførslene fra gruva betyr svært mye når det er liten overflateavrenning som i tørre perioder og om vinteren når det er frost. I slike perioder er gruvevannet største forurensningskilde. Store deler av overflateavrenningen tar veien gjennom løsmassene på veien ned mot Folla. I august 2007 ble det gjennomført forbedringer av eksisterende dreneringsgrøfter for å fange opp mer av denne avrenningen.

Noen nøkkeltall for forurensningstransporten i Folla ved Folshaugmoen pr. 31. August 2007:

Årstransport i Folla ved stasjon Fo7 Folshaugmoen. Hydrologiske år.

År	Cu tonn	Zn tonn	Fe tonn	Cd kg	SO ₄ tonn	Vannmengde m ³
1997-1998	10,7	14,9	145	48,8	2976	243961632
1998-1999	12,3	17,2	179	49,1	3118	245500416
1999-2000	11,4	16,8	157	45,6	3043	253573632
2000-2001	13,5	16,3	186	50,6	3168	266194080
2001-2002	14,1	18,5	169	54,5	3165	259439328
2002-2003	5,2	8,2	79	23,4	1812	156232800
2003-2004	7,4	11,3	118	31,8	2307	198878976
2004-2005	8,1	11,9	116	38,1	2570	237937824
2005-2006	7,7	11,2	105	31,7	2137	197887968
2006-2007	12,4	16,2	142	50,6	3142	259696800

Tilførslene til Folla kan variere svært mye avhengig av nedbør og klima. I siste år var avrenningen større enn den har vært på flere år. Dette førte også til en betydelig økning i metalltransporten fra området.

Virkningene av økt avrenning siste år merkes også ved stasjonene i gruveområdet. Forurensningstransporten fra gruva og fra avfall i dagen økte mye siste år i forhold til de fire foregående år da avrenningen var mindre. Totalt sett vurderes situasjonen likevel som stabil.

Ved stasjonen for samlet avrenning var spesielt kobber- og jerntransporten de to siste år høyere enn i Folla. Dette har for en stor del sammenheng med at mye jern felles ut sammen med kobber på elvestrekningen fra Follidal sentrum og ned til Folshaugmoen. Med det forholdsvis enkle prøvetakingsprogrammet en har, er det ikke alltid slik at prøvetakingen fanger opp situasjonene når det utfelte slammet resuspenderes.

Noen nøkkeltall for stasjonene i gruveområdet:

Årstransport for gruvevann ved utløpet av stoll 2. Hydrologiske år.

År	Cu tonn	Zn tonn	Fe tonn	Cd kg	SO ₄ tonn	Vannmengde m ³
2001-2002	5,0	3,2	67,0	12,0	300	27751
2002-2003	3,2	2,2	46,4	7,9	206	18427
2003-2004	3,0	2,2	47,3	7,1	203	17943
2004-2005	4,3	3,1	67,4	10,2	304	28146
2005-2006	4,2	2,8	61,3	9,0	274	23311
2006-2007	5,5	3,4	76,5	11,2	349	29029

Årstransport for samlet avrenning på rørrnett ved riksveg 29.

År	Cu tonn	Zn tonn	Fe tonn	Cd kg	SO ₄ tonn	Vannmengde m ³
2001-2002	9,0	6,1	102	22,2	549	131544
2002-2003	5,9	4,1	71,2	14,1	369	87696
2003-2004	5,2	3,6	67,2	12,5	347	91229
2004-2005	6,3	4,3	78,3	15,3	428	84878
2005-2006	17,5	11,5	204	38,9	1117	178131
2006-2007	21,3	14,2	232	48,1	1331	223948

Summary

Title: Transport of Pollutants from Folldal Mining Area 2006-2007

Year: 2007

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5242-2

Mining for sulphide minerals in the Folldal area took place at several mines in the period 1748-1993. The major activities are located in two mining areas, the old Folldal mine in the community centre and Tverrfjellet mine about 30 km upstream the community centre. From about 1935 concentrates of copper, zinc and pyrite were produced by selective flotation.

This report deals with pollution situation at the old mine site which was operated from 1748 until mine closure in 1968. At the final mine closure in 1993, a number of mitigative measures were carried out. At the old mine site, different waste material were removed and disposed of under water within the new mine at Tverrfjellet. Due to conservation interests, it was not possible to remove all waste and raise the water table within the mine.

In the following years no significant effects on the water quality in Folla River were observed. Run-off from the remaining mine waste is the main source of pollution in the area. During the winter situation and in dry periods with little precipitation, the strongly acidic mine water is the most important source.

In 2007 an improved drainage system was finished. The key figures for the pollution transport in the receiving river are as follows:

Year	Cu Tonnes	Zn Tonnes	Fe Tonnes	Cd Kgs	SO₄ Tonnes	Run-off m³
1997-1998	10,7	14,9	145	48,8	2976	243961632
1998-1999	12,3	17,2	179	49,1	3118	245500416
1999-2000	11,4	16,8	157	45,6	3043	253573632
2000-2001	13,5	16,3	186	50,6	3168	266194080
2001-2002	14,1	18,5	169	54,5	3165	259439328
2002-2003	5,2	8,2	79	23,4	1812	156232800
2003-2004	7,4	11,3	118	31,8	2307	198878976
2004-2005	8,1	11,9	116	38,1	2570	237937824
2005-2006	7,7	11,2	105	31,7	2137	197887968
2006-2007	12,4	16,2	142	50,6	3142	259696800

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Norsk institutt for vannforskning har foretatt undersøkelser i Folla-vassdraget siden 1966. Undersøkelsene har omfattet hele strekningen fra gruveområdet på Hjerkin og ned til Alvdal. Gruvevirksomheten til Folldal Verk ved Tverrfjellet gruve opphørte i mars 1993. I perioden 1992-1994 pågikk det oppryddingstiltak ved det gamle gruveområdet i Folldal sentrum der virksomheten ble nedlagt i 1968. Oppryddingstiltakene har bestått i flytting av forurensende masser opp til Hjerkin, der de ble deponert i Tverrfjellet gruve. I tillegg ble det foretatt en del dreneringstiltak i området. Norsulfid as gjennomførte et 5 års overvåkingsprogram i vassdraget og i gruveområdene i perioden 1993-1998. Resultatene fra disse undersøkelsene er rapportert i en sluttrapport (Iversen et al, 1999).

Da vannkvaliteten i nedre del av vassdraget ved Folshaugmoen ennå ikke hadde bedret seg vesentlig ved utgangen av 1998 etter de tiltakene som var gjennomført, ble det besluttet at Miljøsikringsfondet Folldal Verk skulle fortsette et forenklet overvåkingsprogram i Folldal sentrum-området. Dette for å sikre en kontinuitet i målingene inntil en ser hvordan vannkvaliteten utvikler seg, og inntil det er fattet en beslutning om eventuelt å gjennomføre ytterligere tiltak. Resultatene fra disse undersøkelsene (Iversen, 2000 og 2001) ble benyttet i en utredning som ble foretatt for Miljøsikringsfondet Folldal Verk etter pålegg fra Statens forurensningstilsyn, der en ga en utredning av forurensningsbegrensende tiltak i Folldal sentrum (Iversen og Knudsen, 2002). Det ble kun benyttet eksisterende informasjon om gruveområdet i denne utredningen.

I november 2001 overtok Bergvesenet ansvaret for å videreføre avrenningsundersøkelsene i gruveområdet. Senhøstes 2005 startet Bergvesenet arbeidene med å drenere gruveområdet bedre. I 2005 ble det laget nye drengrofter rundt Tyskerhullet for å forhindre overflatevann i å trenge inn i gruva under flomperioder. I 2007 ble det laget nye drengrofter i gruveområdet for å begrense lekkasjen til området nedenfor.

Det foreliggende rapport gir en fremstilling av resultatene fra undersøkelsene for perioden 01.09.2006-31.08.2007.

1.2 Undersøkelsesopplegg

Programmet har stort sett fulgt samme opplegg som etter 1998. Det er gjennomført kontinuerlige vannføringsmålinger ved de nye profilene som ble etablert høsten 2001. I tillegg gjennomfører NVE vannføringsmålinger i Folla ved Grimsmoen (Brandsnes bru) et lite stykke oppstrøms målestasjonen i Folla ved Folshaugmoen (Fo7) etter oppdrag fra NIVA. Vannføringsmålingen ved stasjonen for samlet avrenning fra gruveområdet (St.2) ble flyttet til avløpsrøret ovenfor riksvei 29 i november 2003. Etter en tids parallell prøvetaking ble den rutinemessige prøvetaking flyttet til det nye stedet (st.2A) fra og med 01.09.04. De øvrige feltundersøkelsene i perioden har bestått i regelmessig månedlig prøvetaking ved de tre faste stasjonene: St.1 Gruvevann stoll 2, St.2A Samlet avrenning på drengroter og stasjon Fo7 Folla ved Folshaugmoen.

Prøvene er tatt av Kjell Streitlien, Folldal. Prøvetakingen er bekostet av Miljøsikringsfondet Folldal Verk.

Prøvene er analysert av NIVA. Metallanalysene er utført vha ICP-teknikk (drensvann) og ICPMS-teknikk (elvevann).

2. Hydrologi og meteorologi

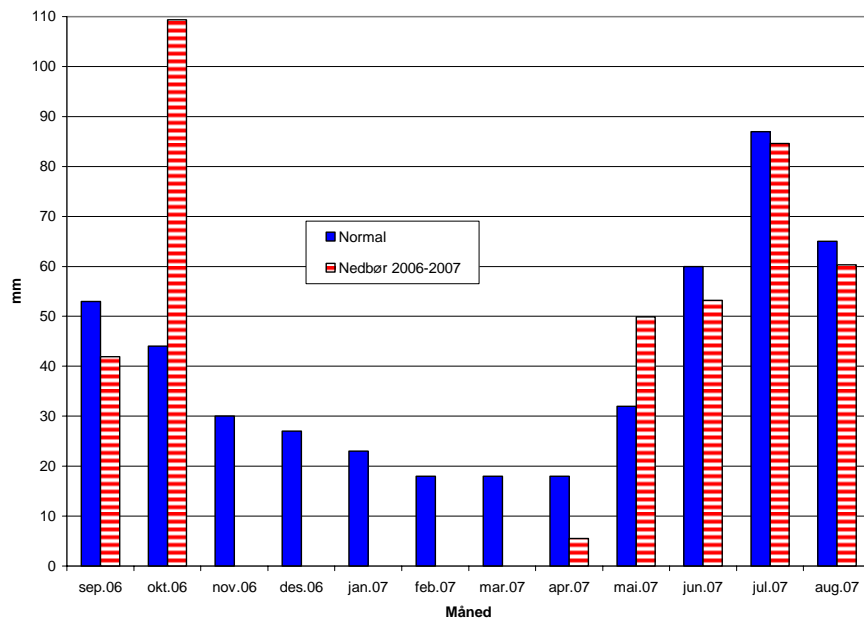
2.1 Meteorologi

De meteorologiske data som er benyttet er samlet inn av Det norske meteorologiske institutt (DNMI) ved målestasjonen 8970 Einunna kraftverk. Stasjonen i Folldal (0910 Folldal) ble nedlagt i august 2006. I tabell 1 er samlet månedlige nedbørhøyder og normaler for det hydrologiske året 1.september 2006 - 31.august 2007. I denne perioden var det spesielt mye nedbør i månedene oktober 2006 og i mai 2007. I det hydrologiske året 2006-2007 falt det 85,2 % nedbør i forhold til et normalår.

Tabell 1. Månedlige nedbørhøyder og normaler for det hydrologiske året 2006-2007.

Måned	Nedbør mm	Normal mm	Nedbør i % av normalår
sep.06	42	53	79,1
okt.06	109	44	248,6
nov.06	0	30	0,0
des.06	0	27	0,0
jan.07	0	23	0,0
feb.07	0	18	0,0
mar.07	0	18	0,0
apr.07	6	18	30,6
mai.07	50	32	155,9
jun.07	53	60	88,7
jul.07	85	87	97,2
aug.07	60	65	92,8
Årsum	405	475	85,2

Figur 1 gir en grafisk fremstilling av månedlige nedbørhøyder for året 2006-2007.

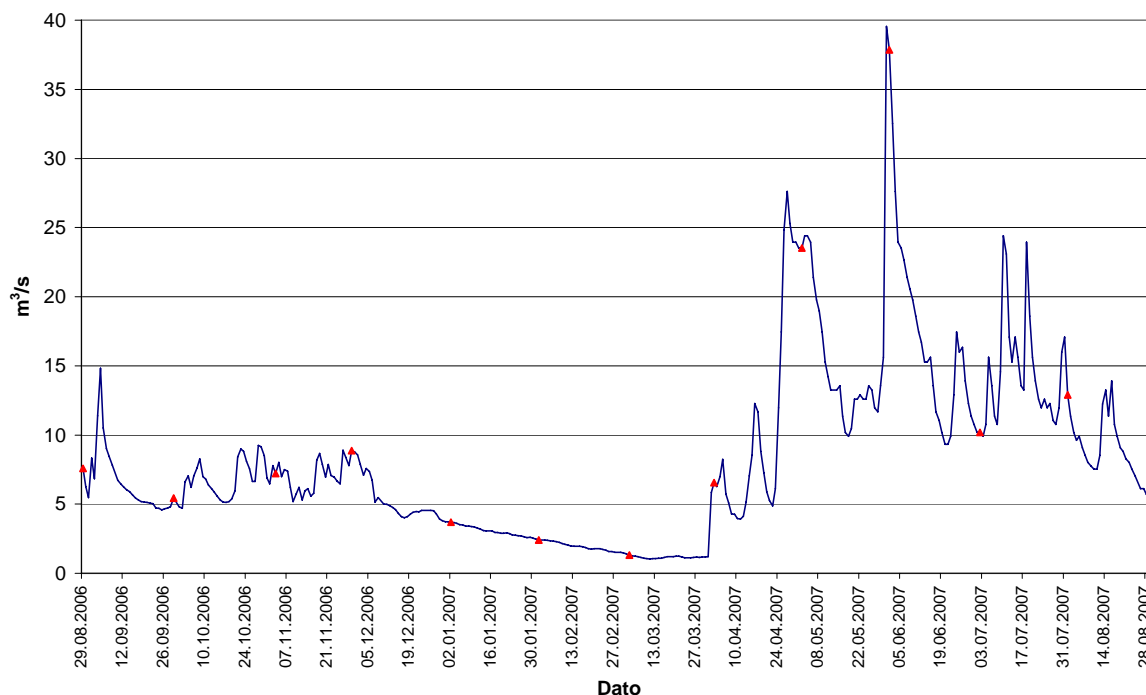


Figur 1. Månedlige nedbørhøyder og normaler ved Einunna kraftverk i 2006-2007.

2.2 Hydrologi

2.2.1 Vannføringer i Folla

De kontinuerlige vannføringsmålingene i Folla ble startet i 1997. Figur 2 viser døgnmiddelvannføringer i måleperioden 2006-2007. Vannføringsdata i den siste delen av august 2006 som ble skjønsmessig vurdert i foregående rapport fordi tømningen av data skjedde før 1.9.2006, er korrigert.



Figur 2. Døgnmiddelvannføringer i Folla ved Brandsnes bru i 2006-2007 med markering av prøvetakinger for kjemisk analyse.

Tabell 2. Middelvannføringer og avrenning i Folla ved Grimsmoen 1997-2007. Hydrologiske år.

År	Nedbør i % av normal	Teoretisk *) middelvannføring m ³ /s	Middelvannføring etter feltmålinger m ³ /s	Målt avrenning m ³ /år
1997-1998	109	7,63	7,86	243 961 632
1998-1999	106	7,42	7,78	245 500 416
1999-2000	117	8,19	8,02	253 573 632
2000-2001	115	8,05	8,44	266 194 080
2001-2002	116	8,12	8,23	259 439 328
2002-2003	107	7,49	4,95	156 232 800
2003-2004	81,5	5,71	6,28	198 878 976
2004-2005	115	8,06	7,64	237 937 824
2005-2006	134	9,35	6,27	197 887 968
2006-2007	85,2**	5,96	8,23	259 696 800

*) Beregnet vha nedbørfeltets areal og avrenningskoeffisient (NVE, 1987) korrigert for avvik fra nedbørnormal.

***) Ny nedbørstasjon benyttet (Einunna kraftverk) fra 1.9.2006.

Etter at NVE har korrigert vannføringsobservasjonene for 2006, er målt avrenning for det hydrologiske året 2005-2006 korrigert i forhold til det som er oppgitt i foregående rapport. Som det framgår av figur 2, hadde vårflommen i Folla sitt maksimum siste uke i april og omkring 1.juni.

2.2.2 Vannføringer i gruveområdet

Figur 3 og figur 4 viser vannføringsobservasjonene for stoll 2 og for samlet avrenning ved slamdammen. I tabell 3 er sammenstilt noen nøkkeltall for de to målestasjonene i gruveområdet.

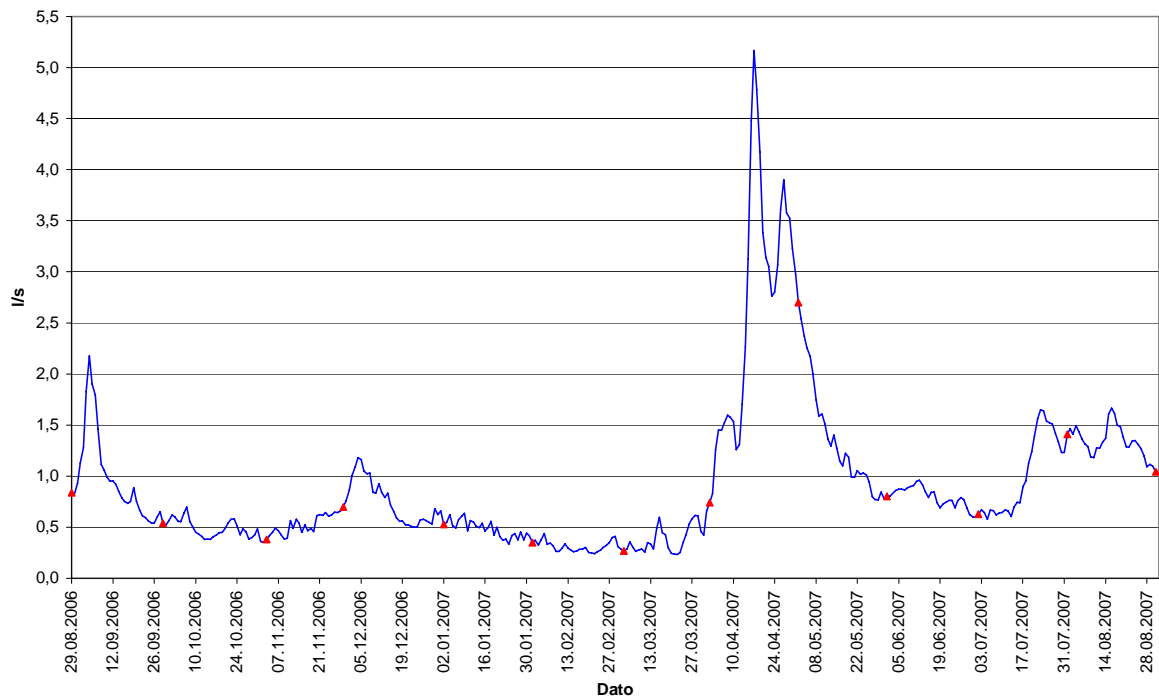
Målepunktet for samlet avrenning ble flyttet fra og med 1.9.2004. De to drenerørene som samlet avrenningen fra gruveområdet ble samlet i det største røret og en vannføringslogger ble montert inne i røret nedenfor sammenkoblingspunktet. Vannprøvene tas ved utløpet av røret.

Tabell 3. Døgnmiddelvannføringer og årsavrenning for målepunktene i gruveområdet.

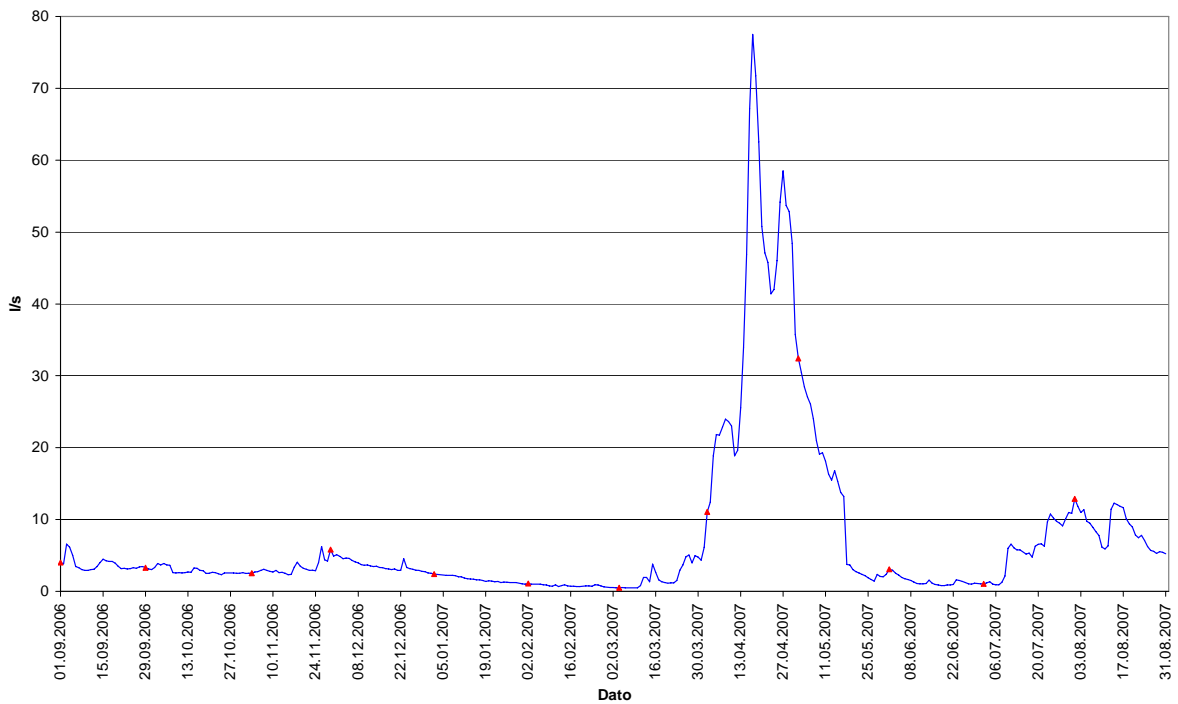
Stasjon	År	Avrenning	Middel	Maks	Min	Median
		m ³ /år	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
St.1 Stoll 2	2001-2002	27750	3,2	16,1	0,51	1,96
St.1 Stoll 2	2002-2003	18426	2,1	13,6	0,32	1,19
St.1 Stoll 2	2003-2004	17943	2,0	14,9	0,58	1,31
St.1 Stoll 2	2004-2005	28146	3,2	18,6	0,97	2,18
St.1 Stoll 2	2005-2006	23311	2,7	27,9	0,45	1,54
St.1 Stoll 2	2006-2007	29029	3,3	18,6	0,84	2,37
St.2 Slamdam*)	2001-2002	131544	9,3	40,8	0,36	6,8
St.2 Slamdam**)	2002-2003	87696	10,1	155	1,7	6,6
St.2 Slamdam	2003-2004	91229	10,4	71,8	1,3	8,5
St.2A Samlet avrenning	2004-2005	84878	9,7	53,2	2,7	6,1
St.2A Samlet avrenning	2005-2006	178131	20,3	446	0,72	3,7
St.2A Samlet avrenning	2006-2007	223948	25,6	279	1,8	11,0

*) Manuelle målinger i perioden 25.01-20.03.02. Tett innløp 24.06-01.07.02 (tap av vann under flomtopp).

***) Manuelle målinger i perioden 20.11.02-06.03.03.



Figur 3. Døgnmiddelvannføringer ved St.1 Utløp av Stoll 2 i 2006-2007 med markering av prøvetakingstidspunkter.



Figur 4. Døgnmiddelvannføringer ved St.2A Rør for samlet avrenning i 2006-2007 med markering av prøvetakingstidspunkter.

Vannføringskurvene viser at flomtoppen i Follidal sentrum våren 2007 inntraff i siste halvdel av april. Dette er ca 2 uker tidligere enn i Folla.

3. Vannkvalitet

3.1 Prøvetakingsstasjoner

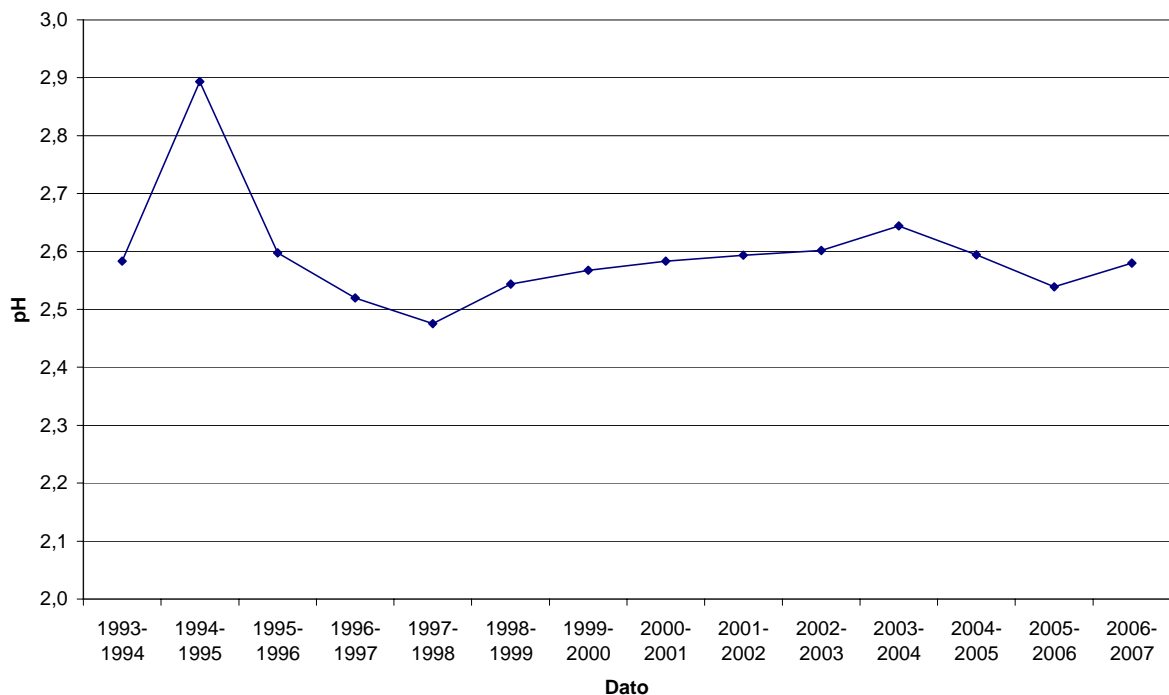
Tabell 4 gir en oversikt over prøvetakingsstasjonene som har vært benyttet i perioden 2006-2007.

Tabell 4. Prøvetakingsstasjoner for undersøkelser av avrenning fra Folldal sentrum i 2006-2007.

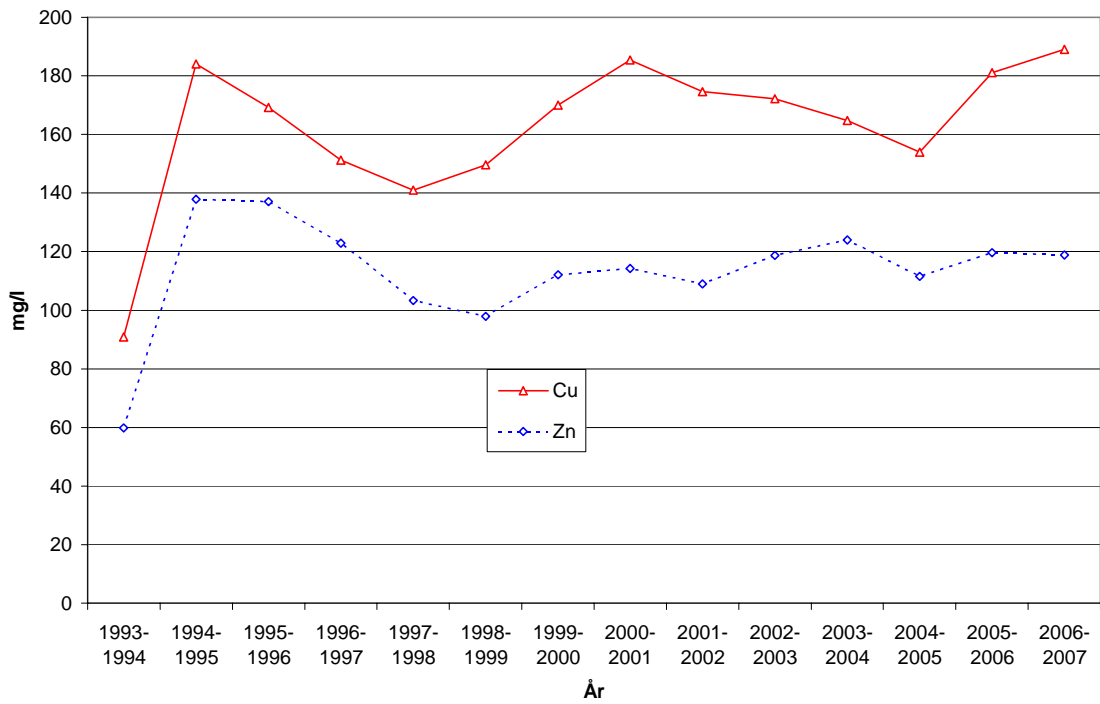
St. nr.	Navn	Frekvens	Posisjon målt med GPS
1	Gruvevann utløp stoll 2	1 x mnd.	N 62° 08,383'; E 09° 59,310'
2A	Utløp drensledning for samlet avløp	1 x mnd.	N 62° 08,116'; E 09° 58,660'
Fo7	Folla ved Folshaugmoen	1 x mnd.	N 62° 07,746'; E 10° 07,244'

3.2 Stasjon 1 – Stoll 2

Analyseresultatene for prøver som er tatt i 2006-2006 er samlet i tabell 8 i vedlegget bak. Her er også gitt en oppdatert oversikt over årlige tidsveiede middelerverdier for hydrologiske år fra 1993 (se tabell 9). Som figur 5 viser, er gruvevannet sterkt surt med pH-verdier varierende i området 2,5-2,7. Figur 6 og figur 7 viser grafisk det tilsvarende forløp for de tidsveiede årsmiddelerverdiene for kobber, sink, jern og sulfat. I de årene det løpende programmet har pågått (1993-2007), har det vært forholdsvis beskjedne endringer i vannkvaliteten.



Figur 5. Stasjon 1 Stoll 2. Tidsveiede årsmiddelerverdier for pH.



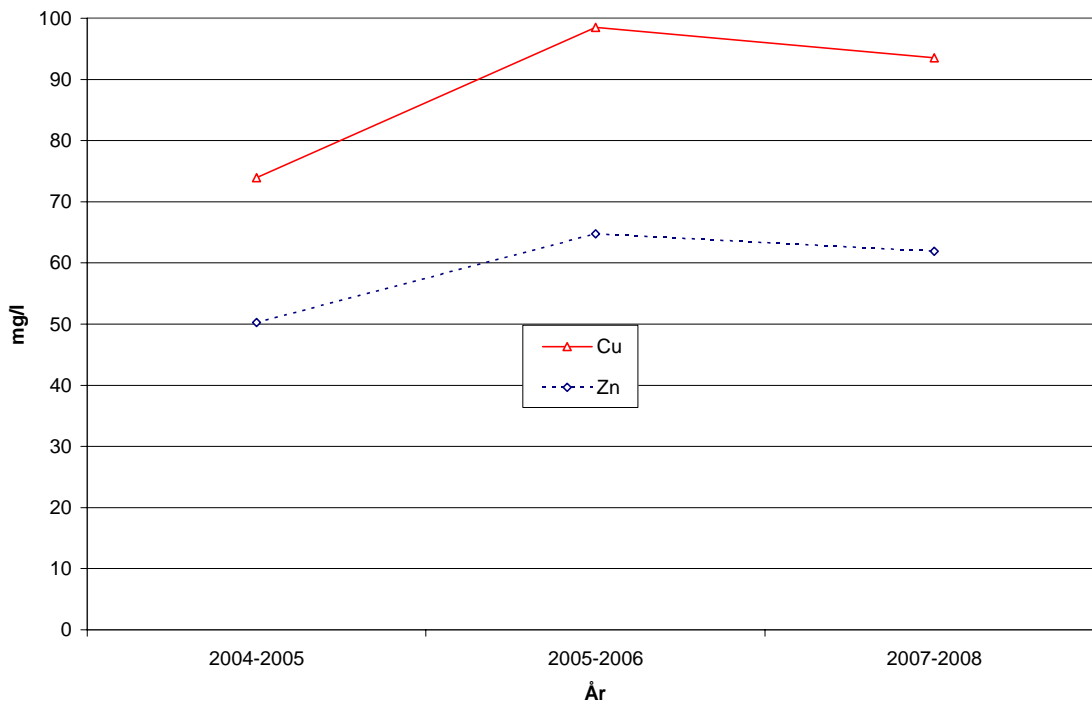
Figur 6. Tidsveide årsmiddelverdier for kobber og sink.



Figur 7. Stasjon 1 Stoll 2. Tidsveide årsmiddelverdier for jern og sulfat.

3.3 Stasjon 2A – Samlet avløp fra gruveområdet ved utløp av drensrør

Stasjonen ble opprettet i desember 2003 og ble prøvetatt parallelt med st.2 fram til 1.9.2004. En har således ingen historiske data for denne stasjonen. I store deler av året når det er liten avrenning, antas vannkvaliteten å være forholdsvis lik vannkvaliteten ved den gamle stasjon 2. Dette skyldes at det fortynningsvannet som kommer inn via et bekkefar før kulverten under veien, er forholdsvis beskjedent. Analyseresultatene for 2006-2007 er samlet i tabell 10 mens i tabell 11 er beregnet tidsveiede årsmiddelverdier. Figur 8 viser en grafisk fremstilling av tidsveiede årsmiddelverdier for kobber og sink for de tre hydrologiske år en har data for. En legger merke til at samlet avrenning fra Follidal sentrum som dreneringssytemet greier å fange opp inneholder mer kobber enn sink.



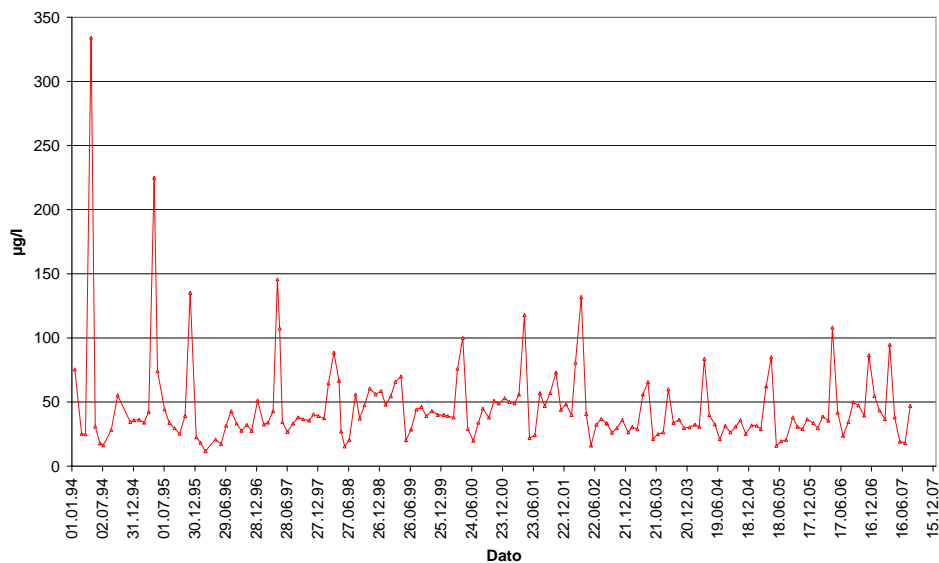
Figur 8. Stasjon 2A Samlet avrenning ved utløp av rør på nordsiden av r.v. 29. Tidsveiede årsmiddelverdier for kobber og sink for hydrologiske år.

3.4 Stasjon Fo7 – Folla ved Folshaugmoen

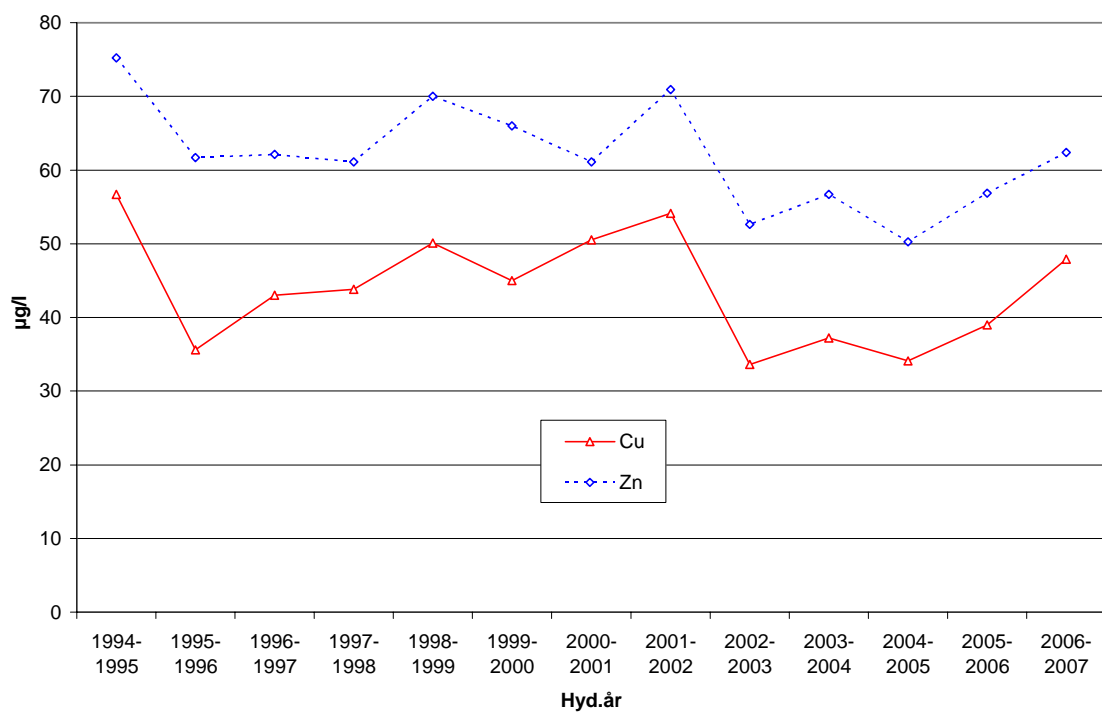
Stasjonen ble opprettet i 1966. Fra 1984 er stasjonen prøvetatt regelmessig hver måned. Hensikten med denne stasjonen har i de senere år vært å kontrollere endringer i vannkvaliteten i Folla etter tiltakene som ble avsluttet i 1994. Analyseresultatene for perioden 2006-2007 er samlet i tabell 12, mens tabell 13 gir en oversikt over beregnede tidsveiede middelveier for de viktigste analyseparametre for hydrologiske år i perioden 1994-2007.

Vannkvalitet og spesielt tungmetallnivå endrer seg svært mye i løpet av året. Ofte vil det være stor avrenning fra gruveområdet om våren under snøsmeltingen. Denne lokale flommen inntreffer ofte før vannføringen i vassdraget tar seg opp. Av denne årsak kan en vanligvis påvise forholdsvis høye metallkonsentrasjoner i Folla i første halvdel av mai. Konsentrasjonene kan erfaringsmessig endre seg svært mye fra dag til dag på denne tiden. Med en månedlig prøvetakingsfrekvens vil en derfor ikke alltid fange opp de høyeste konsentrasjonene. Det knytter seg derfor noe usikkerhet til beregnede årsmiddelkonsentrasjoner. Figur 9 viser observasjonsmaterialet for kobber for årene etter at tiltakene ble avsluttet (1994-2007). Figur 10 viser beregnede tidsveiede årsmiddelveier for kobber og sink for hydrologiske år fra 1994.

Beregnete årsmiddelkonsentrasjoner for kobber og sink var noe høyere siste år enn i de tre foregående årene. Konsentrasjonene var likevel innenfor det konsentrasjonsområde en har hatt etter 1994.



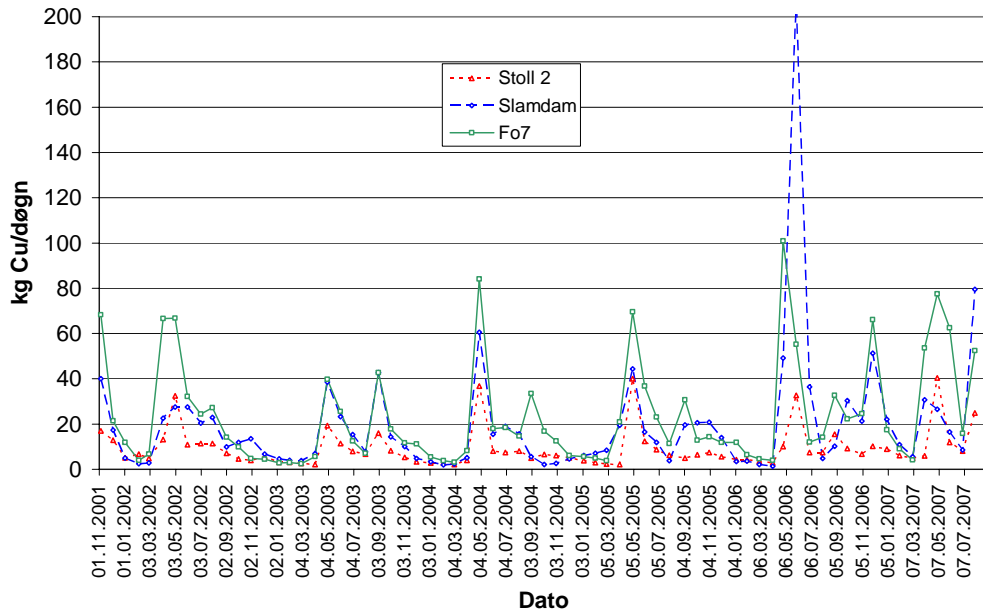
Figur 9. Kobberobservasjoner i Folla 1994-2007.



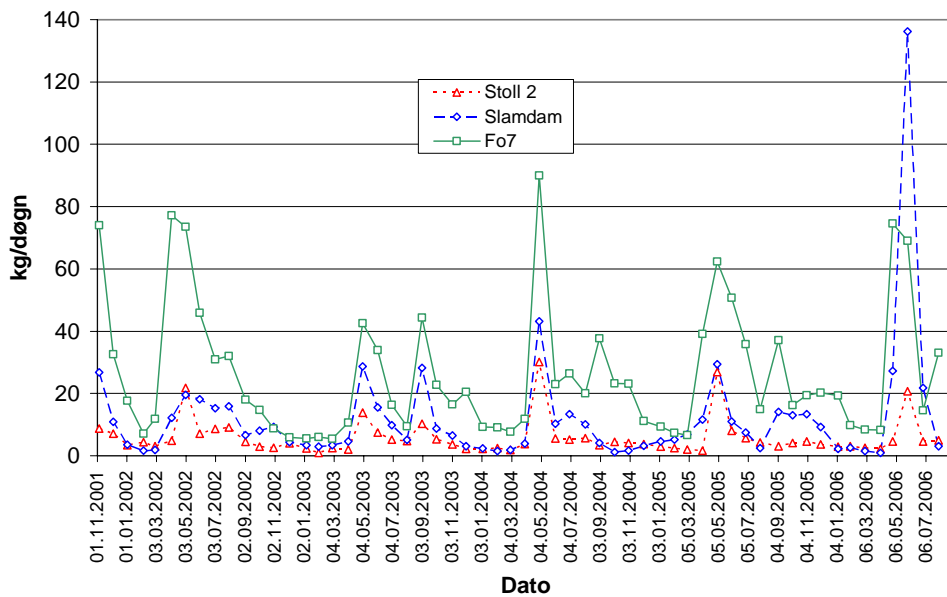
Figur 10. Tidsveiede årsmiddelerverdier for kobber og sink ved stasjon Fo7 Folla ved Folshaugmoen. 1994-2005.

4. Forurensningstransport

Ved hjelp av analyseverdi og vannføringsobservasjon kan en beregne den momentane materialtransport. I figur 11 og figur 12 er fremstilt momentane transportobservasjoner for kobber og sink fra 1.11.2001 til 1.9.2007. I denne perioden har en hatt kontinuerlige vannføringsobservasjoner ved alle stasjoner. I beregningen har en benyttet analyseverdi og døgnmiddelvannføring som beregningsgrunnlag.



Figur 11. Døgntransportverdier for kobber i perioden 2001-2007.



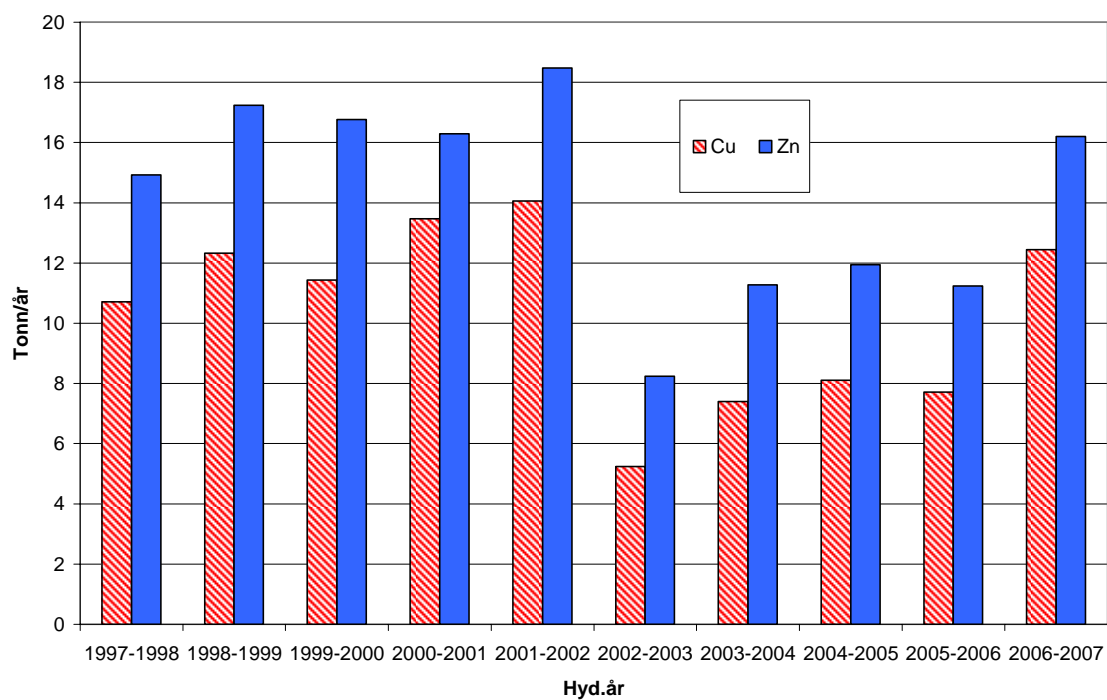
Figur 12. Døgntransportverdier for sink i perioden 2001-2007.

Figurene viser at i nedbørfattige perioder og spesielt om vinteren er tilførslene fra gruva den dominerende kilde. Når det er stor avrenning fra området, er metalltransporten og spesielt sinktransporten vesentlig høyere i Folla enn hva som kan observeres ved utløpet av røret for samlet avrenning (st 2A eller slamdam). En har tidligere vurdert denne effekten slik at når det er stor utvasking fra gruveavfallet i dagen, går store deler av dette drensvannet gjennom grunnen ned til Folla. Løsmassene fanger opp mye treverdige jern og noe kobber, mens sink er mer mobilt og passerer for en stor del gjennom løsmassene. Når det er mye nedbør som regn, kan en observere surt drensvann stående i grøftene som fanger opp overflateavrenning. Dette drensvannet når i liten grad fram til kummene på dreneringsnett. En legger også merke til at de momentane transportverdier var betydelig høyere for st.2A enn for Fo7 i mai og juni 2006. Et forhold som kan ha betydning her er at det ikke har vært mulig å kontrollere vannmengdeloggeren ved høye vannføringer hittil da røret har vært delvis dykket i utløpsbekken. Dette vil bli rettet på innværende høst.

I tabell 5 er samlet beregnet årstransport i Folla nedenfor gruveområdet ved stasjon Fo7 Folshaugmoen. Beregningen er utført ved å multiplisere tidsveiet årsmiddelvei for noen viktige komponenter med årsavrenningen. Årstransporten er sterkt avhengig av klima og nedbørforhold. Det knytter seg også en del usikkerhet til beregningen da prøvetakingstidspunktet om våren ikke alltid faller sammen med tidspunktet da avrenningen av forvitningsprodukter er størst.

Tabell 5. Årstransport i Folla. Hydrologiske år 1997-2006.

	Cu	Zn	Fe	Cd	SO₄	Avrenning
	Tonn	Tonn	Tonn	kg	Tonn	m³
1997-1998	10,7	14,9	145	48,8	2976	243961632
1998-1999	12,3	17,2	179	49,1	3118	245500416
1999-2000	11,4	16,8	157	45,6	3043	253573632
2000-2001	13,5	16,3	186	50,6	3168	266194080
2001-2002	14,1	18,5	169	54,5	3165	259439328
2002-2003	5,2	8,2	79	23,4	1812	156232800
2003-2004	7,4	11,3	118	31,8	2307	198878976
2004-2005	8,1	11,9	116	38,1	2570	237937824
2005-2006	7,7	11,2	105	31,7	2137	197887968
2006-2007	12,4	16,2	142	50,6	3142	259696800



Figur 13. Årstransport av kobber og sink i Folla ved Folshaugmoen. Hydrologiske år 1997-2007.



Figur 14. Folla nedenfor Follidal sentrum.

Foto: Eigil Iversen, NIVA 2005

Tabell 6. Årstransport for gruvevann fra stoll 2

År	Cu tonn	Zn tonn	Fe tonn	Cd kg	SO ₄ tonn	Vannmengde m ³
1993-1994	0,99	0,67	14	2,6	64,4	
1994-1995	5,4	4,1	93	1,6	370	
1995-1996	1,8	1,4	29	2,3	116	
1996-1997	2,9	2,3	48,7	6,5	220	
1997-1998	5,4	3,9	84,9	14,4	379	
1998-1999	5,1	3,5	74,9	13,9	328	
1999-2000	4,5	3,0	63,7	13,3	276	
2000-2001	3,7	2,2	45,4	9,5	183	
2001-2002	5,0	3,2	67,0	12,0	300	27751
2002-2003	3,2	2,2	46,4	7,9	206	18427
2003-2004	3,0	2,2	47,3	7,1	203	17943
2004-2005	4,3	3,1	67,4	10,2	304	28146
2005-2006	4,2	2,8	61,3	9,0	274	23311
2006-2007	5,5	3,4	76,5	11,2	349	29029

Tabell 7. Årstransport for samlet avrenning på drenerørssystem (st.2 1993-2004, st 2A 2004-2007).

År	Cu tonn	Zn tonn	Fe tonn	Cd kg	SO ₄ tonn	Vannmengde m ³
1993-1994	5,6	4,5	57,5	18,2	315	
1994-1995	9,4	8,2	120	26,5	822	
1995-1996	1,9	1,7	20	5,0	110	
1996-1997	4,6	3,8	53,9	8,2	287	
1997-1998	6,1	5,1	72,3	19,5	388	
1998-1999	7,1	5,4	91,8	20,6	457	
1999-2000	9,4	6,8	119	32,8	601	
2000-2001	16,3	9,9	226	45,7	870	
2001-2002	9,0	6,1	102	22,2	549	131544
2002-2003	5,9	4,1	71,2	14,1	369	87696
2003-2004	5,2	3,6	67,2	12,5	347	91229
2004-2005	6,3	4,3	78,3	15,3	428	84878
2005-2006	17,4	11,4	202	38,6	1108	176727
2006-2007	21,3	14,2	232	48,1	1331	223948

5. Samlet vurdering

Avrenningen fra Folldal sentrum har vært fulgt opp med et systematisk program siden 1993 etter at tiltakene i området ble avsluttet. Programmet har omfattet regelmessig prøvetaking ved to stasjoner i gruveområdet og en i Folla nedstrøms Folldal sentrum.

Fra høsten 1997 ble det mulig å beregne forurensningstransporten fra gruveområdene bedre ved at det ble etablert en målestasjon for vannføring i Folla ved Grimsmoen. Høsten 2001 ble måleprogrammet i gruveområdet ytterligere forsterket ved at de to målestasjonene for dreinsvann ble supplert med utstyr for kontinuerlig vannføringslogging. En har nå seks årsserier der beregningene av forurensningstransporten fra området er basert på likeverdige målinger.

Forurensningstransporten fra gruveområdet i Folldal sentrum varierer mye fra år til år avhengig av nedbør og klima. En har benyttet stasjonen i Folla ved Folshaugmoen for å beregne samlet forurensningstransport fra gruveområdet. Ved å sammenholde resultatene for Folla med resultatene for samlet avrenning på dreinsrørnettet i gruveområdet, ser en at tilførselene fra dreinsrørsystemet vanligvis utgjør i området 70-80 % av kobbertransporten i Folla. Når det gjelder sink, utgjør tilførselen fra dreinsrørnettet ca 30-60% av årstransporten i Folla. En har vurdert det slik at avvikene mellom de to målestasjonene har sammenheng med at den delen av overflateavrenningen som ikke fanges opp av dreinsrørnettet tas opp i løsmassene mellom gruveområdet og elva. En konsekvens av å forbedre dreinsrørssystemet i gruveområdet er at tilførselene av spesielt kobber og jern til Folla derved vil øke.

Et annet forhold som også må tillegges vekt er at det på elvestrekningen fra den gamle slamdammen, der sigevannet kommer inn i elva, og ned til Folshaugmoen skjer en utfelling av jernslam som også tar med seg en del kobber i de stilleflytende partiene av elva (se figur 14). Av transportberegningene ser en at jerntransporten de to siste år var mer enn dobbelt så høy ved utløpet dreinsrørssystemet som i Folla ved Folshaugmoen. Kvaliteten på vannmengdemålingene for samlet avrenning ble betydelig forbedret de to siste år etter at målepunktet ble flyttet til en bedre måleprofil. I flomperioder bringes det utfelte slammet i suspensjon igjen. Det løpende prøvetakingsprogrammet er forholdsvis enkelt med prøvetaking en gang pr. måned. Det er derfor ikke alltid at en greier å fange opp episoder med resuspensjon av sedimentert slam. I en tidligere undersøkelse ble det gjennomført daglige prøvetakinger under vårflommen. Det ble funnet at metallkonsentrasjonene varierte svært mye i denne årstiden. Det er derfor mest sannsynlig at den reelle metalltransporten fra gruveområdet er en del større enn den som beregnes med bakgrunn i datamaterialet for stasjonen på Folshaugmoen. I det kommende året 2007-2008 vil en få vite mer hvilke effekter dreineringsarbeidene som ble avsluttet i gruveområdet høsten 2007 får for avrenningsforholdene og for situasjonen i Folla.

I de to siste observasjonsperiodene (2005-2007) var beregnet metallavrenning en del høyere ved st.2A, rør for samlet avrenning, enn for stasjon Fo7 i Folla. Det kan være flere årsaker til dette forholdet. Mye har sammenheng med at mesteparten av årstransporten foregikk i mai måned. Det knytter seg noe usikkerhet til hva konsentrasjonene var ved flommaksimum. En hyppigere prøvetaking i denne perioden ville ha forbedret utsagnskraften. Et mer pålitelig tallmateriale ville en fått dersom en hadde benyttet mengdeproporsjonal blandprøvetaking som prøvetakingsstrategi. Som nevnt ovenfor er det også mulig at transporten som er beregnet for Folla ved Folshaugmoen er underestimert. Det knytter seg også usikkerhet til hvor stor metalltransporten gjennom grunnen er i Folldal sentrum. I siste år har avrenningen vært forholdsvis stor og det har også vært relativt stor overflateavrenning også i de tørre periodene av året. Dette gjør at metalltransporten ved stasjon 2A, rør for samlet avrenning, var en del høyere enn normalt i 2006-2007.

6. Litteratur

- Iversen, E.R., Grande, M. og Aanes, K.J., 1999. Norsulfid AS avd. Folldal Verk. Kontrollundersøkelser etter nedleggelse av driften. NIVA-rapport. L.nr. 4036-99. O-64120. 28. Mai 1999. 91 s.
- Iversen, E.R., 2000. Miljøsikringsfondet Folldal Verk. Oppfølging av forurensningstilførsler fra Folldal sentrum. Undersøkelser i 1999. NIVA-Rapport. L.nr. 4264-2000. O-99155, 13. Juli 2000. 26s.
- Iversen, E.R., 2001. Miljøsikringsfondet Folldal Verk. Oppfølging av forurensningstilførsler fra Folldal sentrum. Undersøkelser i 2000. NIVA-Rapport. L.nr. 4365-2001, O-99155, 2. April 2001. 25s.
- Iversen, E.R. og Knudsen, C-H., 2002. Miljøsikringsfondet Folldal Verk. Utredning av forurensningsbegrensende tiltak i gruveområdet i Folldal sentrum. NIVA-Rapport, L.nr. 4498-2002. O-21711. 60s.
- Iversen, E.R., 2003. Avrenning fra Folldal Verk, Folldal sentrum. Undersøkelser i perioden 2001-2003. NIVA-rapport, L.nr. 4734-2003, O-21709 og 21265. 38s.
- Iversen, E.R., 2004. Avrenning fra Folldal Verk, Folldal sentrum. Undersøkelser i perioden 2003-2004. NIVA-rapport, L.nr. 4934-2004, O-23349. 29s.
- Norges Vassdrags- og Energiverk. Vassdragsdirektoratet. Hydrologisk avdeling, 1987. Avrenningskart over Norge.

Vedlegg A. Analyseresultater

Tabell 8. Analyseresultater 2006-2007. Stasjon 1 – Utløp Stoll 2

Dato	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	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
29.08.2006	2,52	857	11251	309	472	397	2424	175	97,3	0,322	12,6	1,16	3,32	55,9	1,03
29.09.2006	2,59	949	12275	316	601	447	2710	197	119	0,400	14,3	1,30	3,67	54,4	0,54
03.11.2006	2,59	970	12575	320	634	472	2800	204	122	0,415	15,0	1,42	3,91	52,7	0,38
29.11.2006	2,53	753	10898	320	531	404	2390	169	106	0,364	13,1	1,20	3,27	53,0	0,70
02.01.2007	2,66	989	12096	323	611	442	2700	193	125	0,406	14,9	1,30	3,66	54,2	0,53
01.02.2007	2,67	1030	12904	330	654	480	2940	197	130	0,417	15,7	1,35	3,74	53,8	0,36
04.03.2007	2,66	1077	13213	345	603	507	2457	194	140	0,433	16,6	1,44	3,94	54,4	0,30
02.04.2007	2,66	851	9955	312	480	413	2247	134	111	0,323	13,8	1,20	3,25	50,7	0,51
02.05.2007	2,65	919	12575	308	594	417	2790	197	118	0,399	14,5	1,10	3,42	52,6	2,37
01.06.2007	2,44	858	11796	312	575	427	2620	190	112	0,369	14,0	1,20	3,44	52,8	0,72
02.07.2007	2,57	901	12485	322	633	463	2790	203	125	0,414	15,2	1,30	3,72	52,9	0,46
01.08.2007	2,52	904	12168	309	525	432	2744	204	115	0,386	14,1	1,19	3,54	56,4	1,41
Gj.snitt	2,59	922	12016	319	576	442	2634	188	118	0,387	14,5	1,26	3,57	53,7	0,78
Maks.verdi	2,67	1077	13213	345	654	507	2940	204	140	0,433	16,6	1,44	3,94	56,4	2,37
Min.verdi	2,44	753	9955	308	472	397	2247	134	97,3	0,322	12,6	1,10	3,25	50,7	0,30

Tabell 9. Tidsveiede årsmiddelverdier hydrologiske år. Stasjon 1 – Stoll 2

Hyd.år	Obs. antall	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	Ni mg/l	Co mg/l	Mn mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
1993-1994	25	2,58	517,9	5762	217,7	284,7	231,6	1234	90,8	59,8	0,223	0,90	2,09	7,80	33,4	0,47
1994-1995	11	2,89	1002,6	11591	397,5	582,4	443,6	2830	184,0	137,9	0,510	1,24	3,81	15,70	63,7	1,39
1995-1996	12	2,60	894,2	10925	323,8	577,8	444,0	2736	169,3	137,1	0,247	1,35	3,84	14,46	56,3	0,32
1996-1997	12	2,52	862,4	11123	325,3	542,7	402,3	2416	151,3	122,8	0,283	1,22	3,17	13,05	53,1	0,78
1997-1998	13	2,48	757,9	9352	293,5	481,8	363,6	2084	140,9	103,3	0,336	1,03	2,96	10,70	45,2	1,50
1998-1999	11	2,54	764,7	9074	278,6	454,2	341,1	2007	149,7	97,9	0,389	0,95	2,91	10,09	42,2	1,07
1999-2000	13	2,57	838,3	10351	307,7	509,3	407,7	2273	170,1	112,1	0,483	1,08	3,33	12,19	46,7	0,85
2000-2001	12	2,58	885,2	9112	309,8	510,0	417,3	2272	185,4	114,3	0,495	1,17	3,29	14,38	48,3	0,76
2001-2002	11	2,59	854,7	10462	300,1	501,2	394,3	2338	174,6	108,9	0,429	1,11	3,19	13,31	53,0	0,91
2002-2003	12	2,60	934,1	11132	310,2	573,4	434,8	2510	172,2	118,7	0,423	1,31	3,51	27,21	54,6	0,46
2003-2004	12	2,64	942,0	11289	321,5	628,2	439,0	2636	164,7	124,0	0,396	1,31	3,49	14,66	55,0	0,62
2004-2005	12	2,59	894,6	10795	311,0	554,6	411,5	2396	154,0	111,5	0,361	1,45	3,16	13,79	51,9	0,64
2005-2006	12	2,54	894,5	11753	324,0	602,0	442,5	2632	181,1	119,7	0,386	14,6	1,31	3,60	52,9	0,56
2006-2007	12	2,58	921,6	12027	318,0	577,0	442,1	2642	189,0	118,8	0,389	1,26	3,57	14,51	53,5	0,79

Tabell 10. Analyseresultater 2006-2007. Stasjon 2A – Utløp rør for samlet avløp fra gruveområdet

Dato	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	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
29.08.2006	2,55	639	6937	268	318	289	1144	114	78,5	0,280	11,5	1,04	2,35	46,1	1,03
29.09.2006	2,55	575	6557	245	320	270	1160	106	67,9	0,240	9,99	0,93	2,20	40,5	3,31
03.11.2006	2,59	554	5928	252	305	242	1010	97,1	68,8	0,240	9,82	0,92	2,08	37,1	2,53
29.11.2006	2,60	486	6228	248	298	260	1070	102	74,0	0,260	9,95	0,93	2,11	37,4	5,81
02.01.2007	2,67	582	6587	240	329	266	1080	107	66,5	0,230	9,65	0,92	2,21	37,5	2,39
01.02.2007	2,59	661	7722	268	361	317	1406	123	80,2	0,256	11,1	1,04	2,55	39,3	1,03
04.03.2007	2,71	678	8458	278	400	343	1538	128	87,9	0,286	12,1	1,12	2,75	40,2	0,50
02.04.2007	2,59	451	4272	214	223	196	763	69,7	47,8	0,147	7,42	0,67	1,55	28,1	5,08
02.05.2007	2,66	434	4551	162	206	158	849	69,6	44,2	0,140	6,08	0,51	1,33	27,9	4,41
01.06.2007	2,55	380	3802	190	193	159	605	61,6	43,1	0,140	6,66	0,59	1,29	29,8	3,10
02.07.2007	2,50	509	5749	222	291	241	1030	94,6	56,7	0,190	8,8	0,81	1,92	34,9	1,05
01.08.2007	2,62	431	4521	192	217	184	748	71,4	44,9	0,166	7,11	0,61	1,42	36,6	12,89
Aritm.middel	2,60	532	5943	232	288	244	1034	95,3	63,4	0,215	9,18	0,84	1,98	36,3	3,59
Maks.verdi	2,71	678	8458	278	400	343	1538	128	87,9	0,286	12,1	1,12	2,75	46,1	12,89
Min.verdi	2,50	380	3802	162	193	158	605	61,6	43,1	0,140	6,08	0,51	1,29	27,9	0,50

Tabell 11. Tidsveiede årsmiddelverdier hydrologiske år. Stasjon 2A – Utløp rør for samlet avløp fra gruveområdet ovenf. riksv.29.

År	Obs. Antall	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
2004-2005	12	2,55	495,8	5047	195	257	203	923	73,9	50,2	0,180	7,62	0,70	1,63	30,0	2,10
2005-2006	12	2,51	570,7	6271	231	319	261	1143	98,5	64,8	0,219	9,45	0,87	2,08	35,1	4,80
2007-2008	12	2,59	522,6	5839	228	284	239	1016	93,5	61,9	0,210	8,99	0,82	1,94	35,9	4,04

Tabell 12. Analyseresultater 2006-2007. Fo7 Folla ved Folshaugmoen

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Vannf m ³ /s
29.08.2006	7,44	9,04	11,2	527	49,8	53,3	0,170	7,58
29.09.2006	7,19	9,93	13,2	471	47,4	62,3	0,202	5,43
03.11.2006	7,22	9,64	10,6	337	39,5	56,5	0,180	7,21
29.11.2006	7,03	8,91	14,2	989	86,4	96,1	0,332	8,86
02.01.2007	7,25	11,0	14,3	666	54,8	71,6	0,204	3,70
01.02.2007	7,31	11,4	13,9	577	43,5	61,7	0,179	2,40
04.03.2007	7,41	12,1	13,7	523	36,8	64,0	0,170	1,32
02.04.2007	7,29	14,1	21,1	871	94,7	144	0,461	6,54
02.05.2007	7,47	6,82	7,82	544	38,1	43,2	0,140	23,52
01.06.2007	7,32	5,45	5,67	343	19,1	23,3	0,077	37,85
02.07.2007	7,51	6,48	6,36	230	18,0	21,1	0,064	10,18
01.08.2007	7,20	9,90	12,0	482	47,0	51,1	0,160	12,91
Aritm.middel	7,30	9,56	12,0	547	47,9	62,4	0,195	10,63
Maks.verdi	7,51	14,1	21,1	989	94,7	144	0,461	37,85
Min.verdi	7,03	5,45	5,67	230	18,0	21,1	0,064	1,32

Tabell 13. Tidsveiede middelverdier hydrologiske år. Folla ved Folshaugmoen.

År	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l
1994-1995	7,26	10,20	14,1	867	56,7	75,2	0,30
1995-1996	7,29	11,00	13,7	581	35,6	61,7	0,22
1996-1997	7,26	9,32	12,0	548	43,0	62,1	0,19
1997-1998	7,34	9,10	12,2	594	43,8	61,1	0,20
1998-1999	7,32	9,64	12,7	728	50,1	70,0	0,20
1999-2000	7,26	9,59	12,0	618	45,0	66,0	0,18
2000-2001	7,40	9,94	11,9	697	50,5	61,1	0,19
2001-2002	7,32	8,95	12,1	649	54,1	70,9	0,21
2002-2003	7,33	10,87	11,5	504	33,6	52,6	0,15
2003-2004	7,21	10,39	11,6	592	37,2	56,7	0,16
2004-2005	7,24	9,46	10,8	488	34,1	50,2	0,16
2005-2006	7,17	9,50	10,8	529	39,0	56,8	0,16
2006-2007	7,33	9,65	12,1	546	47,9	62,4	0,19