



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT

VOL.: 3, NR.: 53, 2017

Raudsand gruver

Miljøovervåking av avrenning i 2016



EIRIK LEIKANGER
NIBIO Miljø- og naturressurser

TITTEL**RAUDSAND GRUVER - MILJØOVERVÅKING AV AVRENNING I 2016****FORFATTERE****EIRIK LEIKANGER**

DATO: 15.03.2016	RAPPORT NR: 3(53)2017	TILGJENGELIGHET: Oppdragsgiver	PROSJEKT NR.: 8640	SAKSNR.:
ISBN-NR.: 978-82-17-01838-4	ISBN DIGITAL VERSJON: Versjon nr. 01	ISSN-NR.: 2464-1162	ANTALL SIDER: 22	ANTALL VEDLEGG: 1
OPPDRAUGSGIVER: Bergmesteren i Raudsand		KONTAKTPERSON: Harald Storvik		
STIKKORD: vannkvalitet, deponi, sigevann, overvåking		FAGOMRÅDE: Miljøovervåking		

SAMMENDRAG:

Gruveområdet Bergmesteren på Raudsand i Nesset kommune har vært benyttet til deponering av produksjonsavfall fra lokale bedrifter som har drevet sekundær og tertiær aluminiumsproduksjon. Avfallet er fordelt på 2 deponier og består av saltslagg, møllestøv og filterstøv. Deponiene ble i 2005 godkjent for farlig avfall. Denne tillatelsen er nå utløpt og deponiene skal lukkes.

NIBIO (tidligere Bioforsk) har fra den 19. september 2013 hatt i oppdrag fra Bergmesteren å utføre overvåking av vannkvalitet i sigevann og sigevannsmengde fra deponiene. Rapporten presenterer data fra kontinuerlige målinger av vannkvalitet (pH, ledningsevne, turbiditet) og sigevannsmengde i utløpet fra deponiet (gruvegangene) innsamlet i løpet av 2016.

Vannprøvene tatt ut den 08. april og 05. oktober 2016 viste høye konsentrasjoner av aluminium (Al) (hhv. 626 og 694 µg/l), ammonium-N (NH₄-N) (hhv. 56 og 67 mg/l) og flourid (F) (hhv. 15 og 15,8 mg/l). For de prioriterte metallene (As, Cd, Cr, Cu, Ni Pb, Zn og Hg) var påviste konsentrasjoner lave og uproblematisk (tilstandsklasse I og II, konsentrasjon av As marginalt over øvre grense for klasse II).

Kontinuerlige målinger av ledningsevne viste høyt saltinnhold (355 - 441 mS/m) og målt pH har vært stabilt høy (10,3-10,6). Høy pH kombinert med høye konsentrasjoner av NH₄ og Al kan gi toksiske effekter for fisk. Fortynning i resipienten er imidlertid stor, og slike effekter vil kunne oppstå lokalt rundt utslippspunktet.

Det ble ikke påvist hydrokarboner i vannprøvene tatt i 2016.

Årlig estimert sigevannsmengde til Sunndalsfjorden var i 2016 ca. 118 000 m³. Vannprøvetakningen viste et estimert utslipp NH₄-N på ca. 7,8 tonn, Al på ca. 78 kg og F på ca. 1,8 tonn.

LAND: Norge
FYLKE: Møre og Romsdal
KOMMUNE: Nesset
STED/LOKALITET: Raudsand Gruver, Raudsand

GODKJENT**PROSJEKTLEDER****PER STÅLNACKE****EIRIK LEIKANGER**

FORORD

NIBIO (tidligere Bioforsk) har fra den 19. september 2013 hatt i oppdrag fra Bergmesteren i Raudsand å utføre overvåking av vannkvalitet i sivevann og sivevannsmengde fra deponiene i Raudsand Gruver.

Denne rapporten oppsummerer overvåkingen for 2016. Dette inkluderer kontinuerlige målinger med multiparametersonde og uttak av vannprøver våren og høsten 2016.

Rapportering og vurdering av overvåkningsdata er utført av Eirik Leikanger og Roger Roseth. Feltarbeid, vannprøvetaking og vedlikehold av måleutstyr er utført av Eirik Leikanger.

Ås, 15.03.17

Eirik Leikanger

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD.....	3
INNHOLDSFORTEGNELSE	4
1 INNLEDNING.....	5
2 OMRÅDEBESKRIVELSE.....	6
2.1 Deponi.....	6
2.1.1 Deponi 1.....	6
2.1.2 Deponi 2.....	7
2.2 Sigevann.....	7
3 METODE	9
3.1 Kontinuerlige målinger.....	9
3.2 Vannføringsmåling	9
3.3 Vannprøver	9
4 RESULTATER OG DISKUSJON	10
4.1 Sigevann.....	10
4.2 Vannkvalitet	11
5 SAMMENFATTENDE VURDERING.....	17
6 REFRANSER.....	18
VEDLEGG	19
Vedlegg 1: Tilstandsklasser for klassifisering av kystvann (veileder M-608).....	20

1 INNLEDNING

Gruveområdet Bergmesteren på Raudsand i Nesset kommune har vært benyttet til deponering av produksjonsavfall fra lokale bedrifter som har drevet sekundær og tertiær aluminiumsproduksjon (Aluscan, Alumox, Aluvest og Reox). Produksjonsavfallet er fordelt på 2 deponier (deponi 1 og deponi 2) og består av saltslagg, møllestøv og filterstøv. I henholdt til søknad om deponering fra Aluvest i 2002 er saltslagg og møllestøv klassifisert som farlig avfall på grunn av tungmetallinnhold og potensialet for utlekking av giftige og brannfarlige gasser. Filterstøv ble klassifisert som produksjonsavfall. Deponiene ble i 2005 godkjent for farlig avfall (Fagerhaug, 2012). Det pågår nå arbeider med avslutning av deponi 1.

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

2.1 Deponi

Deponiene ligger innenfor det gamle gruvedområdet til Raudsand gruver ved Raudsand i Nesset kommune, Møre og Romsdal. Arealet der deponiene ligger er eid av Bergmesteren Raudsand AS, med unntak av en del av deponi 2 som ligger på eiendommen som eies av Næringsdepartementet (Fagerhaug, 2012).

2.1.1 Deponi 1

Nedbørsfeltet rundt deponi 1 er om lag 12 000 m² stort, av dette utgjør deponiet et område på ca. 10 000 m². Overflaten av deponiet ligger på kote +234 meter over havet. Deponiet ligger over en sjakt/sammenrast gruvesystem (Z-Malmen), som leder vertikalt nedover og har tilknytning til hovedgruven (K+D-Malmen) på kote -150 meter. Rasområde i Z-Malmen ble fylt med morenemasser og noe finstoff, mens gjenværende forsenkning på toppen av denne fyllingen ble benyttet som deponi. Sigevann fra deponi 1 ledes vertikal ned gjennom gruvesystemet (Fagerhaug, 2012; Leikanger, 2014).

Avfallet som ble deponert i deponi 1 består av saltslagg og filterstøv fra gjenvinning av metallisk aluminium. Saltslagget utgjør hoveddelen av avfallet. Dette ble deponert av Aluscan AS, Alumox AS, Aluvest AS og Reox AS, bedrifter som har drevet med sekundær og tertiær aluminiumproduksjon. Alt saltslagg og filterstøv som har vært transportert til Bergmesteren (fra Aluscan fram til 2002, og i ettertid Alumox, Aluvest og Reox) ble lagt i deponi 1 (Fagerhaug, 2012).

Saltslagget består hovedsakelig av aluminiumoksid og 5 % metallisk aluminium, i tillegg til ca. 20 % salt (hovedsakelig natriumklorid). Saltslagg fra produksjonen til Aluscan, som ble deponert før 2002, var angitt å bestå av 60-70 % salt.

I forbindelse med avlastningstiltaket ble det i løpet av 2014 tilført masser til topplaget på deponiet (bilde 1). I to omganger ble det tilført masser, hhv 1 842 og 2 159 tonn, med tilstandsklasse 3 masser (Storvik pers med, 2014).



Bilde 1: Oversiktsbilde av deponi 1 tatt 23. september 2014. På tidspunktet bilde ble tatt er det tilført masser fra på overflaten som en del av avslutningstiltaket.

2.1.2 Deponi 2

Deponi 2 ligger i et tidligere dagbrudd som dekker et areal på omlag 50 000 m². Dagbruddet strekker seg fra kote +240 og ca. 1km nedover til kote +150. Sigevannet samles opp i et lavtliggende område nedstrøms deponiet, hvor det ledes videre i rør til hovedgruven (K + D-malmen).

Kun en mindre del av det totale arealet, ca. 3.800 m², fordelt på to områder, er benyttet for lagring/deponering av møllestøv fra Aluscan. Dette er lagret i storesekker og utgjør til sammen ca. 30.000 tonn (bilde 2). Møllestøvet er deponert i tiden før 2004. Møllestøvet som ble deponert i deponi 2 er mer homogent enn møllestøvet og består hovedsakelig av aluminiumoksid (Fagerhaug, 2012).



Bilde 2: oversiktsbilde av deponi 2, hvor storesekker med møllestøv er deponert. Bilde til høyre viser hvordan sigevannet renner tett gjennom deponert møllestøv før det ledes til gruvegangene.

2.2 Sigevann

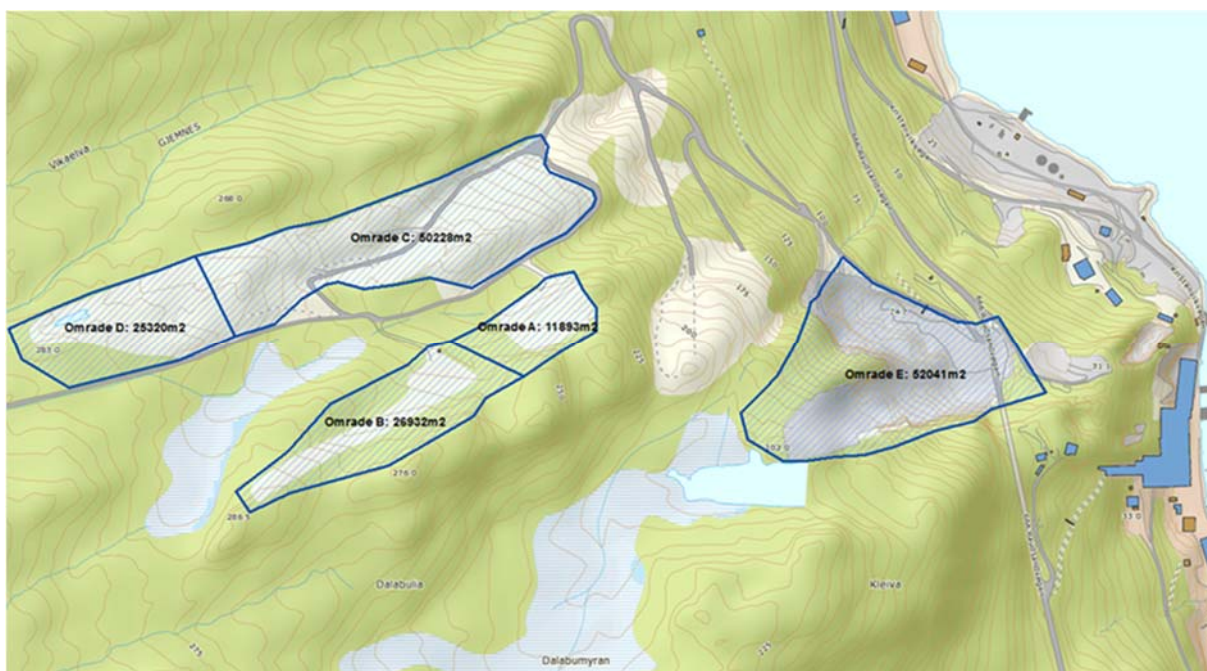
Vannet tilføres deponiene via naturlig nedbør i nedslagsfeltet. Sigevannet fra deponi 1 og 2 samles opp i hovedgruven (K + D-malmen). Sigevannet blir ledet ned til kote - 150 (meter under havet) gjennom gruvegangene, før det vil ledes oppover og slippes til sjoresipient (Sunndalsfjorden). Ved utløpet overvåkes sigevannsmengde og vannkvalitet ved kontinuerlige målinger og uttak av vannprøver. Intensjonen med å lede vannet gjennom det underliggende gruvesystemet var å gi sigevannet lengre strømningsvei og oppholdstid før utslipp til resipient.

Drenering via gruvesystemet kan bidra til fysiske og kjemiske renseprosesser (binding og utfelling) som kan bidra til å redusere innholdet av tungmetaller og andre forurensningskomponenter i sigevannet (Fagerhaug, 2012). Gruvesystemet har også tidligere blitt benyttet som en del av rensingen av prosessvann fra bedriftene som drev med sekundær aluminiumsproduksjon på Raudsand. Dette kan fortsatt påvirke vannkvaliteten i avrenningsvannet fra gruvegangene.

Utløpet fra deponiet (gruvegangene) har tidligere ligget ubeskyttet for inntrengning av fremmedvann. Dette har blant annet medført at prosessvann fra behandlingsanlegg for saltslagg (Real Alloy, tidligere Aleris Aluminium Raudsand) har rent inn i gruvegangene ved utløpet. I 2013 ble det derfor etablert en demning som en fysisk barriere mellom prosessvannet og sigevannet fra deponiet (gruvegangene).

I tillegg til avrenning fra Deponi 1 (område A) og Deponi 2 (område C) mottar gruvesystemet avrenning fra ytterligere 3 nedbørsfelt (figur 1). Det totale nedbørsfeltet som drener til gruvesystemet er ca. 166 000 m², fordelt på 5 delnedbørsfelt med ulik topografi, størrelse og avrenningssituasjon. En grovt estimert avrenningskoeffisient for anlegget er 0,47-0,75 (Leikanger, 2014):

En kartlegging av strømningsveier gjort i oktober-november 2016 indikerte at noen områder burde tas med, samt at noe vann fra et av delnedbørsfeltene i alle fall ved store nedbørsmengder renner ut i Kleivbekken og direkte til sjøresipient (Leikanger, 2016). Det antas at dette ikke vil gi noen vesentlig endring i størrelsen på nedbørsfeltet.



Figur 1: Kart som viser antatt nedbørsfelt som drener til gruvegangene (Leikanger, 2014).

3 METODE

3.1 Kontinuerlige målinger

Det er utplassert logger med multiparametersensorer (MPS) for kontinuerlig overvåkning av vannkvalitet. Loggeren er av typen SEBA UnilogCom med GPRS-forbindelse og MPS er av typen SEBA MPS-D8. MPS er utstyrt med sensorer for turbiditet (0 – 1000 NTU), vannhøyde (trykkcelle), vanntemperatur, pH og ledningsevne.

Loggeren ble forhåndsprogrammert for automatiske målinger hvert 30. minutt og overføring av måledata til server 2 ganger i døgnet. Data legges fortløpende ut på SEBA Hydrocenter (passordbeskyttet nettside) etter hvert som måledata overføres.

3.2 Vannføringsmåling

Utløpet fra oppsamlingsbassenget er etablert med et v-overløp. Vannføringen Q bestemmes med måling av vannhøyde (h) fra MPS plassert i bassenget og en beregnet vannføringskurve hvor V-overløpet har en vinkel på 90°. Vannføringskurven er beregnet med formel 1:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = 1,3095 h^{2,482} \quad (1)$$

3.3 Vannprøver

I 2016 ble det tatt ut vannprøver ved 2 anledninger, 09. april og 05. oktober, ved målepunktet før utslipp til Sunndalsfjorden. Ved prøvetakning 09. april var vannføringen høy 14,5 m³/h, mens vannføringen ved prøvetakning den 29. september var lav/moderat.

Vannkjemiske parametere ble analysert ved eksternt akkreditert laboratorium ALS (Australian Laboratory Service) Scandinavia. Analysene har inkludert pH, ledningsevne, Jern (Fe), aluminium (Al), Natrium (Na), Arsen (As), Kadmium (Cd), Krom (Cr), Kobber (Cu), Kvikksølv (Hg), Sink (Zn), Mangan (Mn), Nikkel (Ni), Bly (Pb), Bor (B), Antimon (Sb), Selen (Se), Florid (F), hydrokarboner (fordelt på fraksjoner), Ammonium-N (NH₄-N) og totalfosfor (Tot-P). Ved prøverunde 14. november ble det gjort en utvidet analyse som inkluderte elementene Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Kalium (K), Klorid (Cl), Sulfat (SO₄), Alkalinitet (titrering til pH 4,5 og pH 8,3), samt sum Nitrat-N + Nitritt-N.

Vurdering av miljøproblematiske metaller er gjort iht. vannkvalitetsklasser for kystvann i M608 (vedlegg 1)

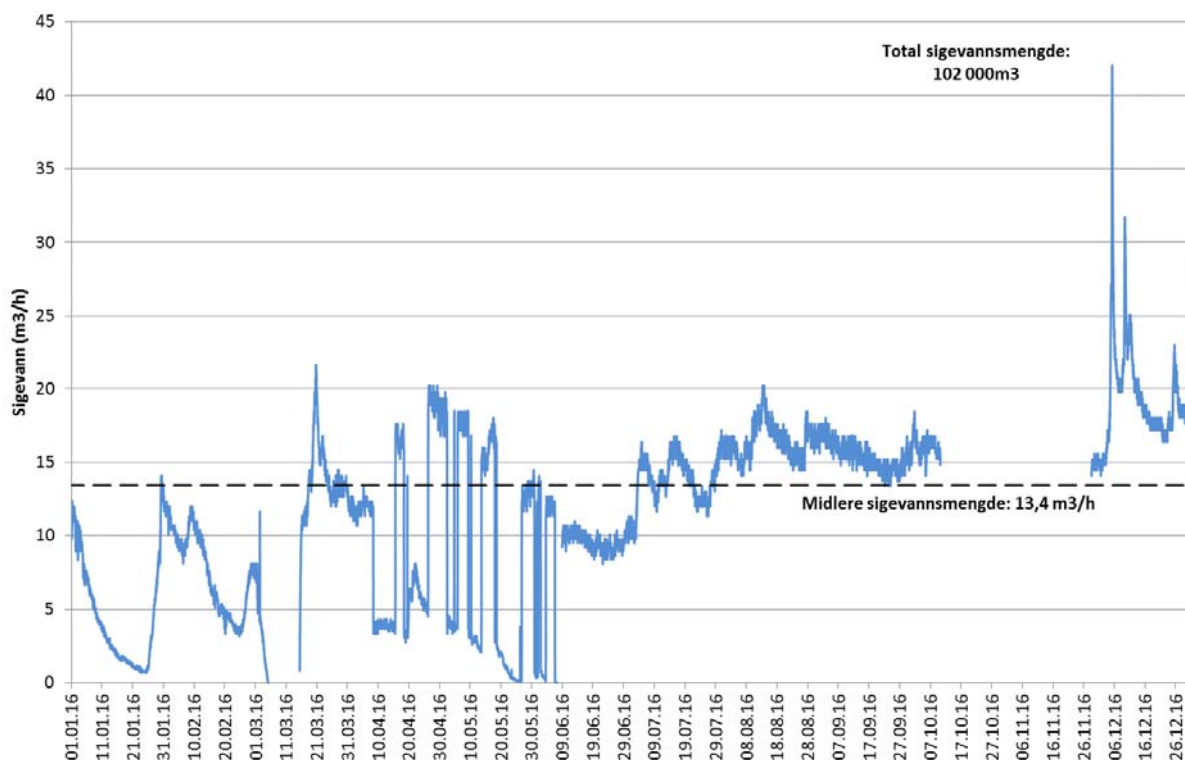
4 RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Sigevann

I 2016 har stasjonen for kontinuerlige målinger av vannkvalitet og vannføring vært ute av drift i perioden 10. oktober – 28. november (49 dager) på grunn av arbeider med ombygginger på fabrikkområdet til Real Alloy (figur 2). For de resterende 317 dagene ble det målt en total sigevannsmengde på ca. 102 000 m³ og en midlere sigevannsmenge på 13,4 m³/h. Estimert sigevannsmengde for hele 2016 er 118 000 m³.

Mellom mars og juni viste overvåkingen en rekke plutselige stopp i vannføringen. Disse plustelige stoppene skyldes at Real Alloy monterte pumper i basseng bak målestasjonen og pumpet opp vann til bruk på anlegget. I disse perioden har det derfor ikke være utslipp direkte fra Bergemsterens eiendom. Den reelle avrenningen fra deponiene har derfor hvert høyere enn målingene skulle tilsi.

Til sammenlikning var målt sigevannmengde i 2014 og 2015 målt hhv. 83 400 og 90 000 m³ (Leikanger og Roseth, 2015; 2016).



Figur 2: Sigevannsmengde ut fra deponiet på Raudsand i 2016.

Tidligere er både den metrologiske stasjonen på Tingvoll (stasjonsnr: 64510) og den metrologiske stasjonen på Sunndalsøra (stasjonsnr: 63420) brukt for estimering av avrenningsmengden fra nedbørsfeltet som dreneres til utløpspunktet på kote +4. Registreringer ved de metrologiske stasjonene i 2016 viste store forskjeller. Ved Tingvoll, som ligger ca. 10 km fra Raudsand og på motsatt side av fjorden, ble det registrert 1368,3 mm nedbør i 2016. Ved Sunndalsøra, som ligger ca. 30 km fra Raudsand og innerst i fjorden, ble det registrert 1086 mm nedbør. De metrologiske observasjonene indikerer store lokale variasjoner.

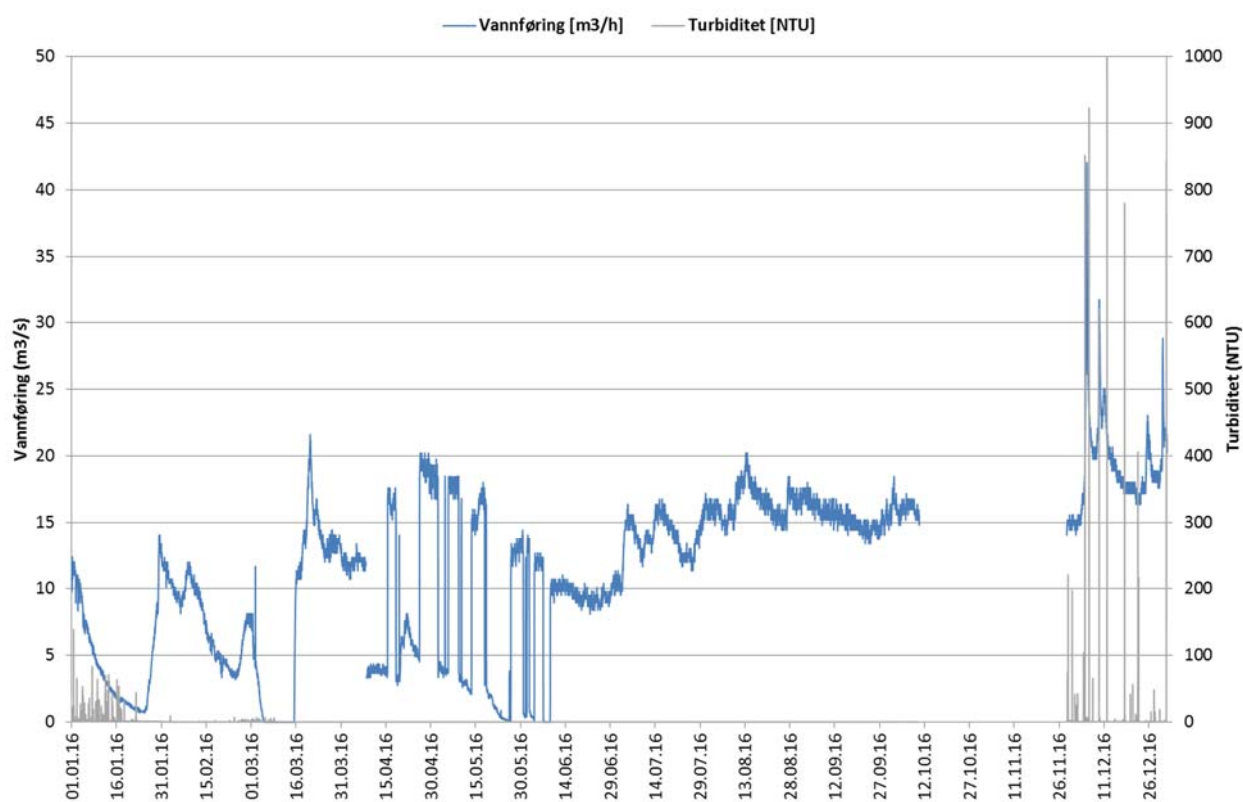
I 2014 ble det gjort et forsøk på avgrensning av nedbørsfeltet (166 000 m²) og gjort en grov vurdering av avrenningskoeffisienter (0,47 - 0,75) (Leikanger et al. 2014).

Estimert avrenning fra nedbørsfeltet basert på disse vurderingene og nedbørsdata fra Tingvoll og Sunndalsøra er hhv 106 700 - 171 500 m³ og 84 700 - 136 100 m³. Målt avrenning (justert for manglete måleperiode) faller innenfor begge intervaller. Det er ikke tatt hensyn til mengden sigevann som Real Alloy har pumpet ut.

4.2 Vannkvalitet

Overvåking av vannkvalitet ved stasjonen på kote +4 viste perioder 3 perioder med økt turbiditet (figur 3). Fra årsskiftet og fram til 22. januar viste målingene flere kortvarige episoder (1-2t) maksimal turbiditet mellom 10 og 140 NTU. I perioden 12. februar - 08. mars viste enkeltmålinger mindre økning i turbiditeten, maksimal 7 NTU. Etter at målestasjonen ble satt i drift igjen den 28 november har målingene vist noen kraftfulle episoder med turbiditet. Enkeltmålinger den 04., 06., 09., 12., 17., 22. og 31. desember viste verdier fra 400 NTU til verdier over 1000 NTU. Flere av disse målingene ble gjort i forbindelse med store nedbørshendelser/ høy vannføring. I tillegg til dette har målingene viste flere enkeltmålinger opp 100 NTU etter i perioden 28. november - 31. desember.

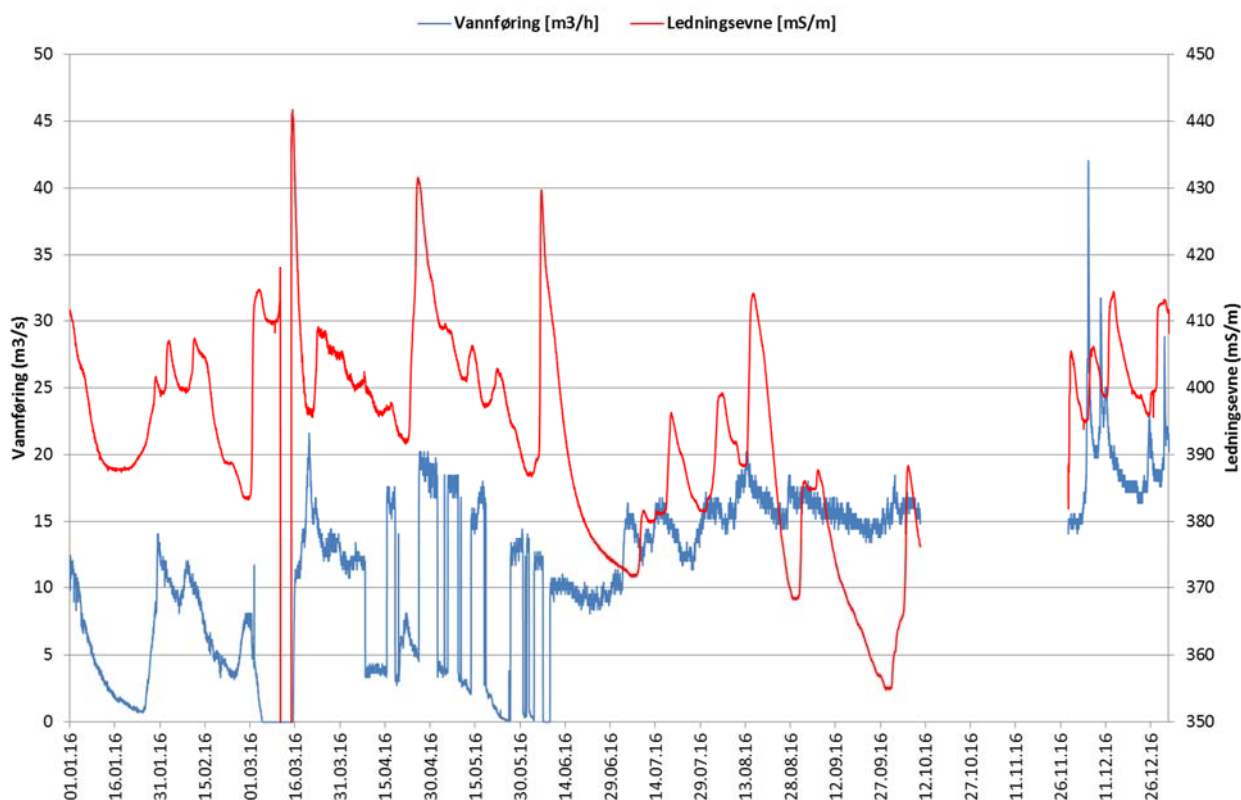
Episoder med økt turbiditet er kortvarige og oppstår i all hovedsak uavhengig av avrenningsepisoder. Uregelmessigheten i disse målingene og at det er samvariasjon med vannføring sannsynliggjør at turbiditeten ikke skyldes avrenning fra deponiene. I 2014 viste overvåkingen også periodisk økt turbiditet når det var drift ved Real Alloy, mens det i perioder med stans i driften ble det ikke målt økt turbiditet (Leikanger et al. 2015).



Figur 3: viser kontinuerlige målinger av turbiditet og vannføring ved utslippspunktet til Sunndalsfjorden i 2016.

Den kontinuerlige målingen av turbiditet og sigevannsmengde gjør det mulig å gi et anslag for partikkeltransporten i systemet, ved summasjon av turbiditet multiplisert med vannmengde. Det er ofte god sammenheng mellom partikkelmengde/ suspendert stoff (SS) og turbiditet dersom kilden til partiklene er den samme. Sammenhengen trenger ikke å være lineær med økt partikkelinnhold, men normalt tilsvarer turbiditet på 1 NTU i størrelsesorden 0,5 – 1,5 mg SS/l (Roseth et al. 2014). Summasjonsberegning av målte verdier tilsier et partikkel utslipp til Sundalsfjorden på 94 – 282 kg for 2016. Det er ikke tatt hensyn til perioden 10. oktober – 28. november.

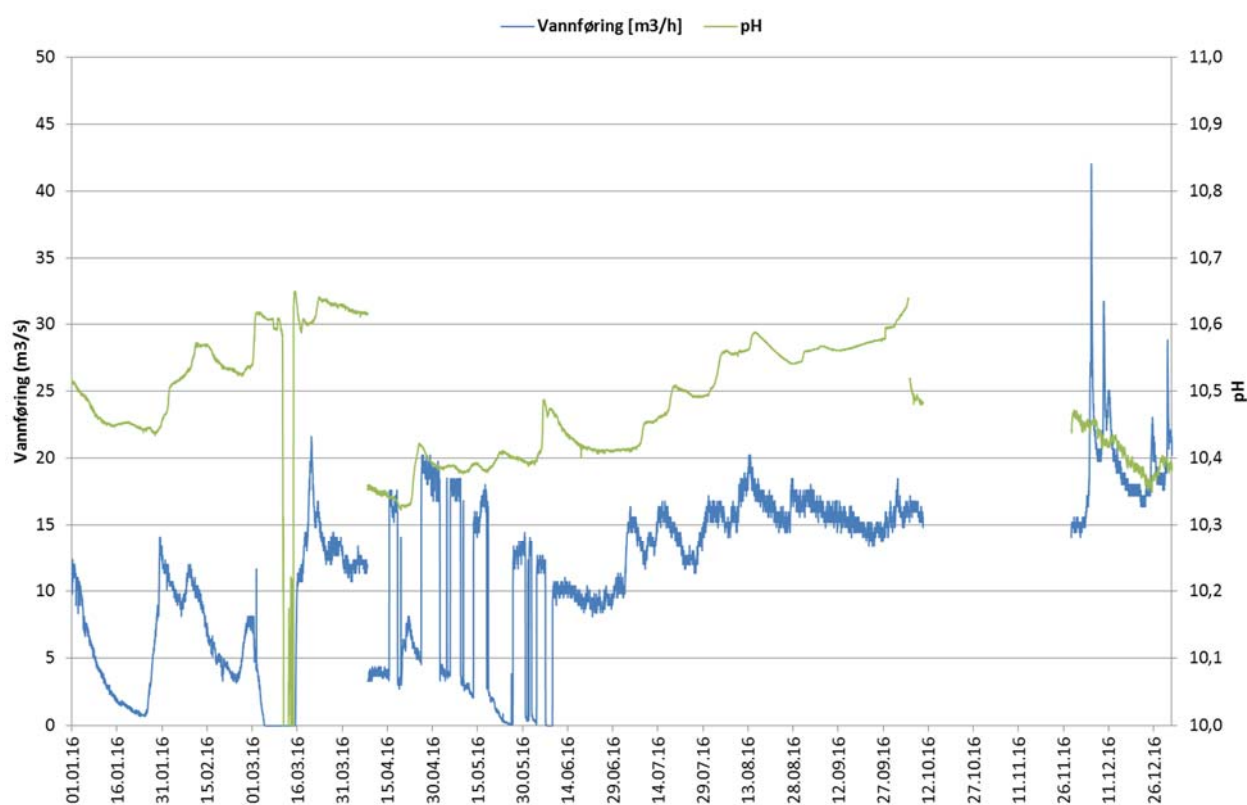
For ledningsevne ble det målt verdier mellom 355 og 441 mS/m (figur 4). I tidligere rapporter er det beskrevet at ledningsevnen fortynnes ved økt vannføring (Leikanger og Roseth 2013; 2014). Målinger fra 2016 og på slutten i 2015 viser at dette til viss grad har endret seg. Under episoder med økt vannføring fram til medio mars øker ledningsevnen ved økt vannføring, mens det i forbindelse med økt vannføring i slutten av mars og i andre halvdel av 2016 måles redusert ledningsevne. I perioden april – juni er det ikke mulig å se noen sammenheng fordi utpumpingen av vann påvirker sigevannmengden (beskrevet i avsnitt 4.1). På grunn av utpipingingen av vann lå MPS helt tørt mellom 11. og 14. mars (ledningsevne = 0 mS/m).



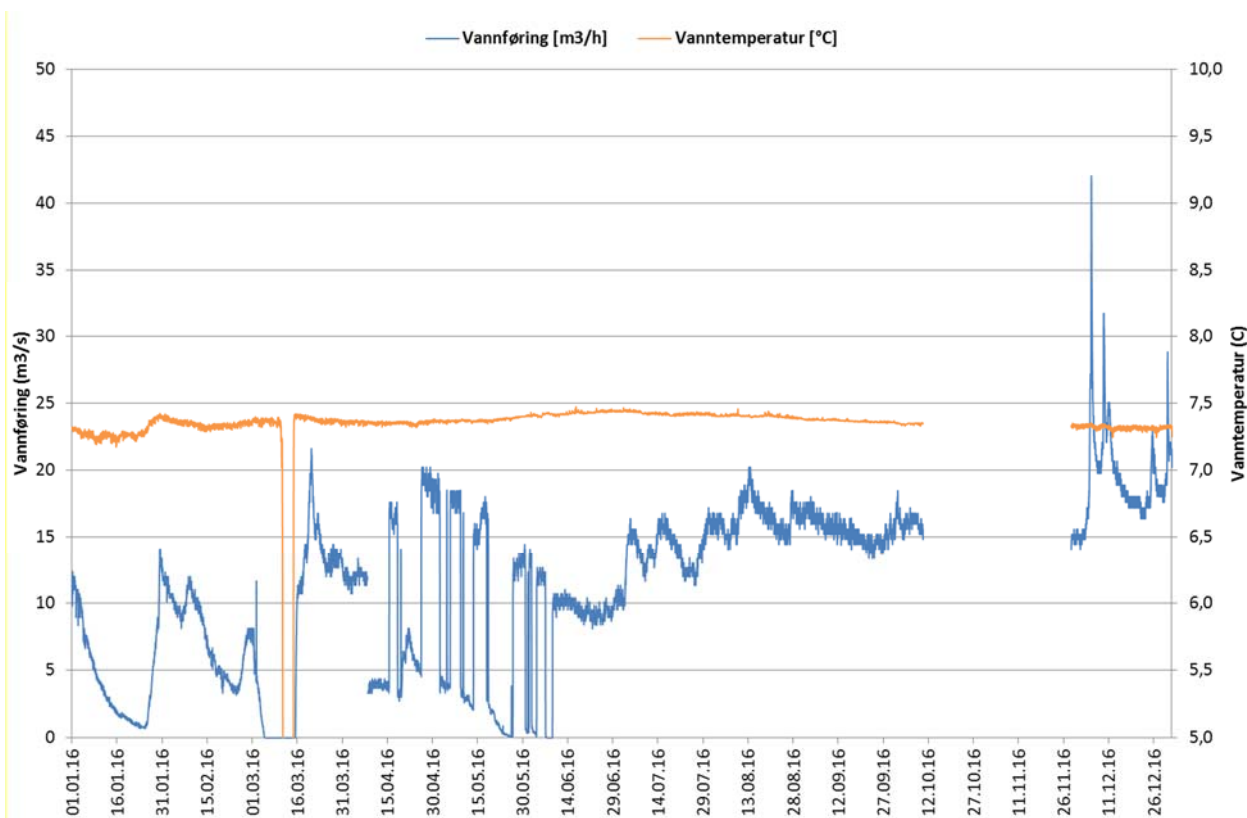
Figur 4: viser kontinuerlige målinger av ledningsevne og vannføring ved utslippspunktet til Sundalsfjorden i 2016.

I likhet med tidligere år har pH målt i sigevannet vært høy og stabil (figur 5). Med unntak av målinger i luft (11. – 14. mars) og målinger rett etter vedlikehold varierte pH mellom 10,3 og 10,6 i 2016. I vannprøvene tatt 08. april og 05. oktober var pH noe lavere enn målt i felt, hhv. 9,7 og 10,1 (tabell 2). I forbindelse med avrenningsepisodene måles det også mindre enringer i pH.

Målinger viste også at vanntemperaturen var stabil gjennom høe sesongen, målt temperatur var 7,3-7,4 °C (figur 6).



Figur 5: viser kontinuerlige målinger av pH og vannføring ved utslippspunktet til Sunndalsfjorden i 2016.



Figur 6: viser kontinuerlige målinger av vanntemperatur og vannføring ved utslippspunktet til Sunndalsfjorden i 2016.

I 2016 ble det tatt ut vannprøver den 08. april og 05. oktober. Rett før prøvetakning 08. april var vannføringen ut av målebassenget 12 m³/h, mens den ved prøvetakning var ca. 3 m³/h (figur 3). Det plutselige fallet i vannføring skyldes utpumping av vann fra bassenget. Vannføringen gjennom gruvesystemet var sannsynligvis og rundt 12 m³/h ved prøvetakning. Ved prøvetakning den 05. oktober var vannføringen 15 m³/h. Begge prøvene var således tatt ved nokså høy vannføring.

Analyser av vannprøvene tatt den 08. april og 05. oktober viste høyere konsentrasjon av total ammonium (NH₄-N + NH₃-N) enn påvist tidligere år (tabell 3 og 4). Gjennomsnittskonsentrasjoner for 2013 - 2015 var mellom 40 – 44 mg/l, mens gjennomsnittlig konsentrasjon i 2016 var 61,6 mg/l. Høy pH (10,3 - 10,6) og vanntemperaturer rundt 7,4°C tilsier at mer enn 78 % av den totale mengden NH₄+NH₃ foreligger i form av ammoniakk (NH₃). Høye konsentrasjoner av NH₃ kan gi lokale toksiske effekter rundt utslippspunktet i Sunndalsfjorden. Fortynning av sigevannet og lavere pH vil raskt motvirke eventuelle toksiske effekter av NH₃. NH₃ er en flyktig forbindelse som kan gi luktproblematikk ved avrenning. Tilstedeværelse av NH₃ kan også gi økt mobilitet for enkelte tungmetaller fordi det dannes vannløselige aminokomplekser. Det totale utslippet av NH₄-N til Sunndalsfjorden i 2016 ble estimert til ca. 7,3 tonn.

Innholdet av nitritt (NO₂-N) i prøvene tatt i 2016 var lavere enn i 2015, påviste gjennomsnittskonsentrasjoner var hhv. 0,91 og 2,74 mg/l. Estimert utslipp i 2016 var 107 kg. Det ble ikke påvist nitrat (NO₃-N) i prøvene.

Tabell 1: Analyseresultater for vannprøver tatt 08. april og 05. oktober 2016, samt gjennomsnittskonsentrasjoner i sigevannet og estimerte utslipp til Sunndalsfjorden i 2016. Fargekoder for metaller referer til tilstandsklasser for kystvann iht. miljødirektoratets veileder M608 (vedlegg 1).

Komponent	Enhet	08.04.16	05.10.16	Gj. Snitt 2016	Antall prøver	Antall prøver < LOQ/LOR	Estimert utslipp 2016 (kg)
pH		9,7	10,1				
Ledningsevne	mS/m	400	372	386	2	-	
Alkalinitet pH 4.5	mmol/l	3	4,78	3,89	2	-	
Ammonium-N (NH ₄ -N)	mg/l	56	67,2	61,6	2	-	7269
Nitrat og nitritt-N	mg/l			-	-	-	-
Nitrat-N (NO ₃ -N)	mg/l	<0.030	<0.060	-	2	2	-
Nitritt-N (NO ₂ -N)	mg/l	1,8	0,0132	0,91	2	-	107,0
P-total	mg/l	0,067	0,084	0,0755	2	-	8,9
As (Arsen)	µg/l	0,642	0,603	0,6225	2	-	0,073
Cd (Kadmium)	µg/l	0,0294	0,0123	0,0209	2	-	0,002
Cr (Krom)	µg/l	0,059	0,0514	0,0552	2	-	0,007
Cu (Kopper)	µg/l	1,08	1,72	1,4	2	-	0,165
Hg (Kvikksølv)	µg/l	<0.002	<0.002	-	2	2	-
Ni (Nikkel)	µg/l	0,99	0,789	0,890	2	-	0,10
Zn (Sink)	µg/l	0,448	1,16	0,804	2	-	0,09
Pb (Bly)	µg/l	0,0398	0,0266	0,0332	2	-	0,004
B (Bor)	µg/l	497	563	530	2	-	62,5
Sb (Antimon)	µg/l	3,76	4,23	3,995	2	-	0,5
Se (Selen)	µg/l	12,1	6,36	9,23	2	-	1,1
Fe (Jern)	mg/l	0,0123	0,0113	0,012	2	-	1,4
Mn (Mangan)	µg/l	12	6,18	9,09	2	-	1,073
Al (Aluminium)	µg/l	626	694	660	2	-	77,9
Na (Natrium)	mg/l	553	528	540,5	2	-	63 779
Ca (Kalsium)	mg/l	97,3	72,1	84,7	2	-	9 995
Mg (Magnesium)	mg/l	3,27	2,42	2,845	2	-	336
K (Kalium)	mg/l	186	176	181	2	-	21 358
Fluorid (F ⁻)	mg/l	15	15,8	15,4	2	-	1 817
Klorid (Cl ⁻)	mg/l	1100	1030	1065	2	-	125 670
Sulfat (SO ₄)	mg/l	91	82,1	86,55	2	-	10 213

Gjennomsnittskonsentrasjonen for aluminium (Al) har i likhet med 2015 også noe økt i 2016. I 2014 var gjennomsnittet av Al 543 µg/l, i 2015 viste prøvene 604,5 µg/l, mens gjennomsnittet for 2016 var 660 µg/l. Estimert utslipp til Sunndalsfjorden i 2016 var 78 kg. Høye konsentrasjoner av Al kan i likhet med NH₃ være toksisk og gi lokale effekter rundt utslippspunktet.

Konsentrasjon av fluorid (F) har vært nokså stabil siden oppstart av prøvetakning (tabell 4). I 2016 var gjennomsnittskonsentrasjonen for de to prøvene 15,4 mg/l, noe som gir et estimert utslipp til Sunndalsfjorden på ca. 1,8 tonn (tabell 3).

Konsentrasjon av de prioriterte metallene (As, Cd, Cu Ni, Pb, Hg, Cr og Ni) i vannprøvene tatt i 2016 var lave (tabell 3). Med unntak av As var tilsvarende påviste konsentrasjoner tilstandsklasse I eller II iht. vannkvalitetsklasser for kystvann (M608, vedlegg 1). Påviste konsentrasjoner av As i prøvene tatt den 08. april og 05. oktober var hhv. 0,642 og 0,603 µg/l, dermed var påvistkonsentrasjon ubetydelig høyere enn øvre grense i tilstandsklasse II som er 0,6 µg/l. Estimerte for totalutslipp av disse metallene lave.

For de øvrige analyserte metallene (B, Sb, Se, Fe og Mn) var påviste konsentrasjoner lave, unntaket var Sb hvor påvist konsentrasjon var moderat. Det ble ikke påvist noen vesentlig endring for metallene sammenliknet med tidligere år.

Påviste konsentrasjoner av Na i vannet var i likhet med tidligere år svært høyt, gjennomsnittlig konsentrasjon i vannet var 540 mg/l. Innholdet av Mg og K var også høyt, med gjennomsnittlige konsentrasjoner på hhv. 84,7 og 181 mg/l. Sammen med NH₄-N var disse kationene i all hovedsak årsaken til den høye ledningsevnen. Av anioner utgjør Cl nesten hele bidraget til den høye ledningsevnen.

Konsentrasjonen av fosfor (P) i vannet var høy, estimert utslipp i 2016 var 8,9 kg.

Det ble ikke påvist hydrokarboner i noen av vannprøvene (tabell 4).

Tabell 2: Analyseresultater for av hydrokarboner i vannprøver tatt 08. april og 05. oktober 2016.

Komponent	Enhet	08.04.16	05.10.16
Fraksjon C5-C10	µg/l	<10	<10
Fraksjon >C10-C12	µg/l	<5,0	<5,0
Fraksjon >C12-C35	µg/l	<35	<35
Fraksjon >C35-C40	µg/l	<10	<10
Fraksjon C5-C40 (sum)	µg/l	<60	<60

Tabell 3: Gjennomsnittskonsentrasjoner og estimerte utslipp til Sunndalsfjorden for analyserte komponenter i vannprøver tatt 2013, 2014, 2015 og 2016.

Komponent	Enhet	2013*				2014				2015				2016**			
		Gj.snitt konsen- trasjon	Antall prøver	Antall prøver < LOD, LOR	Estimert utslipp (kg)	Gj.snitt konsen- trasjon	Antall prøver	Antall prøver < LOD, LOR	Estimert utslipp (kg)	Gj.snitt konsen- trasjon	Antall prøver	Antall prøver < LOD, LOR	Estimert utslipp (kg)	Gj.snitt konsen- trasjon	Antall prøver	Antall prøver < LOD, LOR	Estimert utslipp (kg)
Vannføring	m3				216000				83400				90000				118000
Ammonium-N (NH4-N)	mg/l	40,3	3	-	8712,0	44,0	2	-	3671,4	42,5	2	-	3825,1	61,6	2	-	7268,8
Nitrat og nitritt-N	mg/l	0,779	1	-	168,26	4,32	2	-	360,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrat-N (NO3-N)	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	2	-
Nitritt-N (NO2-N)	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	2,74	2	-	246,2	0,91	2	-	107,0
P-total	mg/l	0,093	3	-	20,09	0,14	2	-	11,9	0,066	2	-	5,9	0,0755	2	-	8,9
As (Arsen)	µg/l	0,63	3	2	0,136	0,63	2	1	0,053	0,797	2	1	0,072	0,6225	2	-	0,073
Cd (Kadmium)	µg/l	0,023	3	-	0,005	0,019	2	1	0,002	0,0365	2	-	0,003	0,0209	2	-	0,002
Cr (Krom)	µg/l	0,302	3	-	0,065	0,250	2	1	0,021	0,0742	2	-	0,007	0,0552	2	-	0,007
Cu (Kopper)	µg/l	10,08	3	-	2,2	1,4	2	-	0,117	1,325	2	-	0,119	1,4	2	-	0,165
Hg (Kvikksølv)	µg/l	-	3	3	-	0,2	2	1	0,017	-	2	2	-	-	2	2	-
Ni (Nikkel)	µg/l	5,3	3	-	1,1	1,305	2	-	0,11	0,901	2	-	0,08	0,890	2	-	0,10
Zn (Sink)	µg/l	-	-	-	-	8,39	1	-	0,70	0,422	2	-	0,04	0,804	2	-	0,09
Pb (Bly)	µg/l	0,32	3	1	0,070	1,9	2	1	0,159	0,064	2	-	0,006	0,0332	2	-	0,004
B (Bor)	µg/l	486,7	3	-	105,1	439,5	2	-	36,7	520	2	-	46,8	530	2	-	62,5
Sb (Antimon)	µg/l	3,0	3	-	0,64	4,855	2	-	0,41	4,68	2	-	0,42	3,995	2	-	0,47
Se (Selen)	µg/l	9,9	3	-	2,15	10,13	2	-	0,85	12,95	2	-	1,17	9,23	2	-	1,09
Fe (Jern)	mg/l	0,138	3	-	29,83	0,033	2	-	2,7	0,021	2	-	1,9	0,012	2	-	1,4
Mn (Mangan)	µg/l	14,9	3	-	3,2	9,405	2	-	0,785	10,65	2	-	0,959	9,09	2	-	1,073
Al (Aluminium)	µg/l	711,0	3	-	153,6	543,0	2	-	45,3	604,5	2	-	54,4	660	2	-	77,9
Na (Natrium)	mg/l	706,3	3	-	152568	583,0	2	-	48646	553,5	2	-	49817	540,5	2	-	63779
Mg (Magnesium)	mg/l	3,0	1	-	648	-	-	-	-	101,2	2	-	9108	84,7	2	-	9995
Ca (Kalsium)	mg/l	98	1	-	21168	-	-	-	-	3,33	2	-	300	2,845	2	-	336
K (Kalium)	mg/l	170	1	-	36720	-	-	-	-	185	2	-	16651	181	2	-	21358
Fluorid (F-)	mg/l	14,8	3	-	3196,8	15	1	-	1251,6	13,95	2	-	1256	15,4	2	-	1817
Klorid (Cl-)	mg/l	1400	1	-	302400	-	-	-	-	1100	2	-	99003	1065	2	-	125670
Sulfat (SO4)	mg/l	100	1	-	21600	-	-	-	-	49	2	-	4410	86,55	2	-	10213

5 SAMMENFATTENDE VURDERING

I 2016 ble sigevannsmengden ut fra gruvegangene målt til 102 000 m³. Målestasjonen var ute av drift i perioden 10. oktober – 28. november på grunn av ombygingsarbeider. Estimering av sigevannmengde for hele 2016 basert på midlere sigevannmengde (13,4 m³/h) tilsier en avrenning på ca. 118 000 m³. Den reelle fra sigevannsmengden fra Bergmesterens område har sann sannsynligvis vært større pga uttak av vann for bruk ved Real Alloy.

Det ble ikke registrert vesentlige endringer i vannkvaliteten i 2016 sammenliknet med tidligere år.

Kontinuerlige målinger viste periodisk økt turbiditet, noe økt sammenlignet med målinger fra 2014. Partikkelholdig vann skyldes sannsynligvis tilførsel av prosessvann fra Real Alloy til gruvesystemet. I sum var partikkeltransporten til resipient lav, men partikler representerer imidlertid en endring av vannkvaliteten. Det kan dermed tenkes at også andre vannkvalitetsparametere var endret under disse episodene. Dette kan påvirke vannkvaliteten ved prøvetidspunktet.

Kjemiske analyser viste høye konsentrasjoner for NH₄, Al, tot-P og F. Konsentrasjon av de prioriterte metallene (As, Cd, Cu Ni, Pb, Hg, Cr og Ni) i vannprøvene tatt i 2016 var generelt lave. Med unntak av As hvor påvist konsentrasjon var marginalt over øvre grense for tilstandsklasse II (iht. M608), tilsvarte påviste konsentrasjoner av de øvrige prioriterte metallene tilstandsklasse I eller II.

Automatiske målinger med MPS viste høy ledningsevne (355 - 441 mS/m) og at den endrer seg med vannføringen. Under episoder med økt vannføring fram til medio mars øker ledningsevnen ved økt vannføring, mens det i forbindelse med økt vannføring i slutten av mars og i andre halvdel av 2016 måles redusert ledningsevne.

Høye konsentrasjoner av Na, Mg, K og NH₄ gir vesentlige bidrag til ledningsevnen. Målinger av pH har høye og stabile verdier mellom 10,3 og 10,6. Høy pH kombinert med høye konsentrasjoner av NH₄ og Al kan gi toksiske effekter for fisk. Ved en vanntemperatur på 7,3 °C. vil mer enn 78 % av den totale mengden NH₄+NH₃ foreligge i form av NH₃. Fortynning i resipienten er imidlertid stor, og slike effekter vil kunne oppstå kun lokalt rundt utslippspunktet.

Det ble ikke påvist hydrokarboner i vannprøvene tatt i 2016.

6 REFRANSER

- Eddy, F.B. (2005). Ammonia in estuaries and effects on fish. *Journal of Fish Biology*, Vol.:67 (6), s.1495-1513.
- Fagerhaug, A. (2012). Deponier i Bergmesteren gruver. Plan for avslutning og etterdrift – Deponi 1. Multiconsult rapport 415281/002. 34s.
- FM Møre og Romsdal (2013). Tiltaksplan forureina sediment i Sunndals-/ Tingsvollfjorden i Møre og Romsdal - Fase II (2005)
- Iversen, E.R. (2001). Aluscan AS, Overvåking av utslipp til sjø. Resultater 2000-2001. NIVA-notat. O-201661.
- Iversen, E., Kolderup, H., Konieczny, R.M., Golmen, L., Lømsland, E.R. og Oehme, M. (1993). Aluscan AS, Miljøvurdering av behandling av saltslagg fra sekundær-aluminiumsindustrien. NIVA-rapport 2883. O-91143. 78s.
- Iversen, E.R., Schaanning, M. (2002). Aluscan AS, Vurdering av midlertidig utslipp til sjø. NIVA-notat. O-201661.
- KLIF (2012). Bakgrunnsdokument for utarbeidelse av miljøkvalitetsstandarder og klassifisering av miljøgifter i vann, sediment og biota. Klima- og forurensingsdirektoratet. TA3001/2012.
- Leikanger, E., Roseth, R., Haaland, S. og Gjemlestad, L. (2014). Raudsand Gruver - Miljøovervåkning av avrenning fra Raudsand gruver 2013. Bioforsk rapport 9 (89) 2014. 11s.
- Leikanger, E. (2014). Estimert og målt sigevannsmengde fra nedbørsfelt som dreneres til gruvesystemet ved Raudsand Gruver. Bioforsk notat 01.10.2014. 7s.
- Leikanger, E og Roseth, R. (2015). Raudsand Gruver - Miljøovervåkning av avrenning fra Raudsand gruver 2014. Bioforsk rapport 10 (58) 2015. 19s.
- Leikanger, E og Roseth, R (2016). Raudsand Gruver - Miljøovervåking av avrenning fra Raudsand gruver 2015. NIBIO rapport 2 (78) 2016. 19s.
- Leikanger, E (2016). Raudsand Gruver – Forsøk med sporstoff i deponi 2. NIBIO notat 04.11.16. 10s.
- Molvær, J. (1990). Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden. Delrapport 6. Vannutskiftning og vannkvalitet. NIVA rapport nr. 2406, Overvåkingsrapport nr. 382/89.
- Næs, K. og Rygg, B. (1988) Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnsfauna 1986. NIVA-rapport 2093, overvåkingsrapport 306/88.
- Roseth, R., Johansen, Ø., Leikanger, E., Nytrø, T.E., Tveiti, G., Rise, Ø. og Skarbøvik, E. (2014) On-line målinger av vannkvalitet i vegutbyggingsprosjekter. Bioforsk rapport 9 (5) 2014/Statens vegvesen rapporter nr. 291. 55S.
- Rygg, B., Pederson, A. og Urisandrud, F. (2003). Kartlegging av miljøtilstand i fjordområdet ved Rausand, Sunndalsfjorden i 2003. Undersøkelser utført for Aluvest AS
- Rygg, & Næs, (1989) Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden. Delrapport 4. Gruveforurensning av fjordbunnen ved Raudsand. NIVA-rapport nr. 2266, Overvåkingsrapport nr. 349/89.
- Urisandrud, F. (2003). Tiltaksplan forurensede sedimenter, Sunndalsfjorden fase 1. NIVA-notat. O-23230.

VEDLEGG

Vedlegg 1: Tilstandsklasser for klassifisering av kystvann (veileder M-608).

Vedlegg 1: Tilstandsklasser for klassifisering av kystvann (veileder M-608).

M608 Kystvann (µg/l)					
Tilstandsklasse	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
	Bakgrunnsivå	Ingen toksiske effekter (AA-EQS)	Kroniske effekter ved langstids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-	Omfattende akutt toksiske effekter
Metaller:					
Kadmium	0,03	0,2			
<40 mgCaCO ₃ /l			0,45	4,5	> 4,5
40- <50 mgCaCO ₃ /l			0,45	4,5	> 4,5
50 - <100 mgCaCO ₃ /l			0,6	6	> 6
100 - <200 mgCaCO ₃ /l			0,9	9	> 9
>200 mgCaCO ₃ /l			1,5	15	> 15
Bly	0,02	1,3	14	57	> 57
Nikkel	0,5	8,6	34	67	> 67
Kvikksølv	0,001	0,047	0,07	0,14	> 0,14
Kobber	0,3	2,6	2,6	5,2	> 5,2
Sink	1,5	3,4	6	60	> 60
Arsen	0,15	0,6	8,5	85	> 85
Krom	0,1	3,4	36	358	> 358



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.

