
RAPPORT

Killingdalområdet, Trondheim

OPPDRAGSGIVER

Trondheim kommune, Miljøenheten

EMNE

Resultater fra overvåkning, 2011 - 2014

DATO / REVISJON: 24. mars 2015 / 00

DOKUMENTKODE: 413750-RIGm-RAP-009_rev01



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Killingdalområdet, Trondheim			DOKUMENTKODE	413750-RIGm-RAP-009
EMNE	Resultater fra overvåkning, 2011 - 2014			TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Trondheim kommune, Miljøenheten			OPPDRAGSLEDER	Erling K. Ytterås
KONTAKTPERSON	Silje Salomonsen			UTARBEIDET AV	Erling K. Ytterås / Silje M. Skogvold
KOORDINATER	SONE: 32V	ØST: 5673	NORD: 70348	ANSVARLIG ENHET	3013 Midt Miljøgeologi
GNR./BNR./SNR.	417 / 66 / / Trondheim				

SAMMENDRAG

I perioden 2010-2011 ble det utført tiltak for å sanere og sikre forurensede masser på Killingdalområdet, som ligger vest for Ilsvika i Trondheim. Området ble fram til ca. 1985 benyttet for prosessering og utskipping av kismalm fra Killingdal gruver i Holtålen. Tiltakene omfattet også riving av bygningsmassen på området.

Målsetningen var å fjerne helse- og sikkerhetsrisiko knyttet til området, samt å stoppe eller redusere tungmetallavrenning til fjorden.

Gjennom oppryddingstiltakene er tidligere diffuse og omfattende utslipp til fjorden stoppet, både fra forurenset grunn og fra forurensede materialer i bygninger (rester fra prosessen). Gjenstående utslipp fra området er konsentrert til to konkrete utløp (rør) i sjøkanten, V2 i nord og V4 i sør. Til disse punktene ledes vann fra en ca. 215 meter lang kulvert som strekker seg under hele anlegget. Under driften av prosessanlegget ble denne benyttet til transport av malm og konsentrater (på transportbånd).

I etterkant av saneringen er det utført prøvetaking og analyse av utslipp til sjøen, i de to utløpene V2 og V4, samt i Killingdalbekken sentralt på området (punkt V3). Prøvetakingen ble i 2011 utført av Multiconsult, og fra 2012 av Trondheim kommune. Siden 2012 er prøvetakingen utført månedlig.

Overvåkningsresultatene viser at det fortsatt pågår utslipp av tungmetaller, og da spesielt sink og kobber, via de to utløpene V2 og V4, mens vannet i bekken er rent. I V2 har nivået av sink siden 2011 ligget omkring 5-15 mg/liter, og kobber omkring 2-10 mg/liter. I V4 var nivåene relativt lave rett etter at saneringsarbeidene var ferdig, men i 2014 var nivået av sink i størrelsesorden 25-35 mg/liter, og kobber omkring 15-20 mg/liter. I tillegg observeres betydelig rustutfelling ved begge utløpene. Denne metallholdige utfellingen vil med tiden kunne vaskes ut som følge av bølge- og tidevannspåvirkning, og spres til sjøbunnen utenfor.

Multiconsult utførte i desember 2014 – januar 2015 undersøkelser for å avklare kilder til og mekanismer for pågående spredning, og mulige tiltak. Undersøkelsene viste at kildene kan være både forurensede masser som ble lagt tilbake på området i forbindelse med saneringen, og gjenliggende materialer som ikke var tilgjengelig for sanering uten uforholdsmessig store inngrep. Pågående spredning er videre et resultat av at vanngjennomstrømningen ikke er fullstendig avskåret. Vann tilføres sannsynligvis ned langs fjellkonturen i bakkant av området. Utstrømningen er beskjeden, og ble i januar anslått til ca. 0,1 liter/sekund i V2, og 0,2 liter/sekund i V4. Basert på strømningsrater og analyseverdier, er transporten av kobber anslått til ca. 155 kg/år, og av sink ca. 220 kg/år. Transporten av arsen er anslått til ca. 87 gram/år, av bly ca. 161 gram/år, og av kadmium ca. 761 gram/år.

En vurdering av videre tiltak for å redusere metallutslippene til fjorden, konkluderer med at det kun er rensing av vannet som er teknisk og økonomisk gjennomførbart. Det er her foreslått at alt vannet ledes til det søndre utslippspunktet (V4), og at rensing her utføres som en kombinasjon av pH-justering, sedimentasjon og filtrering. Rapporten skisserer både straktiltak og permanente tiltak, med tilhørende kostnadsoverslag.

I tillegg til håndtering av pågående utslipp, er det også avdekket behov for sikring av 9 sjakter, der betongen har smuldret som følge av påvirkning fra surt sigevann.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	24.03.2015	Justeringer etter oppdragsgivers gjennomgang	Erling Ytterås	Øystein R. Berge	Erling Ytterås
00	03.02.2015	Utkast	Silje Skogvold / Erling Ytterås	-	-

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn.....	5
2	Overvåkning	5
2.1	Prøvetaking og analyser.....	5
2.2	Analyseresultater.....	7
2.3	Observasjoner og vurdering.....	8
3	Oppfølgende undersøkelser.....	10
3.1	Bakgrunn.....	10
3.2	Befaring 20. november 2014	10
3.2.1	Deltakere	10
3.2.2	Formål.....	10
3.2.3	Observasjoner.....	10
3.3	Befaring 3. desember 2014.....	10
3.3.1	Deltakere	10
3.3.2	Formål.....	10
3.3.3	Observasjoner og prøvetaking.....	11
3.3.4	Analyser og resultater.....	16
3.4	Befaring 27.01.2015.....	18
3.4.1	Deltakere	18
3.4.2	Formål.....	18
3.4.3	Oppmåling i tunneler	18
3.4.4	Vannføring	19
4	Situasjon og mekanismer	19
4.1	Geologi.....	19
4.2	Kobber (Cu).....	20
4.3	Sink (Zn)	20
4.4	Kjemiske forhold	20
5	Vurderinger og anbefalinger	21
5.1	Innledende kommentar	21
5.2	Metallutlekking - årsaksvurdering	21
5.3	Omfang	23
5.4	Tiltaksbehov.....	23
5.5	Tiltaksalternativer	23
5.6	Anbefalte tiltak	24
5.6.1	Strakstiltak	24
5.6.2	Forvitret betong	25
5.6.3	Permanent rens tiltak	25
5.7	Oppfølging etter tiltak	25
6	Estimerte kostnader	26

VEDLEGG

Vedlegg 1: Sammenstilling av analyseresultater, V1, V2, V3 og V4, 2011-2014

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I perioden april 2010 til januar 2011 ble det utført tiltak for å sanere forurenset grunn på Killingdalområdet i Trondheim. Målsetningen var å fjerne helse- og sikkerhetsrisiko knyttet til området, samt å stoppe / minimalisere utlekking til Ilsvika (Trondheimsfjorden). Informasjon om tiltakene som ble utført i 2010-2011 er gitt i Multiconsult-rapport 413750-8 av 11. april 2011. Både før, under og etter disse tiltaksarbeidene har det pågått overvåkning av utslipp til sjø fra tiltaksområdet.

I Multiconsult-notat Miljø 07 «Overvåkningsrapport», datert 17. november 2011, ble det gjort en vurdering av resultatene fra overvåkingen fram til oktober 2011. Det ble da foreslått månedlig prøvetaking i ytterligere tre år, med rapportering til Miljødirektoratet i januar 2015.

2 Overvåkning

2.1 Prøvetaking og analyser

Ved ferdigstillelse av tiltaksarbeidene forelå fem utløp for vann fra området, med mulighet for prøvetaking og overvåkning.

Plassering av prøvepunkt V1-V5 er vist i Figur 1. I Figur 2 er de samme punktene vist, sammen med dreneringsveien for hvert punkt. Her framgår det at antatt forurenset vann kun slippes ut i V2 (utløp nord) og V4 (utløp sør). V1 og V5 er utslippspunkter for vann som dreneres ut i rene masser, over bentonittmembran, mens V3 er et prøvepunkt i bekken sentralt på området. Denne går nå gjennom området uten å berøre forurensete masser.

Regelmessig prøvetaking er utført i hele perioden etter at anleggsarbeidene ble ferdigstilt, i januar 2011.

Prøvepunkt V5 har vært tørt i hele overvåkingsperioden, mens V1 kun sporadisk har vært vannførende. Bekken (V3) er ofte frosset på vinterstid, mens utløpene V2 og V4 har vært vannførende i hele perioden.

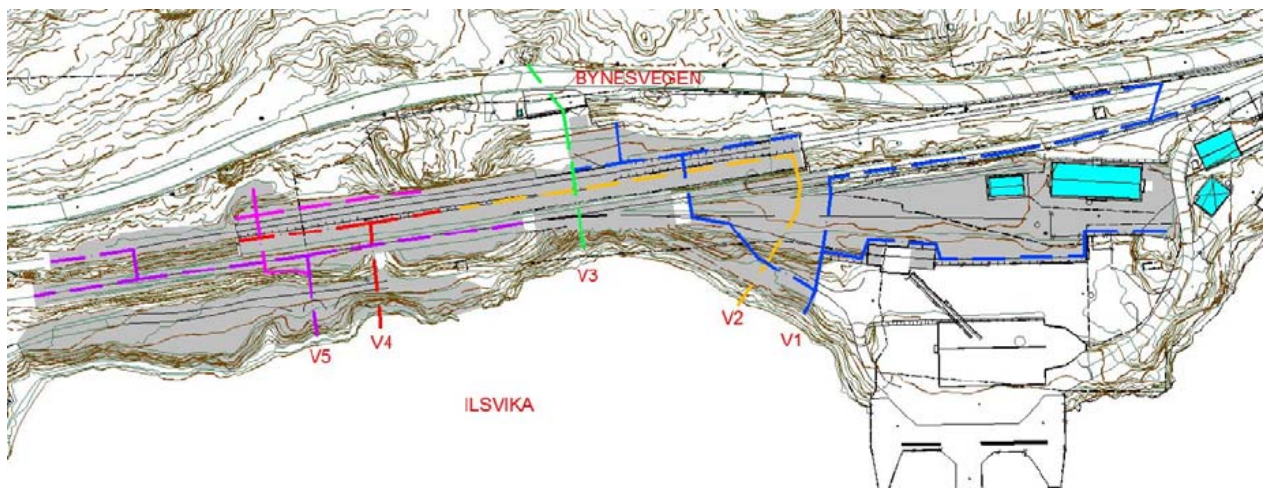
I 2011 ble det tatt vannprøver to til tre ganger i måneden, mens det fra januar 2012 ble tatt vannprøve én gang i måneden. Fra januar 2011 til januar 2012 ble prøvetakingen utført av Multiconsult, og fra februar 2012 av Trondheim kommune.

Laboratorieanalyser er utført av Molab i perioden fram til januar 2012, og av Analysesenteret fra februar 2012 til januar 2015. Prøvene er analysert med hensyn på arsen, bly, kadmium, kobber, krom, nikkel og sink.

I tillegg er det utført feltmålinger av pH og ledningsevne.



Figur 1 Plassering av prøvetakingspunkter, i forhold til ferdigstilte arealer og konstruksjoner.



Figur 2 Punkter for overvåkning av utslipp til sjøen (Ilsvika / Trondheimsfjorden).

V1 = Overflatedrenering nord (BLÅ).

V2 = Drenering i tunnel under tidligere lossesjakter (ORANSJE).

V3 = Bekk (GRØNN).

V4 = Drenering i tunnel under tidligere lagerhall (RØD).

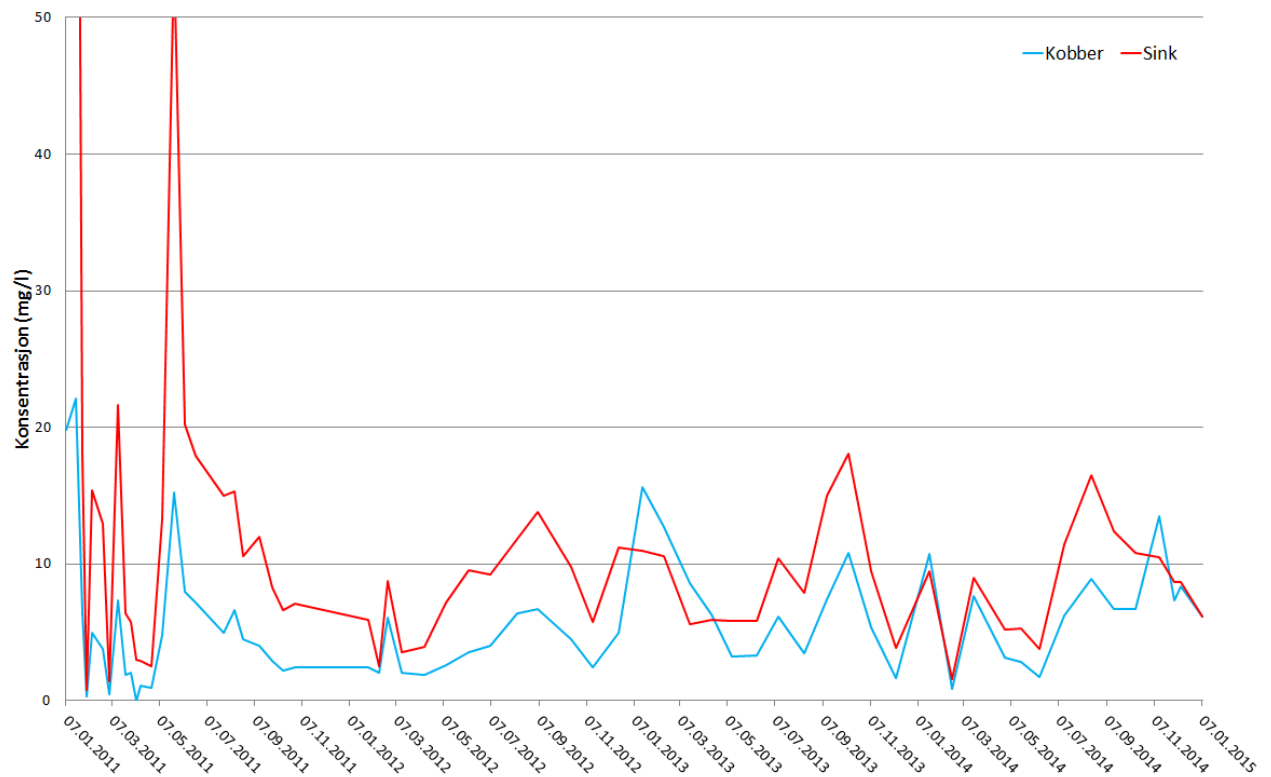
V5 = Overflatedrenering sør (LILLA/ROSA).

Sistnevnte er vist med lilla farge der dreneringen ligger over bentonittmembran, og med rosa farge der den ligger under. V1 og V3 ligger over membran, mens V2 og V4 ligger under.

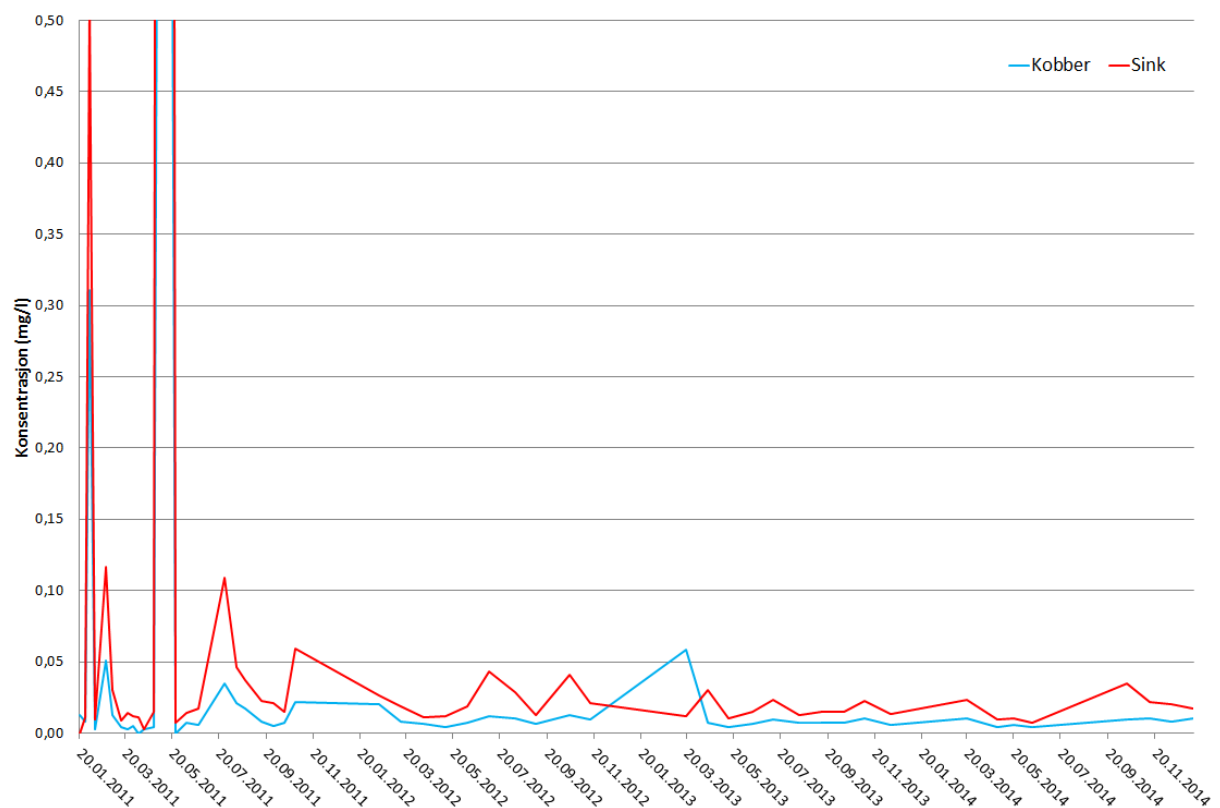
Grå skravur viser arealer med bentonittmembran. Nord er mot høyre i bildet.

2.2 Analyseresultater

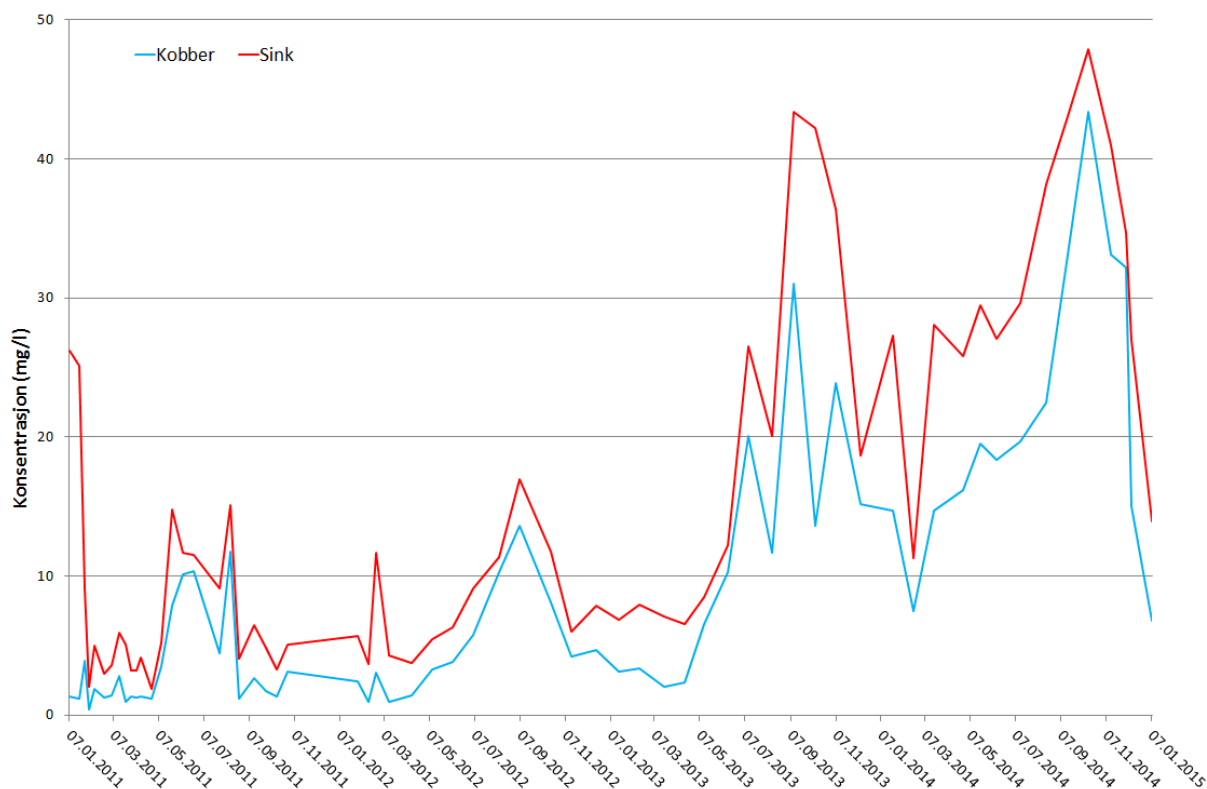
Overvåkningsresultater for perioden januar 2011 til januar 2015 er sammenstilt i vedlegg 1. Nivåene av sink og kobber er også illustrert i Figur 2 - Figur 4.



Figur 3 Nivåene av sink og kobber målt i utløp V2 fra januar 2011 til januar 2015



Figur 4 Nivåene av sink og kobber i bekken, V3, fra januar 2011 til desember 2014.



Figur 5 Nivåene av sink og kobber i utløp V4, fra januar 2011 til januar 2015.

2.3 Observasjoner og vurdering

Følgende observeres (jfr. også oppsummering i Tabell 1):

- Nivå av sink og kobber i utløp V2 har vært relativt høyt, men stabilt. Sink har ligget i området 5-15 mg/liter, mens kobber har ligget i intervallet 2-10 mg/liter. Det observeres ingen avtakende trend, slik man hadde ønsket. Sammenlikning med data fra prøvetaking utført av NGU i 2003, indikerer at situasjonen i V2 er forbedret etter saneringen. Nivå av sink var den gangen i størrelsesorden 300 mg/liter, mens nivå av kobber var ca. 60 mg/liter.
- I bekken (V3) har det i hele måleperioden vært lave nivåer av alle metaller. Dette var som forventet, siden bekken nå passerer gjennom området uten kontakt med stedlige løsmasser. Tidligere gikk denne gjennom oppredningsanlegget og delvis via tunnelen, og var markant metallforurenset.
- Nivå av sink og kobber i utløp V4 var relativt lavt i tiden etter at tiltakene var ferdigstilt, i 2011. Sink lå da i området 2-10 mg/liter, og kobber omkring 1-4 mg/liter. Vannet hadde ca. pH 5. Gjennom overvåkningsperioden observeres en økning. I 2014 lå nivået av sink i området 25-35 mg/liter, og kobber fra 15 til 20 mg/liter. I prøver som ble tatt før saneringstiltakene startet, i mars-april 2010, ble det registrert 40-100 mg/liter av sink, og kobber i området 5-10 mg/liter. Vannet hadde da ca. pH 4
- Det observeres markant, rustfarget utfelling ved både V2 og V4, jfr. Figur 6 og Figur 7. Utfellingen skjer som følge av markant pH-økning, fra pH ca. 3-3,5 i sigevannet som kommer ut, til pH ca. 8 i sjøen. Mesteparten av utfellingen skjer tilsynelatende umiddelbart ved utløpene, men påvirkning fra bølger og tidevann vil medføre spredning til sjøbunnen i tiliggende arealer.



Figur 6 Utfelling ved V2. Fortsetter utover på sjøbunnen, og har resultert i et parti fritt for begroing. Foto tatt 27.01.2015, ved lavvann.



Figur 7 Utfelling ved V4. Foto tatt 27.01.2015, ved lavvann.

Tabell 1 Oppsummering av registreringer i utløp V2 (nord) og V4 (sør).

Utløp	Metall	Før tiltak (mg/liter)	Etter tiltak (2011) (mg/liter)	Nå (2014) (mg/liter)	Observasjoner
V2	Sink	300	5-15	5-15	Kraftig, rustrød utfelling. Sone uten vegetasjon utover på sjøbunnen.
	Kobber	60	2-10	2-10	
V4	Sink	40-100	2-10	25-35	Kraftig, rustrød utfelling. Har trolig gått ned i steinfylling under utløpsrøret.
	Kobber	5-10	1-4	15-20	

3 Oppfølgende undersøkelser

3.1 Bakgrunn

Analyseresultatene og observasjonene viste et klart behov for en nærmere evaluering av situasjonen, og mest sannsynlig også avbøtende tiltak. Multiconsult ble derfor engasjert av Trondheim kommune for å bistå med dette.

3.2 Befaring 20. november 2014

3.2.1 Deltakere

Befaring 20. november 2014 ble gjennomført av Silje Salomonsen og Mette Wanvik fra Miljøenheten i Trondheim kommune, samt Silje Skogvold og Erling Ytterås fra Multiconsult.

3.2.2 Formål

Dette var den første inspeksjonen som ble gjennomført inne i drenstunnelen, etter at opprydningstiltakene ble ferdigstilt. Formålet var å få oversikt over tilstanden, og mulige årsaker til fortsatt lav pH og høye metallnivåer i V2, samt den negative utviklingen som ble registrert i V4.

3.2.3 Observasjoner

Følgende observasjoner ble gjort:

- Lås på dør til adkomsttunnel var ødelagt, og det var spor av at uvedkommende hadde hatt opphold i tunnelen.
- Det står vann i bunnen av tunnelen. Dette strekker seg fra adkomsttunnelen og et godt stykke nordover (mot V2). Mindre utstrekning sørover mot V4. I bunnen av denne dammen er det en betydelig mengde bunnfelt, rustfarget materiale.
- Langsgående drenering i tunnelen fungerer ikke etter hensikten. Frigraving av drenerørret viste at slissene i røret er tette, og at massene i bunnen av tunnelen (singel) er vannmettet opp til toppen av drenerørret (25-30 cm). Vann som står i singelen er rustfarget.
- Det drypper inn vann fra tak og vegger flere steder i tunnelen, både i søndre (V4) og nordre (V2) del. Flere steder observeres rustfargede utfellinger knyttet til vanninnsig. Dette gjelder både innsig i tak og på vegger. Dette kan indikere at forurensning tilføres fra deponerte masser (over taket), men også fra mulig restforurensning som ligger i masser til siden (vest) for kulverten.

3.3 Befaring 3. desember 2014

3.3.1 Deltakere

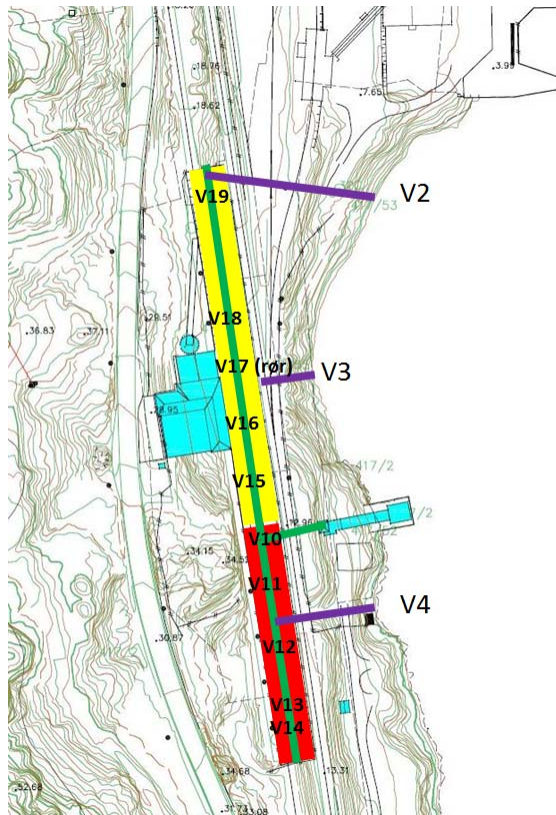
Deltakere ved befaring 3. desember 2014 var Kristin Hestnes, Silje Skogvold og Erling Ytterås fra Multiconsult.

3.3.2 Formål

Det var behov for å foreta en mer grundig inspeksjon av registreringer fra første befaring. Hele tunnelen ble inspisert på nytt, og det ble innhentet prøver av ulike materialer, både væske og fast stoff. Dette omfattet både materialer inne i tunnelen, og ved utløp V2 og V4.

3.3.3 Observasjoner og prøvetaking

Her følger en punktvis oversikt over observasjoner og prøvetaking som ble utført, jfr. plassering av prøvepunkter vist i Figur 8.



Figur 8 Omfang av tilbakefylte forurensede masser. Lagerhallen markert med rødt, og lossesjaktene med gult. Total lengde er ca. 215 meter. Tunneler er markert med grønn strek, og utløp (til V2 i nord og V4 i sør) med lilla strek. Bekken (V3) er også markert med lilla strek. Omtrentlig plassering av prøvepunkter i tunnelen er markert med prøvenummer V10-19.

Utvendig

- V2: Nordre utløp fra drenstunnel. Vann og rustfarget utfelling prøvetatt. Utfellingen strekker seg fra utløpet og langs ei ca. 1-2 meter bred renne uten bunnvegetasjon, minst 5 meter utover på sjøbunnen. Jfr. Figur 6.
- V4: Søndre utløp fra drenstunnel . Vann og rustfarget utfelling prøvetatt. Utfelt materiale er her blandet ned mellom grov steinplastring. Det er ikke synlig utfelling videre utover på sjøbunnen her. Jfr. Figur 7.

Dam rett inn for adkomsttunnel

- V10: Stor vanndam, som starter innerst i adkomsttunnelen og strekker seg nordover fra denne (retning V2). Prøver tatt både av bunnfelling (mektighet ca. 5 cm), og av vann (dybde ca. 25 cm). Det ble tatt én vannprøve som inkluderte vannoverflaten (der det ble observert en film / utfelling, antatt jernoksid), og én prøve uten denne.



Figur 9 Dam i vestre (indre) del av adkomsttunnel. Ca. ved prøvepunkt V10.



Figur 10 Dam fra adkomsttunnel og nordover (retning V2).



Figur 11 Mindre vann i tunnelen sør for adkomsten (retning V4). Men singelen i bunnen av tunnelen er også her mettet med rustfarget vann (mektighet ca. 20-25 cm).

Sør for adkomsttunnel

Denne delen av tunnelen dreneres mot V4. I arealet over var det tidligere en lagerhall med flatt golv, for lagring av konsentrat. Under saneringsarbeidet ble åpninger i golvet, ned mot tunnelen, tettet med betongelementer, før lagerhallen i sin helhet ble gjenfylt med forurensede masser (opp til tilstandsklasse 4) fra øvrige deler av området. Jfr. illustrasjon i Figur 8 og bilde fra utførelsen i Figur 12.



Figur 12 Foto fra saneringsfasen i 2010, som viser betongelementer benyttet for tetting av luker i golvet i lagerhallen. Undersiden av et slikt betongelement er vist i Figur 14.

- V11-1 og V11-4: Prøver tatt i langsgående drensrør. Henholdsvis sediment og vann i røret. Rustfarget utfelling i bunnen av røret, mens vannet var klart.



Figur 13 Prøvested V11-1 og V11-4. Vann står opp til toppen av drensrøret, fordi slissene et gått tett av utfelt materiale. Toppen av røret er skåret av, for inspeksjon og prøvetaking inni røret.

- V11-2: Gulfarget utfelling på vegg mot vest. Antatt å være en svovelholdig utfelling, fra væske som siver inn gjennom sprekk / åpning i veggen.
- V11-3: Rustfarget utfelling på vegg mot vest. Utfelling fra væske som siver inn gjennom hull i veggen.
- V12: Vanninnsig omkring betongelement som ble montert over åpninger i golvet på lagerhallen. Prøve av rustfarget utfelling.



Figur 14 Innsig fra tunneltaket, gjennom en av golvlukene i lagerhallen.

- V13: Mørk brun utfelling på vegg mot vest. Utfelling fra væske som siver inn gjennom hull i veggen.
- V14: Turkis utfelling på vegg mot vest. Antatt kobberholdig.

Nord for adkomsttunnel

Denne delen av tunnelen dreneres til V2. Over tunnelen er det 11 store, traktformede sjakter, konstruert for lossing og lagring av malm, jfr. et eksempel i Figur 15. Disse ble under saneringen av anlegget gjenfylt med forurensede masser, opp til tilstandsklasse 4.



Figur 15 Foto fra saneringsfasen i 2010, som viser den sørligste av lossesjaktene, før tetting av lukene ned mot tunnelen og tilbakefylling med forurensede masser fra øvrige deler av området (opp til tilstandsklasse 4). I denne sjakta ble tetting utført med plasstøpt betongplate. De 11 sjaktene hadde ulik utforming, også i bunnen ned mot tunnelen.

Det er registrert forvitret (smuldret) betong i bunnen av 7 av sjaktene, i varierende grad. Dette er sjakter der det er montert ei vertikal betongplate, før deponering av masser. Konstruksjonen har medført et konsentrert sig av surt vann i bunnen av sjaktene, som har angrepet betongen. Det kan tenkes at denne prosessen har vært hurtig for så å avta, slik at det ikke er risiko for kollaps av disse sjaktene i overskuelig framtid. Men det kan heller ikke utelukkes at effekten vil tilta.

Situasjonen er illustrert i Figur 16, Figur 17 og Figur 18



Figur 16 "Framsiden" av sjakt, med åpning for mating fra sjakt ned på transportbånd.



Figur 17 "Baksiden" av sjakt, bestående av skrå betongplate.



Figur 18 Foto som viser vertikalt betongelement som under saneringen ble montert i bunnen av hver av de 9 sjaktene som har denne utformingen, for å holde deponert materiale på plass.

- V15: Ytterligere prøve tatt av rustfarget bunnfelling i stor dam. Dette er i prinsippet samme materiale som i prøve V10.
- V16: Vanninnslag fra tak.
- V17: Innstrømmende vann fra vegg. Antas å være lekkasje fra bekken (V3).
- V18: Vanndrypp fra betong.
- V19: Vanninnslag fra tak, i bunnen av nordligste sjakt.

3.3.4 Analyser og resultater

Prøver av utfelt materiale og vann ble analysert med hensyn på arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel, sink, jern og svovel. Analysene er utført av ALS Laboratory Group Norway AS.

Resultater fra analyser av fast stoff / utfellinger er gjengitt i Tabell 2, mens resultater fra vannanalyser er gjengitt i Tabell 3.

Tabell 2 Resultater fra analyse av utfelt materiale. Alle konsentrasjoner er gitt i mg/kg TS.

Prøve punkt	Prøve	Arsen	Bly	Kadmium	Kobber	Krom	Kvikksølv	Nikkel	Sink	Jern	Svovel	Beskrivelse
V2	V2	494	8,09	<0.1	279	33,3	<0.2	1	28,7	444000	48000	Utfelling i røret
V4	V4	128	30	0,228	786	83,6	<0.2	0,578	78,9	424000	50700	Utfelling i røret og på steiner nedenfor
V10	V10	2080	11,1	1,06	625	24,5	<0.2	2,34	310	505000	63600	Sediment fra bunnen (står under vann)
V11	V11-1	242	10,9	0,802	578	25,8	<0.2	3,17	481	437000	52500	Utfelling i bunnen av drenerør
	V11-2	241	568	0,783	1070	5,49	1,84	1,34	573	283000	120000	Gul utfelling på vegg
	V11-3	174	140	114	6490	37,4	2,89	12,8	34000	327000	28500	Oransje utfelling på vegg
V12	V12	136	6,83	198	78,9	3,18	<0.2	20,7	38500	414000	1380	Utfelling fra åpning opp til lagerhall.
V13	V13	30,1	834	1,57	2750	145	0,6	11,4	2760	480000	42000	Mørk brun utfelling på vegg. Lys under. Drenerør ble åpnet, men lite vann og utfelling - ingen prøve ble tatt i røret
V14	V14	4,93	83,8	94,3	25400	109	<0.2	121	24100	48800	5710	Turkis utfelling på vegg
V15	V15	1810	26,3	2,47	2640	42,6	0,333	6,83	879	390000	56100	Sediment fra bunnen (står under vann)

Utfellingene i V2 og V4 har relativt lik sammensetning, med litt i overkant av 40 % jern og omkring 5 % svovel. Nivået av arsen og kobber er relativt høyt begge steder, mens nivåene av bly, kadmium, krom, kvikksølv, nikkel og sink er lave.

Når analyseverdiene i V2 og V4 sammenholdes med grenseverdier for sedimenter, fra Miljødirektoratets veileder TA-2229/2007, "Veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment", observeres følgende:

- Kobber er i tilstandsklasse V (svært dårlig) ved begge utløp.
- Arsen er i tilstandsklasse IV (dårlig) ved begge utløp.
- Krom er i tilstandsklasse I (bakgrunn) i V2, og tilstandsklasse II (god) i V4.
- Bly, kadmium, kvikksølv, nikkel og sink er i tilstandsklasse I (bakgrunn) ved begge utløp.

Utfellingen i stående vann i bunnen av tunnelen er representert ved prøve V10 og V15. Denne utfellingen er ikke så ulik den man finner ved V2 og V4, men skiller seg ut med et høyere innhold av arsen og sink.

Den samme tendensen observeres for prøve V11-1, som representerer utfelling i drenerør. Også her er sinknivået høyt, sammenliknet med både V2 og V4. Dette drenerøret leder for øvrig direkte til utløp i V4.

De øvrige utfellingene (V11-2, V11-3, V12, V13 og V14) forekommer i små mengder, V12 i tak og de øvrige på vegger. Det er påvist svært høye konsentrasjoner av sink og kadmium i noen av disse utfellingene.

Tabell 3 Resultater fra analyse av vannprøver i tunnelen og utløp. Konsentrasjoner er gitt i µg/liter, unntatt for jern og svovel (mg/liter).

Prøve punkt	Prøve	Arsen	Bly	Kadmium	Kobber	Krom	Kvikksølv	Nikkel	Sink	Jern (mg/l)	Svovel (mg/l)	Beskrivelse
V2	V2	34,8	7,54	26,1	7320	24,3	<0.02	73,5	8680	89,9	299	Vann fra røret
V4	V4	3,36	22,2	127	32200	31,1	<0.02	121	34700	48,9	310	Vann fra røret
V10	V10-1	938	32,2	36,4	19500	25,4	<0.02	53	11200	395	203	Stående vann på gulvet med tynt brunlig overflatebelegg
	V10-2	39,3	29,4	40,9	21000	19,3	<0.02	70,5	12700	60,7	186	Stående vann
V11	V11-4	1,51	6,87	1,05	63,3	2,41	0,1	1,57	452	0,168	56,6	Klart vann i drenerør
V12	V12	3,21	<0,5	14,1	1,15	<0,9	<0,02	8,81	8340	4,77	75,8	Vann fra åpning opp til lagerhall.
V16	V16	0,974	<0,5	0,323	29,7	<0,9	<0,02	3,58	68,2	0,141	12,2	Vann fra tak
V17	V17	0,989	3,81	2,79	228	<0,9	<0,02	5	983	1,87	27,7	Vann fra vegg, mye vann (mulig bekk?)
V18	V18	454	1080	41,1	13800	21,6	0,122	61,8	16200	363	806	Vann dryppende fra betong, grått slim
V19	V19	58,1	49,5	96,4	50100	48,4	0,0401	153	28900	253	381	Vann dryppende fra tak

Konsentrasjonene i vannprøver fra V2 og V4 var også ved denne prøvetakingen i samme størrelsesorden som observert gjennom forutgående overvåkning i 2014.

Stående vann i tunnelen, fra adkomsttunnelen og nordover i retning V2 (prøve V10-2), har en sammensetning som har likhetstrekk med både V2 og V4.

Vann i drenerør som leder direkte til V4 (V11) inneholder relativt lave nivåer av samtlige analyseparametre. Denne prøven er tatt nord for utløpet til V4, og kan dermed indikere at forurenset vann tilføres V4 fra søndre del av drenstunnelen.

Vann som siger inn fra taket i søndre tunnel (under lagerhallen, jfr. V12) inneholder relativt mye sink (og kadmium), men lite både av kobber og øvrige metaller. Dette kan ha sammenheng med at det var i denne delen av anlegget sinkkonsentrat ble lagret, og betydelige rester av dette lå her da saneringen startet.

I V16 og V17 er forurensningsnivåene relativt lave.

I V18 og V19, de to nordligste innsigene som er prøvetatt, påvises høye nivå av både arsen, bly og kadmium, i tillegg til kobber og sink. V19 er vanninnsiget fra bunnen av den nordligste sjakta, og metallnivåene er her vesentlig høyere enn i V2.

For å sette resultatene i perspektiv, er tilstandsklassene fra Miljødirektoratets veileder TA-2229/2007, «Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann», gjengitt i Tabell 4.

Tabell 4 Tilstandsklasser for vannkvalitet, hentet fra Miljødirektoratets veileder TA-2229/2007, «Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann».

	I	II	III	IV	V
	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Metaller					
Arsen (µg As/L)	<2	2 - 4.8	4.8 - 8.5	8.5 - 85	>85
Bly (µg Pb/L)	<0.05	0.05 - 2.2	2.2 - 2.9	2.9 - 28	>28
Kadmium (µg Cd/L)	<0.03	0.03 - 0.24	0.24 - 1.5	1.5 - 15	>15
Kobber (µg Cu/L)	<0.3	0.3 - 0.64	0.64 - 0.8	0.8 - 7.7	>7.7
Krom (µg Cr/L)	<0.2	0.2 - 3.4	3.4 - 36	36 - 360	>360
Kvikksølv (µg Hg/L)	<0.001	0.001 - 0.048	0.048 - 0.071	0.071 - 0.14	>0.14
Nikkel (µg Ni/L)	<0.5	0.5 - 2.2	2.2 - 12	12 - 120	>120
Sink (µg Zn/L)	<1.5	1.5 - 2.9	2.9 - 6	6 - 60	>60

3.4 Befaring 27.01.2015

3.4.1 Deltakere

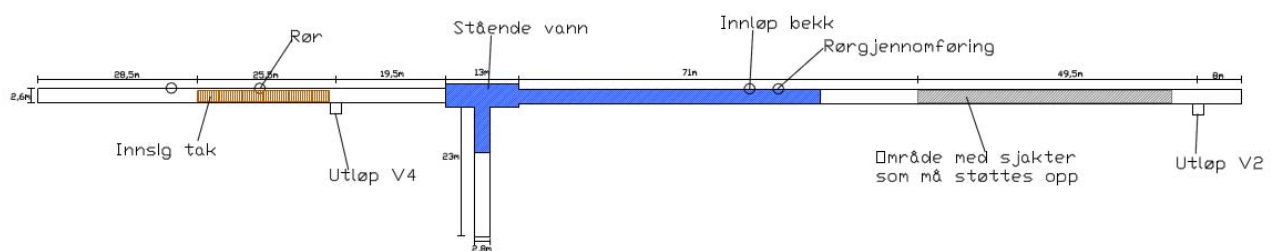
Deltakere ved befaring 27. januar 2015 var Øystein Rønning Berge og Erling Ytterås fra Multiconsult.

3.4.2 Formål

Det ble foretatt en kartlegging av typiske dimensjoner og avstander i tunnelene. Supplerende målinger av vannføringen i V2 og V4 ble også utført.

3.4.3 Oppmåling i tunneler

Resultater fra oppmåling er vist i Figur 19, Figur 20 og Figur 21.



Figur 19 Skisse som viser dimensjonene til tunneler, og beliggenheten til utløp V2 og V4, lekkasjepunkter/vanninnsig og sjakter med behov for oppstøtting.



Figur 20 Tunnelssystem vist på flyfoto fra 2010, da sanering av området pågikk.



Figur 21 Tunnelsystem vist på flyfoto fra 2013, med ferdigstilt parkanlegg.

3.4.4 Vannføring

Følgende vannføring ble estimert 27.01.2015:

- 0,08 liter/sekund i V2
- 0,19 liter/sekund i V4

4 Situasjon og mekanismer

4.1 Geologi

Killingdal gruver drev på en kobberholdig pyritt (svovelkis), og ble drevet frem til 1986. Geologien i Killingdal området er tidligere omfattende beskrevet av Ingolf J. Rui (Rui I. J., 1973). Sidebergartene til malmen er forskjellige skiferbergarter, og beskrevet som hornblendeskifer, klorittskifer, kvartsmuskovittskifer og fyllitt. Malmen fra Killingdal gruver ble fraktet med tog til dette anlegget. Her gikk den kobberholdige pyritten (malmen) gjennom en oppredningsprosess bestående av nedknusning, nedmaling og flotasjon, hvor pyritt ble skilt fra gråberg og sinkblende. Produktene som ble skipet ut var pyritt- og sinkblende-konsentrat. Både Killingdal gruver og oppredningsverket i Ilsvika ble lagt ned og forlatt i 1986.

Følgende fraksjoner av metallforurensede masser fantes på Killingdalområdet før saneringsarbeidene i 2010:

- Spillmalm fra jernbanevogner: Relativ høy konsentrasjon av sink, kobber og arsen.
- Malmrester andre steder på området: Tilsvarende som spillmalm.
- Sinkblendekonsentrat: ~40 % sink og 3 % kobber, samt relativ høy konsentrasjon av kvikksølv, bly og arsen.
- Svovelkiskonsentrat (pyritt): ~40 % svovel, samt relativ høy konsentrasjon av bly og arsen.
- Avgang og andre restprodukter: Høy konsentrasjon av bly, kobber og sink, samt relativt høy konsentrasjon av arsen.

- Slagg: Noe forhøyet konsentrasjon av bly, arsen, sink og kobber.

4.2 Kobber (Cu)

Fra Killingdal gruver ble kobber tatt ut i form av kobberholdig pyritt. Om man fokuserer på avrenning av kobberholdige masser ser man at løselighet, transport og binding av kobber er svært komplekst og ofte lite forutsigbart fordi ulike faktorer trekker i forskjellig retning. Visse faktorer er imidlertid viktigere enn andre for avrenningsbildet. Kobber bindes sterkt til visse organiske komponenter og oksider av jern, aluminium og mangan. Også forekomst av svovel og karbonater gir sterk binding av metallet. I tillegg betyr innholdet av leirmineraler i bindingsmediet mye for tilbakeholdelsen. I jordsmonn, hvor disse komponentene er til stede, kan selv høye konsentrasjoner av kobber medføre liten eller ingen lekkasje av metallet forutsatt at pH ikke er for lav. Ved lav pH går kobberet i løsnings- og bindingsplassene i jordsmonnet inntas som regel av aluminium- og hydrogen-ioner (Al^{3+} og H^+).

Under aerobe forhold (tilstedeværelse av oksygen) kan oksider av jern, aluminium og mangan spille en viktig rolle ved fiksering av kobber. Er forholdene anaerobe (uten oksygen) går kobberet i løsnings- og transporteres bort, eller tungt løselig kobbersulfid dannes der mobilt svovel er til stede. Kobberet danner stabile komplekser med humussyrer i omdannet torv og råhumus, og bindingen kan være like sterk som i oksider av mangan og jern. Bindingen overstyrer imidlertid av pH som påpekt over. Kobberet frigis ved nedbrytning av det organiske materialet. Vurdert opp mot hverandre er pH og redoksreaksjon (kjemisk reaksjon der et stoff blir redusert og et annet blir oksidert) de viktigste faktorene når det gjelder mobiliteten og risikoen for avrenning av kobber til omgivelsene.

4.3 Sink (Zn)

Sink opptrer i forskjellige former som sulfider, karbonater eller silikater. I malmen fra Killingdal gruver var sinkblende et av hovedmineralene. Sink er et metall som oksiderer lett, og pH er den faktor som påvirker løseligheten av sink mest. Metallet felles ved både lav og høy pH, hvorpå det gunstigste pH-området for felling ligger på rundt 9. I områder hvor det finnes *kalsiumkarbonat* (CaCO_3) i løsmassene, skjer det en sterk binding av metallet. Er forholdene anaerobe med negativt redoksreaksjons potensial og tilstedeværelse av svovel, dannes det uløselig sinksulfid. Ved tilstedeværelsen av organiske syrer dannes det komplekse bindinger av sink. Disse bindingene skjer over hele pH-skalaen mellom pH 4 og pH 12, og dette kan være av stor betydning i områder med avrenning av humussyrer fordi de organiske kompleksbindingene ikke bunnfelles, men følger vannstrømmen.

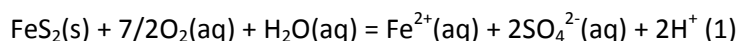
4.4 Kjemiske forhold

Siden mineraler og konsentrater som er funnet på området i hovedsak er kobberrik pyritt og sinkblende, gis her en kort innføring i oksideringsprosessene for disse mineralene.

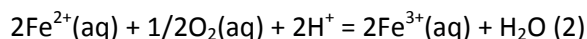
Følgende tekst er hentet fra Flaathen, Loe og Aagaard (2013):

"Oksideringsprosessen av pyritt (FeS_2) har vært grundig studert av blant andre Lowson (1982), Nordstrom (1982) og Rimstidt og Vaughan (2003). Prosessen kan deles inn i tre viktige reaksjoner:

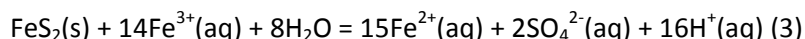
Den første reaksjonen er oksidering av pyritt som skjer når vann og oksygen er til stede. I denne reaksjonen frigjøres toverdig jern (Fe^{2+}), sulfat (SO_4^{2-}) og syre (H^+):



*Produksjonen av H^+ senker pH-en i vannet og gjør det surt. Bakterien *A. ferrooxidans* bruker et elektron fra toverdig jern og omvandler det til treverdig jern. Bakterien driver pyrittoksidasjonen ved å danne treverdig jern:*



Det treverdige jernet oksiderer pyritt:



Det hastighetbestemmende leddet i oksideringen av pyritt er omgjøringen av Fe(II) til Fe(III) (Singer og Stumm 1970). Det sure sigevannet kan inneholde en rekke grunnstoffer, men vanligvis er Fe og Al hovedkationene og SO_4 hovedanionen. pH i vannet kan variere fra 3,5 til 5 (Nordstrom og Alpers 1999). Oppløsningshastigheten til de fleste mineraler øker med lav pH slik at potensielt giftige tungmetaller som for eksempel kobber, bly, kadmium og nikkel, og metalloider som arsen og antimon, lages ut med det sure sigevannet og forgifter bekker og elver."

Videre vil såkalte reduksjons- og oksidasjonsprosesser styre den naturlige konsentrasjonen av tungmetaller i sur avrenning fra gruvedrift, samt i vannmasser og sedimenter. I systemer som inneholder svovel vil det være av stor betydning for metallkonsentrasjonen i avrenningen om svovelet er i oksidert tilstand (som sulfat, SO_4^{2-}) eller i redusert tilstand (som sulfid, H_2S). Når sulfat dominerer, kan konsentrasjonen av metaller være høy fordi det ikke finnes noen løselighetsbegrensninger som leder til utfelling av metaller. Det motsatte er tilfelle under reduserende forhold hvor innskuddsmetaller, som f.eks. Co, Ni, Pb og Cd, kan binde seg til sulfider og felles ut (Domenico og Schwartz 1998, Flaathen Loe og Aagaard 2013).

5 Vurderinger og anbefalinger

5.1 Innledende kommentar

Tiltakene som så langt er utført på Killingdalområdet, har medført en betydelig reduksjon av tungmetallutslippene fra området til fjorden. Diffus og ukontrollert tilførsel er stoppet, og gjenværende forurensningstransport er begrenset til to definerte utløp fra drenstunnelene på området, V2 og V4.

Metallnivåene i vannet som føres ut via V2 og V4 er fortsatt for høye. Dette gjelder spesielt for kobber og sink, men vannet inneholder forhøyede nivåer også av en rekke andre metaller. Ved begge utløpene forekommer dessuten en markant, rustfarget jernutfelling, som også kan påvirke sedimentkvaliteten på sjøbunnen utenfor.

I tillegg er det behov for sikring av et antall sjakter med smuldret betong, i nordre del av anlegget.

5.2 Metallutlekking - årsaksvurdering

Det er flere potensielle kilder til fortsatt utlekking av surt, metallholdig sigevann fra Killingdalområdet:

1. Masser deponert i lagerhall og lossesjakter, jfr. Figur 8. Til sammen utgjør dette ca. 7.500 tonn (3.250 m^3) masser i tilstandsklasse 1-3 og ca. 10.500 tonn (5.250 m^3) masser i tilstandsklasse 4. Deponeringen er utført med sikte på å minimalisere vannpåvirkning, ved at det er lagt ut et drenerende lag av ren sand/grus i mektighet 30 cm langs vegger og i bunnen av både lagerhall og sjakter, så langt praktisk mulig. Deponiarealet er overdekket med bentonittmembran og 1 meter rene masser, og det er etablert drensledninger som har til formål å avskjære vanntilførsel fra høyereliggende terreng i vest.

2. Utilgjengelige masser med ukjent volum, vest for veggen i drenstunnelen under lagerhallen, samt vest for enkelte av sjaktene. Dette var massevolumer som ikke ble undersøkt eller sanert i 2010, siden tilgang på disse betinger at lagerhallen og sjaktene rives.
3. Belegg og rester i drenstunnel, lagerhall og sjakter. Under saneringen ble det utført mekanisk rengjøring av tilgjengelige flater, men ikke spyling eller vask. Det vil derfor forekomme belegg og rester både på betong- og fjelloverflater, og dette kan inneholde høye metallkonsentrasjoner (jfr. kapittel 4.1).

Vann som siger inn og drypper ned fra luker i lagerhallen og fra bunnen av sjakter, kan stamme både fra deponerte masser og fra belegg på golv og vegger i konstruksjonen over. Vanninnsig fra vest i tunnelen, spesielt under lagerhallen, kan stamme fra utilgjengelige masser.

Vanninnsigene er godt synlige når man går i tunnelen, men den totale vanntransporten ut fra området, som er godt definert i V2 og V4, er likevel begrenset. Målingen 27.01.2015 viste i størrelsesorden 0,3 liter/sekund totalt for de to utløpene (ca. 18 liter/minutt), men vannføringen vil variere noe over året.

Innsig av vann i tunnelen viser at avskjæring av vann fra høyereliggende terreng mot vest ikke fungerer optimalt. Svært bratt terreng og stedvis fjell i dagen medfører at det er teknisk svært krevende å oppnå en fullstendig avskjæring her.

Vanninnsiget antas i ingen eller liten grad å skyldes lekkasjer gjennom bentonittmembranen over deponiarealet.

I den grad deler av forurensningstilførselen skriver seg fra deponerte masser, kan noe av årsaken til den negative utviklingen man ser i V4 (med økende metallnivåer, og avtakende pH) være endringer i redoks-forholdene i deponimassene, dvs. i hovedsak oksygentilgang og pH. Massene ble i 2010 flyttet fra et annet miljø, der metallene kan ha vært mer stabile.

Som illustrert i kapittel 4.4, vil oksideringsprosessene til en viss grad være selvforsterkende i masser med tilstrekkelig tilgang på vann og oksygen. Hvor lenge prosessen vil være aktiv i deponimassene, avhenger av hvor stort volum som er vannpåvirket. Dette gjelder trolig massene i en viss mektighet opp fra bunnen, og inn fra sidene – men ikke hele volumet som er deponert.

5.3 Omfang

Målt vannføring 27. januar 2015 var som nevnt 0,08 liter/sekund i V2 og 0,19 liter/sekund i V4.

Med utgangspunkt i analyseresultatene fra prøvetaking utført av Trondheim kommune i perioden januar 2014 til og med januar 2015 (jfr. vedlegg 1), er transport / utlekking fra området til fjorden estimert for de 7 tungmetallene som er inkludert i analysene. Resultat fra beregningene er vist i Tabell 5.

Tabell 5 Beregning av forurensningstransport til fjorden, fra utløp V2 og V4

	Enhet	Arsen	Bly	Kadmium	Kobber	Krom	Nikkel	Sink
V2: Snittverdier jan 2014 - jan 2015	mg/liter	0,019	0,017	0,027	6,641	0,018	0,076	9,057
V4: Snittverdier jan 2014 - jan 2015	mg/liter	0,005	0,017	0,107	21,201	0,021	0,102	30,321
V2: Transport, forutsatt 0,1 liter/sek	kg/år	0,058	0,054	0,084	20,943	0,057	0,239	28,563
V4: Transport, forutsatt 0,2 liter/sek	kg/år	0,028	0,106	0,677	133,722	0,131	0,642	191,243
Sum transport	kg/år	0,087	0,161	0,761	154,664	0,188	0,881	219,807

Som vist her, er estimert tilførsel av kobber ca. 155 kg/år, og av sink ca. 220 kg/år. Tilførselen av arsen er ca. 87 gram/år, av bly ca. 161 gram/år, og av kadmium ca. 761 gram/år.

Ved å sammenholde disse transportdataene med analyser av utfelt materiale ved V2 og V4, presentert i Tabell 2, er det tydelig at utfellingsgraden for metallene i kontakt med sjøvann varierer. Sink er påvist i lave nivå i utfellingene (tilstandsklasse I), mens kobber er i tilstandsklasse V. Sett i forhold til transportraten, er det arsen som forekommer i høyest nivå i utfelt materiale (tilstandsklasse IV).

5.4 Tiltaksbehov

Avdekkede skader på betong i bunnen av lossesjakter, i nordre del av drenstunnelen, utløser behov for sikringstiltak for å unngå at disse kollapser på sikt. En slik kollaps kan blokkere drenstunnelen helt eller delvis, samt gi setningsskader i parkområdet over. I første omgang er det identifisert behov for utbedring av 7 sjakter, men også de 2 siste (nordligste) sjaktene må utbedres samtidig, fordi tilgangen til disse blir hindret når det gjøres tiltak på de 7 første.

Tungmetallutslippene er fortsatt høyere enn det som kan aksepteres, og viser ingen avtakende trend. I utløp V4 har tungmetallinnholdet tilsynelatende økt, spesielt i 2014. Utslippene kan påvirke effekten av tiltak i Renere havn (tildekking i Ilsvika), og avbøtende tiltak er påkrevet.

5.5 Tiltaksalternativer

Alternative avbøtende tiltak for å stanse eller redusere metallutlekkingen, er:

1. Oppgraving og bortkjøring av masser, med sikte på å fjerne kilden(e) til fortsatt utlekking.
2. Stoppe tilførsel av vann.
3. Behandle vann før utslipp til V2 og V4.

Både alternativ 1 og 2 vil innebære svært omfattende terrenginngrep, og vil være krevende å gjennomføre.

Oppgraving og borttransport av deponerte forurensede masser vil beløpe seg til minimum kr 10 millioner eks.mva., og i tillegg kommer da tilførsel av rene erstatningsmasser og reetablering av parkarealene, som fort kan beløpe seg til det samme. Og fortsatt vil man ikke ha noen garanti for at utslippene er fullstendig stoppet, siden det mistenkes at andre restforurensninger (i tillegg til de

deponerte massene), samt forurenset belegg på bergkonturer og betongoverflater, også bidrar til utslippene via V2 og V4.

For at man i enda større grad skal kunne avskjære vanntilførsel som kommer ned langs fjelloverflaten i bakkant (fra vest), vil det være nødvendig å grave ned til fjell langs hele bakkanten av deponiområdet. Her må det så etableres en form for betongkanter (delvis nedsprenget i fjell), som kan fange opp og lede vannet mer effektivt utenom anlegget. Dette vil kreve omfattende inngrep i de ferdige overflatene og konstruksjonene, og en uregelmessig fjellkontur samt oppsprekking innebærer uansett at en fullstendig oppsamling av vann ikke vil oppnås.

Kun tiltaksalternativ 3 vurderes som realistisk, både av hensyn til arbeidsomfang, konsekvenser for eksisterende parkanlegg / gang- og sykkelveg, kostnader og sannsynligheten for at tiltaket skal ha ønsket effekt. Den samlede vannføringen i V2 og V4 er relativt beskjeden, slik at vannmengden som må håndteres i et lokalt renseanlegg er overkommelig.

5.6 Anbefalte tiltak

5.6.1 Strakstiltak

Følgende tiltak anbefales gjennomført innen kort tid:

1. Tilsette kalk i dammen inne i tunnelen, for utfelling av metaller. Vannet som står i tunnelen prøvetas for å verifisere at metallinnholdet er tilstrekkelig lavt, før det eventuelt pumpes til sjøen via røret som går til V4. Vannmengden anslås til 50 – 100 m³ (avhengig av hvor mye vann som vil sige ut fra singel i øvrige deler av tunnelen).
2. Bunnfelt materiale i dammen fjernes ved hjelp av slamsugebil, og transporteres til godkjent mottak. Mengdeanslag 20 – 30 tonn.
3. Det foretas en høydeoppmåling / nivellering i tunnelen, for å få oversikt over høydeforløp for tunnelgolvet. Denne oversikten er en forutsetning for gjennomføring av tiltak beskrevet i neste punkt.
4. Tette utløpsrør som går til V2, slik at alt vann fra tunnelen ledes til utslipp i V4. Dette vil forenkle etablering og drift av et anlegg for vannrensing, som da vil bli liggende i nærheten av adkomsttunnelen. Utløp V2 vil dessuten bli vanskelig tilgjengelig etter at gjennomføring av oppstøttingstiltak på sjakter.
5. Etablering av åpne drengrofter på tvers av tunnelen, med tilhørende hull på langsgående drengrør for å slippe vannet inn. Dette bør gjøres for hver ca. 20. meter langs hele tunnelen, fordi slissene i drengrøret nå er tette, og permeabiliteten i singelen er kraftig redusert – begge deler som følge av utfelling.
6. Kutte røret som går til utløp V4, og grave bort singelen i bunnen her. Etablere en ca. 15 cm høy terskel i innløpet til røret mot V4. Legge ut et 5 cm lag med knust kalkstein, for felling. Legges ca. 10 meter fra innløpet til V4, til hver side i hele tunnelbredden.

I tillegg må det vurderes en midlertidig sikring i sjøen utenfor utløp V4, med partikkelsperre (siltskjørt). Hensikten med dette er å sørge for at bunnfelt materiale ikke spres utover i Ilsvika. Denne sikringen beholdes til tiltak i tunnelen er ferdigstilt, inklusive permanente tiltak. Område omkring utløp V4 må mudres / rengjøres i forbindelse med demontering av partikkelsperren.

Sjøbunnen utenfor V2 kan med fordel mudres / rengjøres så snart tilførselen til dette utløpet er stoppet.

5.6.2 Forvitret betong

Totalt 9 sjakter bør utbedres ved oppstøtting, for å unngå skadelige setninger på overflaten, og i verste fall / på sikt kollaps og tetting av tunnelen. I oppstøttingen må det etableres rør som samler opp og leder vannet ned til tunnelgulvet, uten kontakt med betongoppstøttingen. Oppstøttingen bør også utstyres med utsparring som sikrer fortsatt adkomst til nordenden av tunnelen. Langsgående drenerør, som leder vannet mot V4, skal også passere oppstøttingene.

5.6.3 Permanent rensiltak

Et permanent anlegg for rensing av vann foreslås etablert i tunnelen innenfor utløp V4. Dette vil da bli liggende ca. 50 meter fra tunnelportalen (hvorav adkomsttunnel 25 meter, og avstand sørover fra denne 25 meter).

Følgende prinsipielle oppbygning foreslås:

- Fellings- og filteranlegg i separate kammer, adskilt med betongvegger på tvers av tunnelen.
- Om mulig modulbasert, slik at fellings- og filtermaterialer enkelt kan skiftes ut ved behov / metning.
- Materialer velges på grunnlag av laboratorieforsøk. Aktuelle materialer kan være knust kalkstein for utfelling, og olivin eller knust kalkstein for filtrering. Det antas uansett å være behov for minst 2 trinn, med felling før filtrering, for å hindre at filteret går tett og må skiftes innen kort tid.
- Anlegget bør ikke utformes slik at det er behov for pumping og andre prosesser avhengig av mekaniske / elektriske innretninger.
- Anlegget bør dimensjoneres slik at utskifting av fellings- og filtermaterialer ikke må utføres oftere enn hvert 3. år, helst sjeldnere.

5.7 Oppfølging etter tiltak

Overvåkning anbefales inntil videre videreført med samme hyppighet, dvs. månedlig. Prøvetaking bør utføres ved lavvann, og vannføring må måles / estimeres. I den videre overvåkingen foreslås prøvetaking i punktene V1, V3 og V5 sløyfet, siden disse ikke fører forurenset vann. Prøvetaking videreføres i V2 (fram til dette utløpet eventuelt tettes) og V4.

Det vil være behov for regelmessig tilsyn også inne i tunnelen, fortrinnsvis med tilsvarende hyppighet som overvåkingen. Tilsynet bør omfatte kontroll av rensiltak, og av tilstanden for øvrig i tunnelen. I tillegg må det påses at adkomsten til tunnelen til enhver tid er forsvarlig avlåst.

Utskifting av filter og fellingsagenter må utføres ved behov. Intervall for dette fastsettes ved prosjekteringen av anlegget. Utskifting kan også bli påkrevet som følge av utviklingen i måleresultater ved utløpet.

6 Estimerte kostnader

Følgende kostnadsnivå antydes (eks.mva.):

- Gjennomføring av strakstiltak: ca. kr 300.000,-
- Lab.forsøk og prosjektering av tiltak (betong, renseanlegg, etc): ca. kr 500.000,-
- Oppstøtting av 9 sjakter: ca. kr 600.000,-
- Etablering av fellings- og filteranlegg: ca. kr 1.000.000,-

Oppfølging og drift:

- Overvåkning, analyser og inspeksjon: ca. kr 100.000,- pr. år
- Fjerning av bunnfelt materiale, og utskifting av fellings- og filtermaterialer – utføres hver 3. år (?): ca. kr 150.000,- pr. år

Vi vil presisere at det er stor usikkerhet knyttet til disse estimatene, slik at en ved budsjettering bør regne et påslag på minimum 30 %.

Dato	pH	Ledningsevne	Arsen	Bly	Kadmium	Kobber	Krom	Nikkel	Sink
		mS/cm	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter
27.01.2011	4,3	210	<0,005	<0,005	0,001	0,026	0,006	0,003	0,028
02.02.2011	5,5	162	<0,005	<0,005	<0,001	0,026	0,001	<0,001	0,03
24.03.2011		193	<0,005	<0,005	<0,001	0,022	0,006	0,001	0,034
31.03.2011	5,7	334	<0,005	<0,005	<0,001	0,011	<0,001	0,001	0,061
07.04.2011	5,8	111	<0,01	0,005	<0,001	0,014	0,005	0,005	0,033
13.04.2011	5,0	111	<0,01	<0,005	<0,001	0,089	0,058	0,002	0,023
13.10.2011	5,0	100	<0,010	<0,005	<0,0005	0,032	0,003	0,005	0,034
24.02.2012			<0,01	<0,005	<0,0005	0,019	0,002	0,003	0,036
13.08.2013	7,6	333	0,00119	0,00078	0,000212	0,0576	0,0014	0,0051	0,0523
10.10.2013	7,4	165	<0,00063	0,00041	0,000088	0,0365	<0,0013	0,0016	0,0312
10.12.2013	7,2	340	<0,00063	0,00023	0,000146	0,0145	<0,0013	<0,0013	0,0439
19.03.2014	7,4	378	<0,00063	0,00022	0,000129	0,0172	<0,0013	<0,0013	0,0366
11.12.2014	7,6	290	0,00064	0,00026	0,000115	0,0234	<0,0013	0,0015	0,027
08.01.2015	7,1	540	<0,00063	<0,00013	0,00021	0,019	<0,0013	<0,0013	0,0556

Dato	pH	Ledningsevne	Arsen	Bly	Kadmium	Kobber	Krom	Nikkel	Sink
		µS/cm	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter
07.01.2011	5,5	1181	0,010	0,108	0,202	19,80	0,015	0,231	75,90
20.01.2011	2,7	1250	0,010	0,148	0,286	22,10	0,029	0,249	109,00
27.01.2011	5,7	946	0,018	0,071	0,054	6,44	0,003	0,073	18,00
02.02.2011	5,0	155	<0,005	0,039	0,003	0,31	0,046	0,030	0,75
09.02.2011	5,0	929	<0,005	0,071	0,046	4,92	0,010	0,066	15,40
23.02.2011	5,0	619	<0,005	0,032	0,039	3,8	0,009	0,056	12,9
04.03.2011	5,8	158	0,007	0,250	0,003	0,4	0,025	0,023	1,4
15.03.2011	2,9	982	0,010	0,054	0,064	7,3	0,013	0,092	21,6
24.03.2011		1460	0,009	0,037	0,019	1,9	0,006	0,024	6,4
31.03.2011	4,0	435	<0,005	0,026	0,019	2,0	0,006	0,028	5,7
07.04.2011	5,7	261	<0,01	0,049	0,014	0,0	0,052	0,046	3,0
13.04.2011	4,7	414	<0,01	0,076	0,010	1,1	0,058	0,047	2,9
27.04.2011	4,8	269	<0,01	0,022	0,008	0,9	0,031	0,029	2,5
11.05.2011	3,2	634	<0,01	0,028	0,042	4,8	0,010	0,059	13,3
25.05.2011	2,7	1116	<0,01	0,059	0,101	15,2	0,031	0,181	54,4
08.06.2011	2,9	565	0,033	0,041	0,068	8,0	0,017	0,095	20,2
23.06.2011	2,8	812	0,018	0,016	0,059	7,2	0,018	0,080	17,9
28.07.2011		2252	0,023	0,023	0,050	4,9	0,011	0,075	15,0
12.08.2011	2,7	817	0,029	0,026	0,043	6,6	0,013	0,079	15,3
23.08.2011	3,1	601	0,027	0,026	0,032	4,5	0,009	0,050	10,6
13.09.2011	3,1	756	0,045	0,049	0,038	4,0	0,012	0,050	12,0
29.09.2011	3,5	1474	0,019	0,038	0,025	2,9	0,008	0,041	8,3
13.10.2011	2,6	1715	0,012	0,016	0,021	2,2	0,007	0,292	6,6
28.10.2011	2,4	860	0,010	0,012	0,023	2,4	0,008	0,038	7,1
31.01.2012			0,014	0,014	0,019	2,4	0,009	0,042	5,9
14.02.2012			0,004	0,012	0,007	2,0	0,003	0,019	2,5
24.02.2012			0,057	0,058	0,029	6,1	0,013	0,044	8,8
13.03.2012			0,011	0,034	0,011	2,0	0,006	0,023	3,5
12.04.2012			0,006	0,023	0,012	1,9	0,005	0,024	3,9
10.05.2012	3,3		0,003	0,004	0,020	2,6	0,008	0,048	7,1
07.06.2012	3,2		0,005	0,017	0,023	3,5	0,010	0,058	9,6
05.07.2012	3,1		0,006	0,011	0,025	4,0	0,015	0,063	9,3
09.08.2012	3,0		0,059	0,023	0,031	6,4	0,020	0,084	11,8
05.09.2012	2,9	2100	0,024	0,060	0,039	6,7	0,022	0,093	13,8
18.10.2012	3,1	1830	0,022	0,029	0,026	4,5	0,014	0,062	9,8
15.11.2012	3,2	1500	0,019	0,020	0,017	2,4	0,008	0,038	5,8
18.12.2012	3,1	1800	0,010	0,012	0,030	5,0	0,015	0,081	11,2
17.01.2013	3,0	1800	0,068	0,024	0,031	15,6	0,018	0,074	11,0
14.02.2013	3,1	1730	0,038	0,013	0,028	12,7	0,015	0,084	10,6
19.03.2013	3,3	1050	0,024	0,008	0,017	8,6	0,005	0,032	5,6
16.04.2013	3,1	1340	0,040	0,015	0,018	6,3	0,007	0,034	5,9
13.05.2013	3,2	1430	0,040	0,014	0,017	3,2	0,011	0,042	5,9
13.06.2013	3,1	1320	0,028	0,011	0,017	3,3	0,010	0,048	5,9
11.07.2013	3,0	1730	0,055	0,013	0,030	6,1	0,020	0,072	10,4
13.08.2013	3,0	1520	0,042	0,026	0,000	3,4	0,012	0,044	7,9
11.09.2013	2,9	2050	0,047	0,022	0,048	7,4	0,027	0,108	15,0
10.10.2013	2,8	2720	0,168	0,057	0,048	10,8	0,038	0,112	18,1
07.11.2013	3,0	2080	0,055	0,023	0,028	5,4	0,023	0,075	9,5
10.12.2013	3,6	1080	0,011	0,012	0,011	1,7	0,006	0,019	3,9
22.01.2014	3,2	1730	0,012	0,014	0,028	10,7	0,013	0,072	9,5
20.02.2014	4,0	497	0,003	0,004	0,005	0,9	<0,005	0,013	1,5
19.03.2014	3,1	1640	0,042	0,029	0,026	7,7	0,016	0,050	9,0
28.04.2014	3,3	1300	0,013	0,010	0,015	3,1	0,008	0,039	5,2
20.05.2014	3,1	1380	0,015	0,008	0,016	2,8	0,011	0,043	5,3
12.06.2014	3,6	925	0,019	0,010	0,012	1,7	0,008	0,032	3,8
14.07.2014	3,0	1950	0,012	0,015	0,032	6,2	0,022	0,102	11,4
18.08.2014	3,0	2340	0,00449	0,0274	0,0483	8,92	0,0338	0,171	16,5
18.08.2014	3,0	2340	0,004	0,027	0,048	8,9	0,034	0,171	16,5
16.09.2014	3,1	1870	0,00413	0,0355	0,036	6,67	0,0208	0,113	12,4
14.10.2014	3,0	1700	0,0163	0,0188	0,0313	6,72	0,0167	0,0793	10,8
13.11.2014	3,1	1760	0,0412	0,0125	0,0325	13,5	0,0201	0,0773	10,5
03.12.2014			0,035	0,008	0,026	7,3	0,024	0,074	8,7
11.12.2014	3,1	1630	0,0377	0,0187	0,0265	8,32	0,016	0,0606	8,64
08.01.2015	3,2	1650	0,0181	0,0203	0,0185	6,13	0,0105	0,041	6,14

Dato	pH	Ledningsevne μS/cm	Arsen mg/liter	Bly mg/liter	Kadmium mg/liter	Kobber mg/liter	Krom mg/liter	Nikkel mg/liter	Sink mg/liter
20.01.2011	5,5	77	0,006	<0,005	<0,001	0,013	0,011	0,001	<0,001
27.01.2011	5,1	47	<0,005	<0,005	<0,001	0,008	0,004	0,003	0,011
02.02.2011	5,7	71	0,009	0,045	0,003	0,311	0,018	0,011	0,514
09.02.2011	4,3	71	<0,005	<0,005	<0,001	0,003	<0,001	0,003	0,010
23.02.2011	5,0	98	<0,005	0,009	0,001	0,051	0,009	0,006	0,117
04.03.2011	5,0	53	<0,005	0,006	<0,001	0,013	0,022	0,015	0,030
15.03.2011	4,1	62	<0,005	0,008	<0,001	0,004	<0,001	0,001	0,009
24.03.2011		78	<0,005	<0,005	<0,001	0,003	0,004	0,001	0,014
31.03.2011	5,1	60	<0,005	<0,005	<0,001	0,005	0,001	0,002	0,012
07.04.2011	6,2	35	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	0,007	0,004	0,011
13.04.2011	4,7	64	<0,01	<0,005	<0,001	0,003	0,058	<0,002	0,003
27.04.2011	5,5	44	<0,01	<0,005	<0,001	0,004	<0,001	<0,002	0,015
11.05.2011	4,9	864	<0,01	0,050	0,013	1,910	0,005	0,030	4,880
25.05.2011	4,0	78	<0,01	<0,005	<0,01	<0,001	<0,001	0,007	0,007
08.06.2011	4,4	35	<0,01	<0,005	<0,005	0,007	<0,001	0,002	0,014
23.06.2011	4,2	54	<0,01	<0,005	<0,005	0,006	<0,001	<0,002	0,017
28.07.2011		94	<0,01	<0,005	<0,0005	0,035	0,001	<0,002	0,109
12.08.2011	5,5	37	<0,01	<0,005	<0,0005	0,021	0,003	0,002	0,046
23.08.2011	6,4	42	<0,01	<0,005	<0,0005	0,017	<0,001	0,003	0,037
13.09.2011	5,2	46	<0,01	<0,005	<0,0005	0,008	<0,001	0,002	0,023
29.09.2011	7,0	64	<0,01	<0,005	<0,0005	0,005	<0,001	0,002	0,021
13.10.2011	5,0	57	<0,01	<0,005	<0,0005	0,007	<0,001	<0,002	0,015
28.10.2011	5,3	41	<0,01	<0,005	<0,0005	0,022	<0,001	0,002	0,059
14.02.2012			<0,0006	0,00064	<0,000063	0,0204	<0,001	0,0045	0,0262
13.03.2012			<0,0006	0,00091	<0,000063	0,008	0,00115	0,00152	0,0191
12.04.2012			<0,0006	0,00024	<0,000063	0,0065	<0,0013	<0,0013	0,0114
10.05.2012	7,1		<0,0006	<0,0013	<0,000063	0,0047	<0,0013	<0,0013	0,0118
07.06.2012	7,3		<0,0006	<0,0013	<0,000063	0,0077	<0,0013	<0,0013	0,0188
05.07.2012	7,5		<0,00063	0,00043	0,000289	0,012	0,0033	0,0016	0,0436
09.08.2012	7,5		<0,00125	0,00035	0,000075	0,0102	<0,0013	<0,0025	0,0287
05.09.2012	7,3	60	<0,00063	0,00014	<0,000063	0,0063	<0,0013	<0,0013	0,0126
18.10.2012	7,3	66	<0,00063	<0,0013	0,00008	0,0125	<0,0013	0,0013	0,0412
15.11.2012	6,8	55	<0,00020	<0,00155	<0,00125	0,0093	<0,001	0,001	0,0209
19.03.2013	7,0	78	<0,00063	<0,0013	<0,000063	0,0587	0,0003	<0,0013	0,0123
16.04.2013	6,9	73	<0,00063	0,00074	0,00025	0,0071	<0,0013	0,0013	0,0304
13.05.2013	6,9	61	<0,00063	0,00014	0,0171	0,0044	0,0004	<0,0013	0,0107
13.06.2013	7,2	63	<0,00013	0,00007	0,000039	0,0069	0,0006	0,0011	0,015
11.07.2013	7,3	79	<0,00063	0,00016	0,00007	0,0094	<0,0013	<0,0013	0,0235
13.08.2013	6,9	55	<0,00063	0,0002	<0,000063	0,0077	<0,0013	0,0013	0,0125
11.09.2013	7,4	104	<0,00063	0,00015	<0,000063	0,0072	<0,0013	<0,0013	0,0147
10.10.2013	6,7	58	<0,00063	0,00015	0,000028	0,0076	<0,0013	<0,0013	0,0147
07.11.2013	7,1	68	<0,00063	<0,0013	<0,000063	0,0102	<0,0013	0,0017	0,023
10.12.2013	6,8	77	<0,00063	0,00017	<0,000063	0,0058	<0,0013	<0,0013	0,0134
19.03.2014	6,8	93	<0,00063	<0,0013	<0,000063	0,0104	<0,0013	<0,0013	0,0231
28.04.2014	7,2	74	<0,00063	0,00019	0,000096	0,0044	<0,0013	<0,0013	0,01
20.05.2014	7,6	80	<0,00063	<0,0013	<0,000063	0,0057	<0,0013	<0,0013	0,0103
12.06.2014	7,1	77	<0,00063	<0,0013	<0,000063	0,0047	<0,0013	<0,0013	0,0073
14.10.2014	7,1	91	<0,00063	<0,00050	<0,000063	0,0096	<0,0013	0,0017	0,0349
13.11.2014	6,9	81	<0,00063	<0,00013	<0,000063	0,0102	<0,0013	<0,0013	0,022
11.12.2014	6,9	83	<0,00063	<0,00013	<0,000063	0,0085	<0,0013	<0,0013	0,0206
08.01.2015	6,8	74	<0,00063	<0,00013	<0,000063	0,0104	<0,0013	<0,0013	0,0175

Dato	pH	Ledningsevne	Arsen	Bly	Kadmium	Kobber	Krom	Nikkel	Sink
		mS/cm	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter	mg/liter
07.01.2011	5,5	677	0,006	0,009	0,097	1,380	<0,001	0,029	26,20
20.01.2011	4,5	628	<0,005	<0,005	0,108	1,160	0,010	0,037	25,10
27.01.2011	5,7	468	<0,005	<0,005	0,038	3,900	<0,001	0,020	9,14
02.02.2011	5,5	160	0,008	0,036	0,008	0,433	0,023	0,011	2,05
09.02.2011	5,0	409	<0,005	<0,005	0,024	1,900	<0,001	0,014	4,98
23.02.2011	5,0	94	<0,005	0,006	0,012	1,260	0,009	0,010	2,96
04.03.2011	5,5	169	0,008	0,024	0,013	1,450	0,037	0,030	3,63
15.03.2011	4,5	388	0,006	0,016	0,026	2,810	0,009	0,016	5,92
24.03.2011		687	<0,005	0,012	0,021	0,932	0,004	0,010	5,09
31.03.2011	5,1	262	<0,005	0,005	0,014	1,380	0,002	0,009	3,19
07.04.2011	5,8	218	<0,01	0,018	0,013	1,240	0,013	0,015	3,19
13.04.2011	4,9	298	<0,01	0,032	0,017	1,320	0,033	0,031	4,17
27.04.2011	5,1	167	<0,01	0,015	0,009	1,2	0,034	0,029	1,9
11.05.2011	4,8	283	<0,01	0,015	0,022	3,5	0,003	0,021	5,3
25.05.2011	3,4	579	<0,01	0,028	0,053	7,9	0,007	0,046	14,8
08.06.2011	4,2	393	0,014	0,041	0,051	10,1	0,006	0,036	11,7
23.06.2011	4,3	467	<0,01	0,013	0,048	10,4	0,004	0,034	11,5
28.07.2011	-	926	<0,01	0,015	0,039	4,4	0,005	0,030	9,1
12.08.2011	4,5	509	0,012	0,022	0,061	11,8	0,008	0,042	15,1
23.08.2011	4,5	250	<0,01	0,013	0,015	1,2	<0,001	0,011	4,1
13.09.2011	5,0	268	<0,01	0,025	0,027	2,7	0,003	0,015	6,5
29.09.2011	6,1	626	<0,01	0,023	0,018	1,7	0,001	0,009	4,9
13.10.2011	4,5	513	<0,01	<0,005	0,013	1,4	0,001	0,007	3,3
28.10.2011	4,0	390	<0,01	0,008	0,019	3,2	0,002	0,015	5,1
31.01.2012			<0,01	0,006	0,020	2,5	0,001	0,017	5,7
14.02.2012			0,003	0,006	0,012	0,9	0,002	0,010	3,7
24.02.2012			<0,01	0,011	0,051	3,1	0,004	0,023	11,7
13.03.2012			0,003	0,011	0,015	0,9	0,002	0,012	4,3
12.04.2012			0,001	0,006	0,014	1,5	<0,0013	0,009	3,8
10.05.2012		64	0,001	0,005	0,020	3,3	0,001	0,016	5,5
07.06.2012		60	0,002	0,005	0,020	3,9	0,002	0,019	6,3
05.07.2012		41	0,002	0,007	0,031	5,8	0,004	0,031	9,1
09.08.2012		39	0,013	0,023	0,035	10,3	0,004	0,036	11,4
05.09.2012		34	0,007	0,014	0,059	13,6	0,021	0,053	17,0
18.10.2012		58	0,003	0,006	0,039	8,1	0,004	0,035	11,8
15.11.2012		63	0,003	0,006	0,021	4,2	<0,004	0,016	6,0
18.12.2012		41	0,003	0,006	0,027	4,7	<0,005	0,025	7,9
17.01.2013	5,5	565	0,005	0,012	0,024	3,2	<0,005	0,021	6,9
14.02.2013	4,6	676	0,005	0,008	0,025	3,4	<0,005	0,024	7,9
19.03.2013	6,0	500	0,003	0,004	0,023	2,1	0,001	0,015	7,1
16.04.2013	6,8	551	<0,0025	0,003	0,023	2,4	<0,005	0,013	6,5
13.05.2013	5,3	670	0,003	0,009	0,000	6,6	0,002	0,023	8,5
13.06.2013	5,2	802	0,003	0,006	0,041	10,3	0,003	0,038	12,2
11.07.2013	3,5	1290	0,005	0,016	0,088	20,1	0,011	0,082	26,5
13.08.2013	3,6	1040	0,017	0,071	0,012	11,7	0,010	0,056	20,1
11.09.2013	3,3	1700	0,006	0,019	0,159	31,0	0,017	0,129	43,4
10.10.2013	4,5	1180	0,014	0,016	0,164	13,6	0,016	0,100	42,2
07.11.2013	3,6	1430	0,007	0,017	0,134	23,9	0,020	0,106	36,4
10.12.2013	3,6	1010	0,019	0,020	0,067	15,2	0,015	0,057	18,7
22.01.2014	3,7	1250	<0,0025	0,014	0,102	14,7	0,012	0,090	27,3
20.02.2014	4,4	825	0,003	0,009	0,042	7,5	<0,005	0,041	11,3
19.03.2014	4,6	982	0,005	0,012	0,088	14,7	0,014	0,069	28,1
28.04.2014	3,5	1230	0,003	0,017	0,091	16,2	0,016	0,082	25,8
20.05.2014	3,3	1470	0,004	0,020	0,110	19,5	0,019	0,102	29,5
12.06.2014	3,4	1450	0,003	0,016	0,094	18,4	0,014	0,099	27,1
14.07.2014	3,3	1550	0,003	0,016	0,101	19,7	0,014	0,108	29,6
18.08.2014	3,3	1910	<0,0025	0,010	0,119	22,5	0,007	0,139	38,2
16.09.2014	3,3	1850	0,00422	0,0193	0,152	33,1	0,024	0,157	43,1
14.10.2014	3,1	2100	0,00992	0,0327	0,173	43,4	0,0401	0,159	47,9
13.11.2014	3,1	1850	0,00882	0,0276	0,151	33,1	0,0429	0,136	41
03.12.2014			0,003	0,022	0,127	32,2	0,031	0,121	34,7
11.12.2014	3,9	1190	0,00414	0,0134	0,106	15	0,0259	0,0873	27
08.01.2015	4,6	718	0,00333	0,0091	0,0467	6,82	0,0102	0,0355	13,9