

Vannrensing – Raudbekken

*Av August Ness, Birgit Bruset, Carina Nygård,
Eivind Holager og Emma Tagseth*

August Ness, Birgit Bruset, Carina Nygård, Eivind Holager og Emma Tagseth er elever ved Forskerlinjen ved Byåsen videregående skole. De leverte et av de tre finalebidragene i Norsk Juniorvannpris 2012. Denne artikkelen er basert på rapporten fra arbeidet.

Summary

When we first began working with this project, our main goal was to find a way to solve the pollution problems in the old copper mine at Løkken Verk. Løkken Verk stopped the extraction of copper in 1845, but ever since its closure there has been a risk of environmental damages on the river Orkla. For many years, Orkla has been one of Norway's most popular salmon rivers. That may change soon, unless a way to clean out the metals in the polluted water that is seeping into Orkla is found. It may cause several problems.

We wanted to find a way to purify the water that was eco-friendly, economically sufficient, and not at least capable. It is important to not just look at what works best in the laboratory, but find a method that will work on a full scale at Løkken Verk. The replacement of purifying measures is challenging. For instance, purifying with coffee filters might be impractical. We have therefore tested

different cleaning methods to find the most effective one to clean out the unwanted metals. The tested methods are coffee filters, black ribbon paper circles, 0,45 µm filter, sand and an ion exchanger.

Løkken is not the only place they have problems with polluted water; it is therefore time to find a cleaning method that actually works.

Sammendrag

Da vi først satte i gang med dette prosjektet var målet vårt å finne en måte å løse forureningsproblemene etter de gamle kobbergruvene ved Løkken Verk. Løkken Verk stoppet utvinningen av kobber i 1845, og helt siden den gang har det vært fare for miljøskader av blant annet vannet i elva Orkla. Orkla har i mange år blitt brukt som en av Norges lakseelver. Det kan det fort skje en endring på, hvis man ikke finner en måte å rense ut metallene

i det forurensede vannet som med årene har nærmet seg Orkla med stormskritt. Vi ville finne en måte som både var miljøvennlig, økonomisk tilstrekkelig og ikke minst mest kapabel til å rense vannet. Noe av det viktigste her er ikke bare å se på hva som fungerer på et laboratorium, men en metode som også vil fungere ute i naturen. Det som kan være en utfordring for rensinga er utskifting av renseverktøy. Det å sitte med kaffefilter vil nok være en meget upraktisk måte å gjøre det hele på. Derfor har vi gjennom testing av ulike rensemetoder, forsøkt å komme fram til hvilket av kaffefilter, sortbåndfilter, 0,45 µm filter, sand og ionebytter som er mest effektiv i fjerning av uønskede metaller. Det er ikke bare på Løkken de har problemer med forurenset vann. Derfor er det på tide å finne en rensemetode som er effektiv.

Hensikt

Hvilke tiltak kan settes i gang for å prøve å forhindre at vannkilder som Orkla blir fullstendig forurenset av kobber og ulevelig for fisk? Dette vil gi videre være kunnskap rundt forurensninger som kan påvirke miljøet og dyrelivet, og gi tips til tiltak/rensemeter som kan funke.

Hypoteser

Vil egentlig et sortbåndfilter eller et kaffefilter være finporet nok til å rense ut metaller som kobber og jern?

En ionebytter vil rense best og vil i tillegg være mulig i storskala for å redde laksebestanden i Orkla. Ionebytterens effekt vil ta ut det meste eller nesten alt av jern- og kobberioner.

Teori

I 1652 ble Løkken Verk satt i drift etter at det ble funnet kobbermalm i området. Funnet, som er den største forekomsten av kobberholdig svovelkis som er funnet i Norge, var på omtrent 30 millioner tonn. I løpet av de første 250 årene var kobberet hovedfokuset, men så kom det en periode hvor også svovel ble tatt ut. Etter 333 år med drift ble gruva lagt ned den 10. juli 1987. Selskapet som sto for gruvedriften var Orkla Grube-Aktiebolag, nå Orkla ASA. Det er landets største privateide konsern og har virksomheter i over 40 land.

Kobberet ble utvunnet ved fyrsetting. Fyrsetting er når store bål blir fyrst opp mot bergveggen slik at varmen gjør at bergveggen sprekker. Etter at bålet slokkes, slo gruvearbeiderne løs med hakke der hvor berget hadde sprukket. Malmen som ble hakket løs ble fraktet ut, mens ny ved ble fraktet inn. Etter tusenvis av gjentakelser gjorde dette til at gruva ble enorm. Det største rommet, som heter Fagerlisaalen, har en grunnflate på 1300 m².

Hva er det som egentlig forurenser vannet?

Det som forurenser vannet rundt Løkken Verk er metaller. Når metaller kommer inn i økosystemet påvirker det på samme måte som gift. Gift er en ikke-tetthetsavhengig faktor som demper veksten på en populasjon.

Kobber er ifølge miljøstatus.no det metallet som har størst betydning for forurensing. Kobber er akutt giftig for vannlevende organismer og har spesielt stor betydning for fisk med tanke på livs-

vilkår og reproduksjon av fisk¹. I sigevannet fra slaghaugene på Løkken og mange andre steder, kan vi finne veldig høye kobberkonsentrasjoner. Det er alvorlig og det må endres på. En måte å gjøre dette på er å få rensset vannet på en eller annen måte.

En annen indikator på at vannet rundt i Løkken er forurenset er rødfargen på vannet, derav navnet Raudebekken. Rødfargen kommer fra metallet jern. Jern kan komme fra berggrunnen, men også fra tærede vannrør. Høyt innhold kan gi dårlig smak på vannet i tillegg til misfarging på klesvask og sanitærutstyr. Jern kan benyttes som fellingsmiddel i noen vannbehandlingsanlegg for å fjerne enkelte stoffer. Ved problemer eller feil som kan oppstå i anleggene kan fellingsmiddelet være en kilde til jernutslipp.

Hvilke tiltak er satt i gang mot forurensningen på Løkken og hva har fungert?

Første tiltak ble satt i gang i 1992, det gikk ut på å bruke gruva som renseanlegg og hadde en umiddelbar positiv effekt. Det ble ikke lenger gjort noen nye tiltak før det ble påvist at jernkonsentrasjonen i gruva var sterkt økende. En tiltaksplan ble satt til planlegging for å forebygge utviklingen.

Det ble først i 2002 slått full alarm vedrørende forurensningssituasjonen ved den nedlagte gruva. Utløpet fra Bjørnlivatnet hadde gått fra en nøytral pH-verdi til pH på 3,5. I tillegg ble det



Figur 1. Foto: Ove Smedplass/Gruveforurensingsutvalget

kartlagt mye okergul jernoksid i vannbredden, som førte til bekymringsmeldinger fra beboere i området. Det viste seg at prosessene ned i gruva hadde forflyttet seg til innsjøene med utfelling av metaller og forsuring.

Konsekvensanalyser og konsekvensutredning ble iverksatt i perioden 2005–2006. Målsetting og videre planlegging av forurensningsbegrensende tiltak kom i 2007, som de har arbeidet med frem til i dag. Fra 2010 har tiltak som omhandler det å flytte forurensete masser fra utenfor gruvene til Fagerlivatnet for å deponere dem der, vært sterkt diskutert. Det var mange usikkerhetsmomenter ved bruk av denne metoden, og kommunen ønsket uttesting av rensing med ionerbytter. Ønsket ble ikke oppfylt og rensing ved bruk av kalkfelling ble satt i gang i stedet. Senere så de at kalkfelling ikke var en god og varig løsning, i tillegg er man skeptisk til å starte med deponering av slam fra gruvene.

Da statsbudsjettet for 2012 ble publisert fikk Løkken gleden av 190 millioner til rensetiltak av den nedlagte gruva. Det er ennå usikkert hvilke tiltak som skal settes i gang.

¹ http://www.miljostatus.no/Tema/Hav-og-vann/Pavirkninger-pa-livet-i-vann/Miljogifter_vann/Miljogifter_ferskvann/Avrenning-fra-gruver/

Vil noen av de metodene som er brukt i forsøket være brukbare ute i naturen?

Alle de filtrene som er brukt vil være vanskelige å lage i en større skala. Under gjennomføringen ble det brukt et vanlig kaffefilter som ble byttet ut mellom hver test. Hvis dette skal kunne brukes i virkeligheten vil det bli veldig vanskelig å finne noe som er både gjennomførbart og lønnsomt.

En ionebytter derimot, vet vi er mulig å bruke i storskala. I Falun i Sverige har de tatt i bruk et såkalt ioenerenseanlegg for å rense gruve- og drensvann. Anlegget bygger på ionebytte og skiller ut metaller i vannet. Dette anlegget har i tillegg en kommersiell virkning; da de metallene som blir byttet ut fra gruvevannet kan selges videre. På grunn av dette blir anlegget ikke bare funksjonelt, men også lønnsomt. Andre løsninger som er vurdert er flytting av masser slik at de kan graves ned i depoer, men denne løsningen vil medføre flere negative konsekvenser for lokalsamfunnet. Selve Løkken Verk i seg selv vil få et annet utseende, og i og med at det faktisk er en turistattraksjon vil det også påvirke næringslivet. I tillegg vil ikke fjerning av masser endre det faktumet at gruva fortsatt forurenser miljøet rundt.

Prinsippet for en ionebytter er at den bytter metallioner, som kobber (Cu^{++}), med H^+ ioner. Dermed får det rensede resultatet et mye lavere innhold av metallionene fordi de ikke slipper gjennom. Ionebytteren som vi benyttet på laboratoriet, var en byrette fylt med dowex. Denne byretten ble mettet opp med salt-

syre, og det ble dannet H^+ ioner og Cl^- ioner. Da vannprøven fra Løkkenområdet ble renset i ionebytteren, byttet Cu^{++} plass med H^+ og prøvematerialet ville få en lavere konsentrasjon av kobber.

Løkken Gruve ligger ved elva Orkla i Meldal kommune. Orkla er ifølge Store Norske Leksikon en av Norges beste lakse- og sjøørretelver². Den har derfor stor betydning for det lokale næringslivet. Ulike fiskearter har forskjellig toleranse ovenfor metaller. Laks er en av de artene som tåler minst av tungmetaller som kobber. Påvirkning av for eksempel kobber kan føre til at elvas fiskebestand synker, noe som vil få katastrofale følger. Færre vil komme å fiske, og færre kan livnære seg av laksefiske og dette vil igjen gi færre arbeidsplasser. Ettersom at fraflytting fra bygdene allerede er et stort problem, kan forurensing av Orkla gjøre det verre.

Gjennomføring/metode

Sand

1. Hent ny sand i en tesil og hell litt destillert vann gjennom for å fjerne forurensninger fra andre prøver og for at sanden skal absorbere vann slik at prøvevannet som blir tilsatt renner igjennom
2. Ta tesilen med sanden over et 250 ml begerglass og hell vannprøven fra Raudbekken over sanden.
3. Vent til så mye som mulig av vannet har rent gjennom og sett opp i begerglasset.

² <http://sni.no/Orkla>



Figur 2. Heller prøvevannet gjennom tesil med vann og sand

4. Hell det rensede resultatet i et destillert og vasket plastrør.
5. Skriv på nummer og rensetype.

Sortbåndsfiler

1. Brett sortbåndsfileret for å få plass til å sette den i det destillerte begeret.



Figur 3. Heller prøvevannet gjennom et sortbåndsfiler.

2. Hell prøvevannet gjennom filteret.
3. Fjern filteret etter bruk.
4. Hell det rensede vannet over i et destillert og vasket plastrør.
5. Skriv på nummer og rensetype.

Kaffefiler

1. Gjennomfør samme prosedyre som ved sortbåndsfileret.
2. Brett kaffefileret for å få plass til å sette det i det destillerte begeret.



Figur 4. Heller prøvevann gjennom et kaffefiler

3. Hell prøvevannet gjennom filteret.
4. Fjern filteret etter bruk.
5. Hell det rensede vannet over i et destillert og vasket plastrør.
6. Skriv på nummer og rensetype.

0,45 µm filter

1. Rens et begerglass med destillert vann.
2. Bruk en sprøyte med et 0,45 µm filter i enden.



Figur 5. Sprøyter prøvematerialet gjennom filteret

3. Press prøvematerialet gjennom filteret og ned i begerglasset.
4. Hell den rensede prøven i et destillert og vasket plastrør.
5. Skriv på nummer og rensetype.

Ionebytter

1. Hell prøvematerialet gjennom en ionebytter med et rensed begerglass under.
2. Vent til vannet har kommet gjennom.
3. Hell det rensede vannet i et destillert og vasket plastrør.
4. Skriv på nummer og rensetype.



Figur 6. Heller prøvevann gjennom en ionebytter

Vi organiserte alle de rensede prøvene i tillegg til en ubehandlet og sendte dem inn for analyse til NTNU. Dette gjorde vi for å finne ut bestanddelen av ulike metaller som det var igjen i vannet.

Utstysliste

- Sand
- Kaffefilter
- Sortbåndfilter
- Ione-bytter
- Filter 0,45 µm Cellulose Acetate vwr sterilisyringefilter
- Vann fra Løkken som inneholder kobberioner.
 - Tilsetter syre (HNO_3) for at kobberionene ikke skal feste seg til sidene i plastrøret
- Te-sil
- 5 begerglass
- 2 trakter
- 1 plastsprøyte (10 ml) (syringe)
- Byrette
 - Ione-bytter (Dowex)
- Saltsyre (HCl) for å mette opp Dowexen med H^+ ioner

| | | | | | Fe57(MR) | | Cu63(MR) | |
|------------|------------|----------------|-----------|---|----------|-----------|----------|-----------|
| | | | | | Conc. | | Conc. | |
| | | | | | µg/L | RSD, % | µg/L | RSD, % |
| 29.11.2011 | Raudbekken | Ubehandlet | 0.1M HNO3 | 1 | 1 308,20 | 7,9 | 28,24 | 5,4 |
| 29.11.2011 | Raudbekken | Ionebytter | 0.1M HNO3 | 1 | 11 | 1,9 | 5,23 | 2,3 |
| 29.11.2011 | Raudbekken | Sand | 0.1M HNO3 | 1 | 1 232,70 | 8,3 | 13,28 | 5,3 |
| 29.11.2011 | Raudbekken | Kaffefilter | 0.1M HNO3 | 1 | 1 374,60 | 3,0 | 31,25 | 6,1 |
| 29.11.2011 | Raudbekken | Sortbåndsfiler | 0.1M HNO3 | 1 | 1 291,40 | 5,6 | 40,56 | 6,1 |
| 29.11.2011 | Raudbekken | Filter 0,45 µm | 0.1M HNO3 | 1 | 1 376,30 | 4,4 | 28,78 | 4,4 |

Tabell 1. konsentrasjon av kobber og jern i Raudbekken

Resultater

Ser at ionebytteren har endret jern- og kobberinnholdet i vannet drastisk, tabell 1. De andre filtrene har ikke hatt noen særlig virkning, ingen andre skiller seg ut noe spesielt. Sand hadde også en positiv, men liten effekt på kobberinnholdet i vannet.

Resultatene viser også at ved bruk av sortbåndsfiler så har prøvene fått et høyere kobberinnhold. Dette er sannsynligvis på grunn av forurensning fra andre prøver.

Før rensing er konsentrasjonen av jern over grenseverdien, tabell 2. Konsentrasjonen av kobber er under grenseverdien.

Etter rensing er konsentrasjonen av jern er på 0,011milligram/L. Det er ikke over grensen. Kobber er på 0,00523 milligram/L.

Feilkilder

- Feilmerking: Kan ha merket feil prøver med feil filter etter rensingen, dette kan ha ført til et helt annet resultat.
- Dårlige vannprøver: Tok vannprøver fra bekken Raudbekken, men tok prøver fra «utkanten» av bekken. Kan kobberet ha vært mer konsentrert her på grunn av dårligere sirkulasjon i vannet enn midt ute i bekken? Denne feilkilden kan ha påvirket resultatene betydelig, vet ikke om kobberkonsentrasjonen er så stor som prøvene viser.
- Utstyrsfeil – analyseinstrumentet: Det ble ikke spurt etter dokumentasjon for analysekvaliteten, derfor kan vi ikke være sikre på at det instrumentet som er brukt er fullstendig troverdig.

| Nr. | Parameter | Enhet | Grenseverdi | Tiltakstype | Merknader |
|-----|-----------|----------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| 36 | Kopper | Milligram/l Cu | 0,1 | B | Ut fra behandlingsanlegget. |
| 31 | Jern | Milligram/l Fe | 0,2 | C | |

Tabell 2. Grenseverdier for jern og kobber i vann

- Forurensning: Under rensingen brukte alle gruppene det samme utstyret. Dette kan ha forårsaket en forurensning av resultatene. Alle tok sine forhåndsregler ved å destillere og vaske utstyret før bruk, men noe er ikke mulig å rense. For eksempel ionebytteren ble brukt av samtlige grupper, derfor må vi ta det med i vurderingen at de resultatene vi fikk ikke er helt troverdige.
- Måleusikkerhet: Kan ikke vite om resultatene gjelder for alle prøver eller om det er et engangstilfelle, ettersom at det bare ble gjennomført enkeltprøver.

Diskusjon

Hvordan kan vi vite at de resultatene vi har fått virkelig stemmer? På grunn av mange feilkilder og få prøver må det alltid sees på et slikt forsøk med skepsis. Likevel kommer det fram at resultatene viser en klar forskjell mellom type rens metode og resultat. Feilkildene vil sannsynligvis ikke slå ut så kraftig at resultatene er misvisende.

Er det virkelig nødvendig å bruke en så stor sum med penger for å rense et så lite område? Er det verdt det? Selvfølgelig er det verdt det! En slik forurensning vil bare forverres og gjøre miljøet for organismer rundt vanskelig å leve i. Hvis laksebestanden i Orkla blir skadet kan en slik forurensning føre til endringer i det naturlige økosystemet i området. Som snl.no nevner, kan forurensning av økosystemer også føre til mutasjoner som kan endre arters egenskaper og føre til uønskede endringer i økosystemet.

Derfor er det viktig å forhindre at mer av denne miljøgiften rekker å skade miljøet rund Løkken.

Konklusjon

Vi ser at resultatene styrker hypotesene. Både kaffe- og sortbåndfilteret viste seg å ikke ha en særlig stor effekt på jern og kobber. Grunnen er fordi poreåpningene er for store. Ione-bytteren derimot, viste seg å være meget effektiv mot både jern og kobber. Ser vi over på sand så renser det kobber meget bra, men det får ikke renset jernet bra nok.

Hvilken metode som er mest effektiv når det gjelder storskalaanlegg, er vanskelig å si. I og med at ingen av filterne fungerte, og sanden ikke fikk renset jern, så sitter vi igjen med ionebytteren. Ionebytteren brukte lang tid på å rense vannet, så om det fungerer i et storskala anlegg kan være vanskelig å si, men vi vil tro det ut ifra opplysningene om anlegget i Falun, som har lyktes med ionebytter til rensing av vann.

Kildeliste

E24.no, <http://e24.no/makro-og-politikk/staten-maa-rydde-opp-etter-orkla-soel/3539434?view=print>

Godtvann.no, http://www.godtvann.no/filarkiv/File/Skolepermen/6.Vannbehandling_og_vannrensing.pdf

Miljostatus.no, [http://www.miljostatus.no/Tema/Hav-](http://www.miljostatus.no/Tema/Hav-og-vann/havomrader/Barentshavet/Indikatorer-barentshavet/Tilforsel-av-forurensninger-fra-elver/)

og-vann/Pavirkninger-pa-livet-i-vann/
Miljogifter_vann/Miljogifter_ferskvann/
Avrenning-fra-gruver/

Meldal kommune, <http://www.meldal.no/nyheter/arkiv/nyheter/nyheter-2008/4862-status-for-gruveforurensinga>

Nrk.no, http://m.nrk.no/m/artikkel.jsp?art_id=16790893

Renerevann.no, http://www.renerevann.no/html_sider/VannMykner.html

Store Norske Leksikon, http://snl.no/sml_artikkel/genetikk, http://snl.no/sml_artikkel/forurensning

<http://snl.no/Orkla>

Wikipedia.org, <http://no.wikipedia.org/wiki/Korrosjon>, http://no.wikipedia.org/wiki/L%C3%B8kken_Verk