

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

0-31/76

AVLØPSVANN FRA VANNFYLT GRUVE

ORKLA INDUSTRIER A/S

26. mars 1976.

Saksbehandler : R.T. Arnesen

Instituttetsjef : Kjell Baalsrud

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	3
2. TIDLIGERE ARBEID	3
3. GRUVEVANNETS FREMTIDIGE SAMMENSETNING	6
4. KONKLUSJON	9
LITTERATUR	11

TABELLFORTEGNELSE

1. Orkla industrier A/S. Gruvevannets innhold av jern, kobber og sink.	5
--	---

1. INNLEDNING

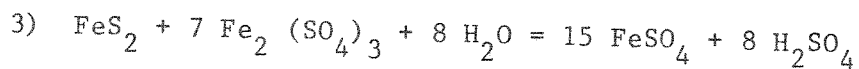
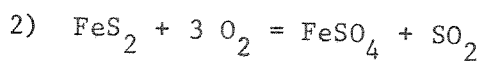
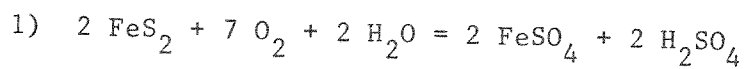
Ved et møte 24. februar 1976 ved Løkken Verk, ble konsekvenser av en vannfylling av Wallenberg grube diskutert. Til stede på møtet var representanter for Orkla industrier A/S, Vassdrags- og havnelaboratoriet (VHL) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

NIVA ble på møtet gitt i oppdrag å vurdere hvilken betydning en slik vannfylling kunne få for gruvevannets fremtidige sammensetning. Det ble fra Orkla industriers side lagt vekt på at en utredning skulle foreligge relativt raskt. Det har derfor ikke vært mulig å gjennomføre praktiske forsøk eller omfattende litteraturundersøkelser. Den foreliggende rapport bygger derfor på instituttets eksisterende erfaringer, tidligere litteraturarbeider, samt lett tilgjengelig nyere litteratur.

2. TIDLIGERE ARBEID

Surt tungmetallholdig gruvevann, f.eks. slik det i dag finnes ved Løkken Verk, dannes ved oksydasjon av sulfidmalmer. En rekke forskere har i tidens løp beskjeftiget seg med denne prosessen, og det foreligger mange publikasjoner om de reaksjoner som foregår.

Det synes å være helt klart at bakterier spiller en viktig rolle i prosessen, men kvantitativt beskrives reaksjonsforløpet best kjemisk. En litteraturoversikt avsluttet i 1961 og utgitt av U.S. Dep. of the Interior, Bureau of Mines (1), angir følgende hovedreaksjoner for oksydasjon av pyritt (FeS_2):



Ved de betingelser som er aktuelle i denne sammenheng er det reaksjonene 1 og 3 som har interesse. Det fremgår her at både oksygen og treverdig jern kan være mulige oksydasjonsmidler. For å hindre dannelsen av surt tungmetallholdig vann, er det derfor nærliggende å søke å begrense tilførsel av disse oksydasjonsmidlene. I praksis betyr dette at oksygentilførselen hindres i størst mulig grad, idet mengden av treverdig jern under de aktuelle betingelser oftest er avhengig av tilgang på oksygen.

Ved drift av kisgruver skapes det muligheter for å få en oksydasjon som angitt i likning 1. Store flater av svovelholdige mineraler legges åpne for angrep av luft og fuktighet. Etter at virksomheten i en gruve er avsluttet kan dannelsen av surt gruvevann fortsette i lang tid.

For å finne metoder til å redusere problemene med surt gruvevann, er det i USA utført omfattende arbeid. En del av dette arbeid har tatt sikte på å hindre oksygentilførsel til sulfidmineralene i gruen ved å forsegle alle åpninger. Litteraturen som beskriver resultatene av slike forsøk, gir ikke et helt entydig bilde (1). Dels rapporteres det om tilfeller der forurensningsproblemene er fjernet praktisk talt fullstendig, dels angis det at slik forsegling av gruver ikke har ført til endringer i forurensningssituasjonen. Grunnen til de varierende resultater synes å være at det i mange tilfeller har vært umulig å stenge gruen effektivt og at oksygen fortsatt er kommet i kontakt med kismineralene.

I en publikasjon fra U.S. Environmental Protection Agency (2) hevdes det at vannfylling av gamle gruveganger er den eneste praktiske metode for å hindre oksygentilførsel med nåværende teknologi. Oksygen kan i så fall bare transporteres oppløst i vannfasen. Diffusjon fra luft gjennom vannfasen til kisen vil være en meget langsom prosess og har ingen praktisk betydning. Konsentrasjonen av oppløst oksygen i vann vil være av størrelsesorden 0-10 mg/l. I de følgende beregninger er 10 mg O₂/l benyttet.

En forutsetning for at dette skal være en brukbar metode for å hindre oksydasjon, er at det i virkeligheten er mulig å sette gruen permanent

Tabell 1. Orkla industrier A/S. Gruvevannets innhold av jern, kobber og sink.

År	Tot. jern mg Fe/l	Kobber mg Cu/l	Forhold Cu/Fe	Sink mg Zn/l	Forhold Zn/Fe
1961	4876	771	0,158	1259	0,258
1962	5109	863	0,169	1426	0,264
1963	4985	933	0,187	1602	0,321
1964	5118	865	0,169	1597	0,312
1965	5418	940	0,173	1715	0,317
1966	4170	686	0,165	1295	0,311
1967	4419	713	0,161	1344	0,304
1968	5810	902	0,155	1552	0,267
1969	5696	758	0,133	1407	0,247
1970	6123	768	0,125	1323	0,216
1971	4982	700	0,140	1090	0,218
1972	4187	638	0,152	1081	0,258
1973	4482	635	0,142	1005	0,224
1974	4280	578	0,135	963	0,225
1975	4638	537	0,116	867	0,187
Middel	-	-	0,152	-	0,262

under vann. Likeledes nevnes det at det i bergarter som er løselige i surt vann kan oppstå problemer fordi vannet i oppfyllingsperioden vil være surt. Flere andre forhold av betydning for et vellykket resultat ved gjennomføring av slike prosjekter, er forøvrig omtalt i den nevnte publikasjon.

3. GRUVEVANNETS FREMTIDIGE SAMMENSETNING

Følgende forutsetninger ligger til grunn for våre beregninger av gruvevannets sammensetning etter en vannfylling av Wallenberg grube.

1. Vannmengdene fra graven blir mindre eller av samme størrelsesorden som i dag.
2. De geologiske forhold gjør det mulig å holde vannspeilet noenlunde konstant på det nivå som er angitt i papirene oversendt NIVA 25. februar 1976, og at det ikke foregår vesentlige lekkasjer under dette nivå.
3. Mengden av surt gruvevann fra nivåer som ligger høyere enn det endelige vannnivå, gravenivå 120, er ubetydelig i forhold til den fremtidige gruvevannsmengde.

NIVA har foreløpig ikke mulighet for å vurdere om disse betingelsene er fullt ut oppfylt, men vi vil likevel kommentere dem kort.

Pkt. 1 er det grunn til å regne med blir oppfylt. I de følgende beregninger er den nåværende gruvevannmengde - 600 000 m³/år - lagt til grunn. Det er sannsynlig at mengden avtar etter hvert som graven fylles opp.

Geologiske eller tekniske forhold som fører til uforutsette lekkasjer endrer forutsetningene for de følgende beregninger fullstendig. En slik endring i avrenningsforholdene kan bl.a. medføre en øket tilførsel av tungmetaller til vassdraget, noe som kan få betydelige konsekvenser for de biologiske forhold f.eks. i Orkla. Det er derfor en utrykkelig forutsetning for den foreliggende uttalelse at pkt. 2 er oppfylt.

Opplysningene som foreligger om kismengdene over gruenivå 120 er foreløpig ikke tilstrekkelige til en sikker konklusjon. Ut fra de tilsendte snitt av gruen, synes imidlertid de fri flater som blir tilbake etter en vannfylling å bli meget små i forhold til det samlede areal i dag. Usikkerheten på dette punkt kan muligens reduseres ved nærmere undersøkelser av vannprøver fra disse deler av gruen.

Som utgangspunkt for de kvantitative beregningene er det antatt:

Årlig gruvevannsmengde: $600\ 000\ \text{m}^3/\text{år}$

Midlere oksygeninnhold i tilført vann: $10\ \text{mg}\ \text{O}_2/\text{l}$

Total tilført oksygenmengde blir derved $6000\ \text{kg}\ \text{O}_2/\text{år}$.

Etter likning 1, side 3, kan denne oksygenmengden oksydere: $6430\ \text{kg}$ pyritt og gi:

ca. $8150\ \text{kg}$ jern(II)sulfat (FeSO_4) og

ca. $5250\ \text{kg}$ svovelsyre (H_2SO_4)

Beregnet som konsentrasjon blir dette:

Sulfat : $17\ \text{mg}\ \text{SO}_4/\text{l}$

Jern : $5\ \text{mg}\ \text{Fe}/\text{l}$

Svovelsyre : ekvivalent med $2\ \text{mg}\ \text{H}/\text{l}$

Dersom man ser bort fra bufferkapasiteten vil pH på grunn av svovelsyremengden bli ca. 3.7. Selv i vann med liten bufferkapasitet, vil pH-forandringen ved tilførsel av en slik svovelsyremengde bli liten.

Beregning av kobber og sinkinnhold i det fremtidige gruvevannet er mer usikker. Når det gjelder kobber, kan det antas at konsentrasjonen vil være tilnærmet proporsjonal med jernkonsentrasjonen i samme forhold som i det nåværende gruvevannet. Tabell 1 viser en oversikt over gjennomsnittlige tungmetallkonsentrasjoner i gruvevannet i årene 1961-1975.

Forholdet kobber/jern og sink/jern er også angitt i tabellen. Forholdstallene varierer noe fra år til år, men middelveiden synes å gi et godt uttrykk for størrelsesorden. Ved å benytte faktoren 0.152 for forholdet kobber/jern, kan kobberkonsentrasjonen i det fremtidige gruvevannet anslås til ca. 0.8 mg/l.

Sinksulfider er stort sett noe mer vannløselige enn tilsvarende jern- og kobbermineraler. Det er derfor vanskelig å anslå sinkkonsentrasjonene under de endrede forhold som vil oppstå ved en vannfylling av gruen. I rent vann er løseligheten for aktuelle sinksulfidmineraler (3) angitt til ca. 0.7 mg/l. Surere vann vil gi en øket løselighet. Beregnet på grunnlag av de nåværende forholdstall for sink-/jernkonsentrasjonene blir resultatet ca. 1.3 mg Zn/l. Antakelig vil verdien ligge mellom 1 og 2 mg Zn pr. l.

De angitte konsentrasjoner er beregnet under forutsetning av at det er kjemisk likevekt etter fylling av gruen. Dette vil neppe være tilfelle under fyllingen og i den første tiden etter. Det er vanskelig å forutsi hvilke prosesser som vil skje i denne perioden, men det er mulig at gruvevannet i de første årene får en annen sammensetning enn den som er anslått ovenfor.

De totale forurensningsmengder som slippes ut med gruvevannet vil stort sett være proporsjonale med vannmengden. Dersom gruvevannmengden avtar, vil forurensningsmengden avta tilsvarende.

De foregående beregninger er gjort uten å ta hensyn til de syre- og tungmetallmengder som eventuelt blir tilført fra områdene som ligger over gruenivå 120.

Den foreliggende rapport er i stor grad basert på teoretiske beregninger og opplysninger fra utenlandsk litteratur. Ved å supplere dette med praktiske undersøkelser i laboratoriet og i gruen, vil det være mulig å vurdere konsekvensene av en vannfylling med større sikkerhet.

I litteraturen er det beskrevet omfattende "matematiske modeller" for å beregne syreproduksjon ved oksydasjon av sulfidmineraler (4). Det er mulig at anvendelse av slik teknikk vil gi enda bedre grunnlag for å beregne forurensningsmengdene i gruvevannet fra Wallenberg's grube, etter en vannfylling.

4. KONKLUSJON

1. Sammensetningen av gruvevannet fra Orkla industrier, Løkken Verk er søkt anslått etter en eventuell vannfylling av Wallenberg grube. Beregningene er teoretiske og er utført under følgende forutsetninger:
 - A. Tilgang på oksygen er begrensende faktor ved oksydasjon av kismineraler.
 - B. Det er mulig å holde et konstant vannspeil i gruen og at det ikke foregår lekkasjer under dette nivå.
 - C. Mengde surt gruvevann fra nivåer som ligger over de vannfylte områder er ubetydelig.
2. Gruvevannets sammensetning kan anslås til:

pH	≥	3,7
Sulfat	17 mg	SO ₄ /l
Jern	5 mg	Fe/l
Kobber	0,8 mg	Cu/l
Sink	1-2 mg	Zn/l

De angitte tallverdiene er beheftet med stor usikkerhet og er satt opp først og fremst for å angi en antatt størrelsesorden. Det må imidlertid antas at konsentrasjonen av forurensninger i gruvevannet vil bli vesentlig redusert etter en vannfylling av gruen.

3. Sikkerheten i disse konklusjoner kan forbedres ved undersøkelser i gruen og ved laboratorieforsk.

4. Med de nåværende gruvevannsmengder, vil det ta ca. 10 år å fylle Wallenbergs grube. De prosesser som skjer under oppfyllingen er ikke vurdert. I de første årene etter vannfyllingen, kan gruvevannets sammensetning være annerledes enn beregnet.
5. De tekniske muligheter for å ta hånd om gruvevann om 10 år, vil være bedre enn i dag. Økonomiske og praktiske forhold kan imidlertid få avgjørende betydning, og det er neppe riktig å legge for stor vekt på de tekniske muligheter alene.

ARN/ALA
26.3.76.

LITTERATUR

1. Lorenz, Walter C.: Progress in controlling acid mine water:
A litterature review.
U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines (1962).
2. Processes, Procedures, and Methods to Control Pollution form Mining
Activities.
U.S. Environmental Protection Agency,
EPA - 430 / 9-73-011, Washington D.C. (1973).
3. Handbook of Chemistry and Physics.
The Chemical Rubber Co. Cleveland, Ohio (1971).
4. Morth, Arthur H., Smith, Edvind E. And Shumate, Kenesaw S:
Pyretic Systems: A Mathematical Model.
U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C. (1972)
EPA - R2 - 002, November 1972.