



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 64	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering Fortrolig
Kommer fra ..arkiv Trondheimske	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel A/S Røros Kobberverk. Oppredningslaboratoriet NTH. Flotasjon av prøver fra Hersjøen. Desember 1971.				
Forfatter M. Digre, S. Krog		Dato 05.01 1971	Bedrift Røros Kobberverk A/S NTH Oppredningslaboratoriet	
Kommune Holtålen	Fylke Sør-Trøndelag	Bergdistrikt Trondheim	1: 50 000 kartblad 16202	1: 250 000 kartblad
Fagområde Oppredning	Dokument type	Forekomster Hersjø gruve		
Råstofftype Malm/metall	Emneord Cu Zn			
Sammendrag				

R A P P O R T

FLOTASJON AV PRØVER FRA HERSJØEN,

RØROS KOBBERVERK A/S

DESEMBER 1971

Flotasjon av prøve fra Hersjøen

Røros Kobberverk A/S

Innhold:	Side
1. Innledning	1
2. Nedmaling	2
3. Flotasjon	3
3.1 Reagenser	3
3.2 Flotasjon av malmtypen I	4
3.3 Flotasjon av malmtypen II	9
3.4 Flotasjon av malmtypene III og IV	10
4. Konklusjon	11

Flotasjon av prøver fra Hersjøen,
Røros Kobberverk A/S.

1. Innledning.

Etter anmodning fra Røros Kobberverk A/S har Oppredningslaboratoriet utført en serie batchforsøk på prøver fra Hersjøforekomstene. Disse forsøkene skulle være av orienterende art for en foreløbig vurdering av malmenes oppredbarhet. En skulle dessuten søke å komme frem til et opplegg for videre forsøk i pilotskala. Denne videreføring av forsøkene er utsatt inn-til videre. I denne rapporten omhandles derfor bare de innledende batchforsøk.

Resultatene fra forsøkene er tidligere meddelt Røros Kobberverk muntlig og dels nedtegnet i overing. E. Mikkelsens notat av 23. juni 1971.

Kobberverkets malmgeolog Øistein Pettersen har etter mineralogiske undersøkelser delt Hersjøfeltets malmer i fire typer merket I-IV. Fra disse er det tatt ut prøver av diamantbor-kjernene og sendt Oppredningslaboratoriet. Inndelingen i typer etter mineralogisk sammensetning og de enkelte prøvers innhold av Cu, Zn og S, er satt opp i tabell 1 nedenfor.

Tabell 1: Prøver fra Hersjøforekomsten.

Merke	Godstype	tonn råmalm	% Cu	% Zn	% S
I	A-malmens py/sl/cpy	700 000	0.84	3.57	35.68
II	A-malmens po/cpy	246 000	2.44	0.42	
III	B- og C-malmenes py/sl/cpy og py/po/sl/cpy	190 000	0.81	2.24	31.94
IV	B- og C-malmenes po/cpy	352 000	0.96	0.33	

* py=svovelkis, sl=sinkblende, cpy=kopperkis,
 po=magnetkis.

Prøvene er av oss knust ned til 100 % -1.68 mm, splittet ut i chargevekker på 1.0 kg og lagret i lufttette poser ved 3°C. Ved forsøkene har en vesentlig benyttet gods fra prøvene I og II, mens prøvene III og IV er flotert for sammenlikning av resultatene.

Forsøkskjøringen ved Oppredningslaboratoriet ble utført i tiden mai-juni 1971 av bergtekniker Ødegaard ved Røros Kobberverk. De kjemiske analysene er utført dels ved Kobberverkets laboratorium og dels ved Oppredningslaboratoriet.

2. Nedmaling.

Før flotasjonen er chargene på 1.0 kg malt i batch stavmølle med 8 kg staver og 1 liter vann. Enkelte kjemikalier som $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og samleragenset SA 1797 er tilsatt chargen før maling. Maletiden ved alle forsøkene har vært 20 min. Kornfordelingen i ferdigmalt gods er satt opp og fremstilt grafisk i vedlegg 1.

Prøvene I og III viser henholdsvis 66 og 56 % $\div 200$ mesh, mens prøvene II og IV har henholdsvis 86 og 81 % $\div 200$ mesh.

De to første prøvene - prøvene I og III - inneholder svovelkis. Dette mineralet har høy malemotstand og må derfor antas å være årsaken til forskjellen i nedmaling mellom prøvene med svovelkis og de uten svovelkis. De groveste fraksjonene vil inneholde en overvekt av svovelkis i forhold til gjennomsnittet. En fraksjonsanalyse av en nedmalt prøve type I er satt opp i tabell 2 nedenfor.

Tabell 2: Fraksjonsanalyse på nedmalt prøve av malmtypen I.
Nedmaling: 66 % $\div 200$ mesh.

Fraksjon	Vekt-%	% Cu	% Zn	% S
+ 104 μ	14.7	0.36	1.62	39.6
74/104 μ	19.2	0.57	2.58	38.8
$\div 74$ μ	66.1	0.96	3.92	35.6

Fraksjonsanalysen viser en tydelig selektiv nedknusing. Både kopper- og sinkgehalten øker med avtagende kornstørrelse, mens svovelgehalten derimot avtar med avtagende kornstørrelse. Kopperkis og sinkblende anrikes i de finere fraksjoner, - svovelkisen i de groveste.

3. Flotasjon.

Ved flotasjonsforsøkene søkte en først å komme frem til et optimalt resultat for malmtypen I. Det var her naturlig å fremstille tre konsentrater selektivt, - kopperkiskonsentrat, sinkblendekonsentrat og svovelkiskonsentrat. Senere ble det utført forsøk med de tre andre malmtypene for å sammenlikne resultatene fra disse med de tilsvarende resultater fra flotasjon med malmtypen I.

Massebalansene for hvert enkelt forsøk er beregnet ved hjelp av regnemaskin ut fra vekter og gehalter i hvert enkelt produkt. Utskriftene fra regnemaskinen er vedlagt i eget bilag. I vurderingen av resultatene nedenfor har en trukket frem fra utskriftene de tallmessige resultater som er relevante for vurderingen.

3.1. Reagenser.

Ved alle forsøkene har en tilsatt 0.8 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ til mølla. Kopperkis og sinkblende er flotert i basisk miljø. pH er justert til ønsket verdi med $\text{Ca}(\text{OH})_2$ eller H_2SO_4 .

Følgende samleragenser er benyttet ved flotasjonen:

1. SA 1797 (en vannløselig utgave av Z-200)
2. Kaliumetylxantat (KEX)
3. Aerofloat 211.

Som skummeragens har en benyttet MIBC. For trykking av sinkblende har en benyttet ZnSO_4 og for aktivering av sinkblende CuSO_4 .

3.2. Flotasjon av malmtpe I.

Resultater fra det første forsøket (forsøk 101) er satt opp i tabell 3 nedenfor. Ved senere forsøk vises til opplegget for dette forsøket, samtidig som det angis hvilke endringer som er foretatt ved angjeldende forsøk.

Tabell 3: Flotasjon av malmtpe I. 0.8 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og 20 g/t SA 1797 til mølla, nedmaling: 66% ÷ 200 mesh.

a: Flotasjon av koppekis i tre trinn med 5 g/t KEX til hver av de to siste trinnene, pH 11.5.

b: Flotasjon av sinkblende i tre trinn etter aktivering med 300 g/t CuSO_4 . 20, 10 og 10 g/t Aerofloat 211 til trinnene 1, 2 og 3, pH 11.5.

c: Flotasjon av svovelkis i tre trinn 40, 20 og 20 g/t KEX til trinnene 1, 2 og 3, pH 7.5 (H_2SO_4).

	Vekt	Cu		Zn		S
Produkt	%	%	ford %	%	ford %	%
Cu-kons. I	4.4	12.78	67.3	4.76	6.6.	32.18
- " - II	3.8	3.54	16.0	8.06	9.6	31.64
- " - III	3.5	0.74	3.2	7.45	8.2	30.65
Σ Cu-kons.	11.7	6.14	86.5	6.65	24.4	
Cu-avg.	88.3	0.13	13.5	2.73	75.6	
Zn-kons. I	6.3	0.81	6.1	31.32	62.0	33.39
- " - II	2.8	0.25	0.8	7.89	6.9	32.84
- " - III	4.9	0.11	0.7	1.40	2.2	31.60
Σ Zn-kons	14.0	0.62	7.6	16.2	71.1	
Zn-avg.	74.3	0.067	5.9	0.19	4.5	
S-kons. I	7.1	0.06	0.5	0.50	1.1	46.88
- " - II	40.3	0.05	2.4	0.17	2.2	52.31
- " - III	8.5	0.19	1.9	0.16	0.4	38.37
Σ S-kons.	55.9	0.073	4.8	0.21	3.7	
Avgang	18.4	0.05	1.1	0.14	0.8	2.23
Sum	100.0	0.83	100.0	3.18	100.0	

Med forsøk 101 som "utgangspunkt" har vi foretatt enkelte endringer i agenstilsatsene for å søke å bedre flotasjonsresultatet. I forsøk nr. 102 har vi tilsatt 500 g/t ZnSO_4 til mølla for om mulig å trykke sinkblenden i kopperflotasjonen, d.v.s. oppnå bedre selektivitet mellom kopperkis og sinkblende. Enkelte av resultatene fra forsøket er samlet i tabell 4.

Tabell 4: Flotasjon av malmtypen I ved tilsatt av ZnSO_4 til mølla - forsøk 102. Flotasjonsopplegg forøvrig som ved forsøk 101 (tabell 3). Resultatene sammenliknet med forsøk 101.

Produkt	Forsøk nr.	Cu		Zn	
		%	ford.%	%	ford.%
Cu-kons.	101	6.14	86.5	6.65	24.4
	102	6.00	83.0	4.50	18.1
Zn-kons.	101	0.62	7.6	16.2	71.1
	102	0.29	3.8	20.0	76.8
Hovedavg. (etter S-flot)	101	0.05	1.1	0.14	0.8
	102	0.048	1.0	0.14	0.8

Resultatene i tabell 4 viser at en ved tilsatt av ZnSO_4 til mølla har oppnådd en tydelig bedre selektivitet mellom kopperkis og sinkblende.

I et forsøk nr. 103 har vi prøvd å erstatte samleragenset SA 1797 med en tilsvarende mengde KEX. Agenset ble satt til i mølla. I tabell 5 nedenfor er enkelte av resultatene fra dette forsøket satt opp sammen med de tilsvarende resultater fra forsøk 101.

Tabell 5: Flotasjon av malmtypen I med KEX til mølla i stedet for SA 1797 - forsøk 103. 20 g/t KEX til mølla, 10 g/t KEX til hvert av flotasjonstrinnene 2 og 3 i koppperflotasjonen. Flotasjonsopplegg forøvrig som ved forsøk 101 (tabell 3). Resultatene sammenliknet med forsøk 101.

Produkt	Forsøk nr.	Cu		Zn	
		%	ford %	%	ford.%
Cu-kons. I	101	12.78	67.3	4.76	6.6
	103	3.53	23.4	4.98	7.2
Cu-kons.	101	6.14	86.5	6.65	24.4
	103	3.08	65.1	4.98	23.1
Zn-kons.	101	0.62	7.6	16.2	71.1
	103	0.76	12.3	19.1	68.1
Hovedavg. (etter S-flot.)	101	0.05	1.1	0.14	0.8
	103	0.20	5.4	0.50	3.0

Resultatene viser at SA 1797 sammenliknet med KEX er en meget sterk samler for kopperkis uten at det forringer selektivitetene mellom kopperkis og sinkblende. Sum kopperkonsentrater med SA 1797 viser en Cu-utvinning på 86.5%, mens tilsvarende konsentrater når SA 1797 er erstattet med KEX holder 65.1 % av koppermengden.

Kan svovelkisen i Hersjøforekomsten floterer i basisk miljø? Ved forsøkene nr.102 og 104 er flotasjonsopplegget frem til svovelkisflotasjonen ens (se tabellene 3 og 4). I forsøk 102 er svovelkisen flotert med KEX ved pH 7.5, mens den i forsøk 104 er flotert med samme samleragens ved pH 11.0. Resultater fra forsøkene er samlet i tabell 6 nedenfor.

Tabell 6: Flotasjon av svovelkisen i nøytralt og basisk miljø. Flotasjonsopplegg frem til svovelkisflotasjonen se tabellene 3 og 4.

Svovelkisflotasjon:

Forsøk 102: pH 7.5 (H_2SO_4), flot. i tre trinn med h.h.v. 40, 20 og 20 g/t KEX.

Forsøk 104: pH 11.0, flot i tre trinn med h.h.hv. 100, 0 og 20 g/t KEX.

Produkt	Forsøk nr.	% S	S-ford.%	% Cu	% Zn
S-kons. I	102	48.96	8.02	0.24	0.39
	104	51.81	64.67	0.04	0.32
S-kons. II	102	50.96	45.94	0.19	0.16
	104	38.39	7.90	0.11	0.50
S-kons. III	102	45.17	21.35	0.20	0.35
	104	14.39	1.11	0.09	1.01
S-kons.	102	48.9	75.31	0.20	0.24
	104	48.2	73.68	0.05	0.56
Hovedavg.	102	5.30	2.69	0.05	0.14
	104	2.88	1.22	0.03	0.13

Resultatene viser at med 50 % mere samleragens blir utvinningen og gehalten i S-konsentratet tilnærmet den samme ved flotasjon ved pH 11.0 som ved tilsvarende flotasjon ved pH 7.5.

Forskjellene i Cu- og Zn-gehalt i S-konsentratet kommer av at innholdet av disse elementene i pågangen til svovelkisflotasjonen ikke har vært den samme ved begge forsøkene.

Kan svovelkisen floterer i basisk miljø, vil dette som kjent være av betydning for reduksjon av forurensningene fra flotasjonsavgangen. Det økede xantatforbruket oppveies ved innsparing av syre for senking av pH. Ved selektiv flotasjon der pH holdes konstant omkring 11.0 vil det foreligge muligheter for resirkulering av prosessvann. Dette vil innebære mange åpenbare fordeler. For å undersøke denne muligheten vil det være behov for

ytterligere forsøk.

Ved forsøk nr.112 har en benyttet et flotasjonsopplegg som bygger på de erfaringer som er høstet ved de tidligere forsøk beskrevet ovenfor. Konsentratene fra grovflotasjonens trinn 1 og 2 er renset i ett til to trinn. De viktigste resultatene fra forsøket er samlet i tabell 7 nedenfor.

Tabell 7: Flotasjon av malmtypen I med rensing av grovflotasjonskonsentratene, forsøk 112.

0.8 g Ca(OH)_2 , 20 g/t SA 1797 og 500 g/t ZnSO_4 til mølla, nedmaling 66 % 2-200 mesh.

a. Kopperkisflotasjon: grovflotasjon i 3 trinn med 5 g/t KEX til hvert av de to siste trinnene, pH 11.0. Kons. I og II renset en gang.

b. Sinkblendeflotasjon: aktivering med 300 g/t CuSO_4 , grovflotasjon i 3 trinn med 20, 10 og 10 g/t Aerofloat 211 til trinnene 1, 2 og 3, pH 11.5. Kons I og II renset to ganger.

c. Svovelkisflotasjon: grovflotasjon i 3 trinn med 60, 30 og 30 g/t KEX til trinnene 1, 2 og 3, pH 11.1. Kons I og II renset to ganger.

	Grovflotasjon		Renseflotasjon renset konsentrat		
Kopperkisflot.:	% Cu	Cu-ford. %	% Cu	Cu-ford. %	% Zn
Kons. I og II	14.37	85.61	24.0	46.63	3.20
Kons. III	2.61	2.03			
Sinkblendeflot.:	% Zn	Zn-ford. %	% Zn	Zn-ford. %	% Cu
Kons. I+II	30.74	76.76	55.30	16.84	0.10
Kons. III	7.10	6.05			
Svovelkisflot.:	% S	S-ford. %	% S	S-ford. %	% Cu % Zn
Kons I + II	52.01	78.12	52.92	64.03	0.02 0.31
Kons. III	40.15	3.38			

Hovedavgangen holder: 0.04 %Cu, 0.44% Zn, 5.22% S

3.3. Flotasjon av malmtypen II.

Ved nedmaling av malmtypen II har en fått en flotasjonsfinhet på 85.6% ÷ 200 mesh. En prøve av dette godset er flotert i forsøk 107 etter et opplegg som er identisk med grovflotasjonen ved forsøk 112 (tabell 7) der malmtypen I ble flotert. Resultater fra forsøkene 112 og 107 er sammenholdt i tabell 8.

Tabell 8: Grovflotasjon av malmtypene I og II.

Malmtypen I: forsøk 112, nedmaling 66% ÷ 200 mesh

Malmtypen II: forsøk 107, nedmaling 86% ÷ 200 mesh

Forsøksopplegg: se tabell 7.

Produkt	Forsøk nr	% Cu	Cu-utv. %	% Zn	Zn-utv. %	% S	S-utv. %
Cu-kons. I+II+III	112	13.0	87.5	4.56	7.1	32.1	
	107	9.13	96.0	1.31	50.1	34.0	

Zn-kons. I+II+III	112	0.42	6.1	24.7	81.1	33.0	
	107	0.23	3.3	0.84	44.0	38.0	

S-kons I+II+III	112	0.071	5.2	0.50	8.5	51.4	81.4
	107	0.057	0.3	0.32	5.9	36.6	15.3

Hovedavgang	112	0.037	1.2	0.44	3.3	5.22	3.7
	107	0.04	0.4	0.0	0.0	10.0	9.1

Flotasjonen av malmtypen II har gitt et samlet kopperkonsentrat i grovflotasjonen med 9.13 % Cu ved 96 % utvinning. Sinkblendens i prøven fordeles på Cu- og Zn-konsentratene. Zn-utvinningen i Zn-konsentratet er 44%. En del av magnetkisen i prøven trykkes ut i avgangen. Avgangen ved forsøk 107 holdt 9.1 % S. Ved et forsøk nr. 109 var pH ved svovelkisflotasjonen 11.9. Ved dette forsøket ble avgangsgehalten 11.0 % S, dvs. at trykningen av magnetkis tiltar med økende pH.

Malmtypene I og II tilhører A-malmen. Av brytningsmessige grunner vil det være en fordel å unngå en selektiv bryting av de to malmtypene. Ved samfengt bryting vil en få en rå-malm som består av 74 % av malmtypen I og 26 % av malmtypen II. Tallene er beregnet på grunnlag av påviste malmmengder. Av de tilsendte borkjerneprøver har vi laget et blandingsprøve med et blandingsforhold som angitt ovenfor. Denne blandingsprøven har et beregnet innhold på 1.23 % Cu, 2.75 % Zn og 34.6% S. Prøven er flotert på samme måte som malmtypen I forsøk 112 (tabell 7).

Resultater fra dette forsøket er samlet i tabell 9.

Tabell 9: Flotasjon av et rågods med 74 % av malmtypen I og 26 % av malmtypen II, forsøk 111.
Flotasjonsopplegg som ved forsøk 112 (tabell 7).

Produkt	% Cu	Cu-ford. %	% Zn	Zn-ford. %	% S	S-ford. %
Cu-kons I+II+III	13.8	94.3	3.34	10.4	32.6	8.0
Zn-kons I+II+III	0.50	3.0	29.4	78.9	34.7	7.4
S-kons I+II+III	0.047	1.9	0.42	7.7	50.3	72.8
Hovedavgang	0.03	0.8	0.24	3.0	11.9	11.8

Flotasjonen av blandingsmalmen har gitt resultater som til dels er bedre enn hva en oppnådde ved flotasjon av malmtypen I alene. Resultatene viser at en rent flotasjonsmessig ikke vil ha problemer med å behandle malmtypene I og II samfengt.

3.4. Flotasjon av malmtypene III og IV.

Malmtypene III og IV er flotert etter det samme flotasjonsopplegg som ble benyttet for malmtypen I (forsøk 112) og malmtypen II (forsøk 107). Resultater fra to av forsøkene med malmtypene III og IV er samlet i tabell 10 nedenfor.

Tabell 10: Grovflotasjon av malmtypene III og IV.

Malmtypen III: forsøk 108, nedmaling 56 % ÷ 200 mesh.

Malmtypen IV : forsøk 110, nedmaling 81 % ÷ 200 mesh

Forsøksopplegg se tabell 7.

Produkt	Forsøk nr	% Cu	Cu-utv. %	% Zn	Zn-utv. %	% S	S-utv. %
Cu-kons. I+II+III	108	8.79	90.23	3.31	16.09	31.0	10.49
	110	7.32	82.46	1.09	17.73		
Zn-kons. I+II+III	108	0.53	4.35	19.1	70.61	37.9	9.68
	110	0.69	15.83	2.05	68.81		
S-kons I+II+III	108	0.07	3.45	0.38	8.25	47.4	70.77
	110	0.06	0.99	0.20	4.99		
Hovedav- gang	108	0.05	1.97	0.27	5.04	7.01	9.04
	110	0.02	0.72	0.13	8.46		

Resultatene synes å vise at flotasjonsegenskapene til malmtypen III ikke avviker vesentlig fra egenskapene til malmtypen I.

Malmtypene I og III inneholder ca 0.8 % Cu og 2.2 - 3.5 % Zn.

Det at malmtypen III ved siden av svovelkis også inneholder noe magnetkis, har ført til at hovedavgangen ved flotasjon av denne malmtypen inneholder mere svovel enn ved malmtypen I.

Videre synes flotasjonsegenskapene til malmtypene II og IV å være like. Variasjoner i gealter og utvinninger kan i vesentlig grad skyldes variasjonene i rågodsgesalt. Agenstilsatsene skulle ha vært justert etter gealterne i rågodset.

4. Konklusjon.

De forsøk som har vært utført ved Oppredningslaboratoriet har ført frem til et flotasjonsopplegg for fremstilling av tre konsentrater. Ved selektiv flotasjon har vi fremstilt kopperkis-

konsentrat, sinkblendekonsentrat og svovelkiskonsentrat av de fire malmtypene (prøvene I, II, III og IV).

Resultatene fra forsøkene med malmtypen I (A-malmens py/sl/cpy) tyder på at en i et driftsanlegg vil kunne oppnå følgende produkter ved flotajson:

Kopperkiskonsentrat: 20-25 % Cu ved 90-95 % utvinning, 3% Zn
Sinkblendekonsentrat: 50-52 % Zn ved 80 % utvinning, 0.10-0.20% Cu
Svovelkiskonsentrat: 50 % S ved 80 % utvinning, 0.02-0.05 % Cu og 0.20-0.30 % Zn.

Flotasjon av malmtypen II (A-malmens po/cpy) vil kunne gi et tilfredsstillende kopperkiskonsentrat. Men en blanding av malmtypene I og II med et blandingsforhold som svarer til påviste mengder i A-malmen, har gitt et flotasjonsresultat som er like bra eller bedre enn hva en oppnådde med malmtypen I alene.

Forsøkene har videre vist at malmtypene III og IV (fra B- og C-malmen) har tilnærmet de samme flotasjonsegenskapene som henholdsvis malmtypene I og II (fra A-malmen).

De sinkfattige malmtyper II og IV vil gi Zn-konsentrater av betydelig dårligere kvalitet enn malmtypen I.

Oppredningslaboratoriet

5. jan. 1971



M. Digre

S. Krogh
S. Krogh

