



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr 3215	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv Bergverksselskapet	Ekstern rapport nr AK 7102	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Bestemmelse av svovelinnholdet i Mofjellmalmen ved hjelp av jerninnholdet				
Forfatter Aart Kruse		Dato År 00.04 1971	Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) Bergverksselskapet Nord-Norge A/S	
Kommune Rana	Fylke Nordland	Bergdistrikt Nordlandske	1: 50 000 kartblad 19271	1: 250 000 kartblad Mo i Rana
Fagområde Kjemiske analyser	Dokument type		Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Mofjellet	
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype			
Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse Innhold: Konklusjon Jernkilder i malmen Svovelkilder i malmen Grafisk fremstilling av Fe:S-forholdet av malmens kisinnhold				

=====

BESTEMMELSE AV SVOVELINNHALDET I MOEFELLMALMEN

=====

VED HJELP AV JERNINNHALDET

=====

INNHold.

1. KONKLUSJON	Side	1
2. JERNKILDER I MALMEN	"	2
2.1. Ikke sulfidbundet jern.	"	2
2.2. Sulfidbundet jern	"	4
3. SVOVELKILDER I MALMEN	"	4
4. GRAFISK FREMSTILLING AV Fe:S-FORHOLDET	"	5
AV MALMENS KISINNHold	"	
4.1. Tabell av borkjerneanalyser	"	5
4.2. Grafisk fremstilling av borkjerneanalyser"		5
4.3. Månedssanalyser	"	6
Bilag 1: Borkjerneanalyser		
" 2: månedssanalyser		
" 3: empirisk grafikk av Fe:S-forholdet		
i malmens kisinnhold.		

1. KONKLUSJON.

S-analyser er meget tidskrevende og kan ikke foretaes med atomabsorbsjon (AAS). P.g.a. det store antall prøver fra bl.a. grube og felt er S-analyser i den senere tid sløyfet. For produksjonsplanleggingen er det i høy grad ønskelig å vite råmalmens svovelinnhold. Ved malmberegningen er det derfor ønskelig å kunne angi malmens S-innhold. Ved hjelp av de med AAS foretatte standardanalyser på Pb, Cu, Zn og Fe er det mulig å beregne tilnærmelsesvis riktig malmens S-innhold på en meget enkel måte.

De brukte analysedata stammer fra de siste par år, da AAS allerede var i bruk (som gir meget pålitelige jernanalyser),

og da det ennå delvis ble foretatt S-analyser (våtkjemisk).

AAS-analyser gir % Fe_{tot} .

Ved å trekke fra Fe_{tot} jernet som er bundet til sinkblende og kopperkis får en

$$\begin{aligned} \% Fe_{kis+gråberg} &= \% Fe_{tot} - \left(\frac{1}{9} \times \% Zn + \% Cu \right), \text{ eller} \\ \% Fe_{kis} &= \% Fe_{tot} - \left(\frac{1}{9} \% Zn + \% Cu \right) - 2.4 \% Fe \end{aligned}$$

(% $Fe_{gråberg}$ består av ikke sulfidbundet jern = 2.4 % Fe)

Ved å avlese på grafikkens venstre ordinat % $Fe_{kis} + gråberg$ (eller på grafikkens høyre ordinat % Fe_k) går en horisontalt til en skjærer Fe_k/S_k -kurven. Fra skjæringspunktet går en vertikalt nedover for å finne % S_k (svovel knyttet til svovelkis + magnetkis).

% S_{tot} finner en ved å addere S-innholdet bundet i blyglans + kopperkis + sinkblende:

$$\% S_{tot} = \% S_k + \left(\frac{1}{6} \% Pb + \% Cu + \frac{1}{2} \% Zn \right)$$

For enkeltanalyser blir usikkerheten anslått til $\pm 1\% S$.
For gjennomsnittsanalyser, basert på flere enkeltanalyser (flere analyser i et borhull, flere borhull i et profil, månedsanalyser fra flotasjonen) blir usikkerheten anslått til å være $\pm 0.5 \% S$.

2. JERNKILDER I MALMEN.

De viktigste Fe-kilder i Mofjellmalmen er: svovelkis, magnetkis, sinkblende (marmatitt), kopperkis, jernforurensning fra nedknusning og nedmaling, noe magnetitt/hematitt, spor jernkarbonat og noe silikatjern (særlig epidot, muligens også biotitt og hornblende, som antas å være i meget liten grad oppløselig.)

Av det oppløselige totaljerninnholdet kommer størsteparten fra kismineralene.

2.1. Ikke sulfidbundet jern.

Det i Kongsvann ($HNO_3 + HCl$) oppløselige jern fra ikke sulfidiske kilder er ikke direkte målbart, men det viser seg mulig å finne et erfaringstall for det på følgende måte.

I forbindelse med malmberegninger ble av og til gråbergpartier mellom malmførende partier analysert. Det dreier seg hovedsakelig om 3 typer bergarter:

- a) glimmergneis og granatglimmergneis uten synlige kisimpregnasjoner;
- b) " " " med svake " "
- c) hornblendeglimmergneis (+ granat) med svake kisimpregnasjoner.

Noen få analyser som ble foretatt viser følgende tall:

	borhull	profil	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe
a) gneis uten	344	2175 Ø	0.14	0.02	0.22	2.15
synlige	342	"	0.16	0.09	0.12	1.28
kisimr.	356	1720 Ø	0.22	0.06	0.16	2.89
	"	"	0.16	0.07	0.09	3.31
	Gjennomsnitt		0.17	0.06	0.15	2.4
b) gneis med	341	2175 Ø	0.13	0.12	0.25	4.34
svake	373	2182	0.09	0.04	0.11	4.67
kisimpr.	372	"	0.05	0.07	0.12	3.34
	Gjennomsnitt		0.09	0.08	0.16	4.1
c) Hornblende	343	2175 Ø	0.14	0.06	0.19	4.20
gneis med	369	2182	0.00	0.03	0.10	3.57 *
svake	359	1720	0.02	0.02	0.03	6.15
kisimpr.	gjennomsnitt		0.05	0.04	0.10	4.6

* Bare delvis med svake kisimpregnasjoner.

Konklusjon: Selvom tallmaterialet er litt lite, er det tilstrekkelig entydig til å fastlegge størrelsesorden på Fe-innholdet i gråberg:

- 1) gråberg uten synlige kisimpregnasjoner holder ca. 2.4 % Fe (alt ikke sulfidbundet oppløselig jern)
- 2) Gråberg med svake kisimpregnasjoner holder 4.4-2.4 = ca 2 % Fe knyttet til kis.

N.B.: At gråberganalysene viser spor Pb, Cu og Zn kan skyldes enten mikroskopiske mengder av disse metallsulfider, eller forurensning under nedknusning og nedmaling av prøvene, hvis utstyret ikke er blitt grundig nok rengjort.

2.2. Sulfidbundet jern.

De jernholdige sulfider holder jern i følgende forhold:
 sinkblende (marmatitt) består av ca. 89 % ZnS + 11% FeS, som
 tilsvarer ca. 60 % Zn + 6.5% Fe + 33.5 % S (jernfri ZnS består
 av 67 % Zn + 33 % S).

Marmatittisk sinkblende. Forholdet Zn:Fe = ca. 9:1

Svovelkis : FeS_2 " Fe:S = ca. 9:10

Magnetkis: Fe_7S_8 . " Fe:S = 1.525 = 3:2

Kopperkis: CuFeS_2 " Cu:Fe = 1.131 = ca. 1:1 ved lave
 " Fe:S = 0.871 = ca. 1:1 Cu-ge-
 halter

Konklusjon. Fe-innholdet knyttet til kopperkis og sinkblende
 er ca. $(\% \text{Cu} + \frac{1}{9} \times \% \text{Zn})$

Er $\% \text{Fe}_{\text{tot}}$ = malmens totale oppløselige jerninnhold, og
 $\% \text{Fe}_{\text{gråb.}}$ = " ikke sulfidbundne oppløselige jerninnhold
 $\% \text{Fe}_K$ = " jerninnhold knyttet til svovel + magnetkis,
 da er

$$\begin{aligned} \% \text{Fe}_{\text{tot}} &= \% \text{Fe}_K + \% \text{Fe i kopperkis/sinkblende} + \% \text{Fe}_{\text{gråb}} = \\ &= \% \text{Fe}_K + (\% \text{Cu} + \frac{1}{9} \times \% \text{Zn}) + 2.4 \%. \end{aligned}$$

$$\% \text{Fe}_K = \% \text{Fe}_{\text{tot}} - (\% \text{Cu} + \frac{1}{9} \times \% \text{Zn}) - 2.4 \%. \quad \underline{\hspace{10em}}$$

3. SVOVELKILDER I MALMEN

Den altoverveiende del av malmens svovelinnhold er bundet til:
 sinkblende + svovel - magnetkis, og i mindre grad til kop-
 per- og blyglans. Disse sulfiden inneholder svovel i følgende
 forhold: sinkblende: ZnS. forholdet Zn:S = 2.030 = 2:1

svovelkis : FeS_2 . " Fe:S = 0.873 = ca. 9:10

magnetkis: Fe_7S_8 " Fe:S = 1.525 = ca. 3:2

kopperkis: CuFeS_2 " Cu:S = 0.986 = ca. 1:1

blyglans : PbS " Pb:S = 6.463 = ca. 6:1 ved
 lave Pb-gehalter.

Konklusjon. S-innholdet knyttet til PbS + CuFeS_2 + ZnS
 = $(\frac{1}{6} \% \text{Pb} + \% \text{Cu} + \frac{1}{2} \% \text{Zn})$

Er $\% \text{S}_{\text{tot}}$ = malmens totale svovelinnhold,
 $\% \text{S}_K$ = " S-innhold knyttet til svovel- og magnetkis,
 da er
 $\% \text{S}_{\text{tot}} = \% \text{S}_K + \% \text{S i blyglans/kopperkis/sinkblende},$

$$\text{eller } \% S_{\text{tot}} = \% S_K + \left(\frac{1}{6} \% \text{Pb} + \% \text{Cu} + \frac{1}{2} \% \text{Zn}\right).$$

4. GRAFISK FREMSTILLING AV Fe:S - FORHOLDET AV MALMENS KISINNHOOLD.

4.1. Tabell av borkjerneanalyser.

Borkjerneanalyser, bilag 1, danner grunnlaget for denne lille utredningen.

Det ble opprinnelig antatt at alt jern, - etter fradrag av jernet som er bundet til kopperkis og sinkblende - , er knyttet til svovel- og magnetkis. På denne antakelse ble forholdet Fe:S beregnet (som etterpå viste seg å være lik forholdet $\text{Fe}_{\text{Kis}} + \text{gråberg} : \text{S}_{\text{Kis}}$). Det høyest mulige Fe:S forhold er 1.525, tilsvarende en malm som kun fører magnetkis som kis-mineral. Som en ser er gjennomsnittet for de 22 Fe:S-tall i bilag 1 = 1.65, som er høyere enn det teoretisk mulige.

En ser også at:

11	"	"	"	"	0.96 og 1.53	(under forholdet for magnetkis)
11	"	"	"	"	1.60 og 3,1	over " " " hvorav 4 over Fe:S= 2.0
14	"	"	"	"	1.26 og 2.00	

Dette tyder på at en del av det oppløselige jerninnholdet i råmalmen stammer fra ikke sulfidiske jernkilder i magnetitt, hematitt, jernforurensning, spor jernkarbonat og noe jern fra jernsilikater som epidot (og muligens noe fra biotitt og hornblende). Det ble derfor nødvendig å innføre en korreksjon og som sett under avsnitt 2.1. blir den ikke sulfidbundne jernandelen anslått til å være ca. 2.4 % Fe.

4.2. Grafisk fremstilling av borkjerneanalyser.

Tallene i bilag 1 for $\% \text{Fe}_{\text{k+gråb.}}$ og $\% \text{S}_K$ ble satt ut i grafikken i bilag 3, og en får en relativt brukbar korrelasjon mellom jern og svovel. Hellingen på kurven er $\text{Fe}_K : \text{S}_K = 0.94$ som tilsvarende 87% svovelkis + 13% magnetkis (summen for blandingen svovelkis + magnetkis = 100 %).

$Fe_k:S_k$ -forholdet = 0.94:1 tilsvarer et forhold $S_k:Fe_k = 1:0.94 = 1.06$.
W.a.o. er $S_k = 1.06 \times Fe_k$. Selvom forholdet svovelkis:magnetkis varierer noe i malmen, er innflytelsen av denne variasjon på Fe:S-kurvens helling beskjedne.

Usikkerhetsgrensene er også angitt i grafikken, og er for enkeltanalyser i størrelsesorden $\pm 1\%$ S. For borhullslengder som er beregnet som et gjennomsnitt av flere enkeltanalyser, for beregnede gjennomsnitt av et profil som er basert på flere borhull, og for flotasjonens månedsanalyser som er basert på flere døgnanalyser, er usikkerheten vesentlig mindre, anslagsvis i størrelsesorden $\pm 0.5\%$ S.

4.3. Månedsanalyser.

Grafikken ble prøvd på noen vilkårlige månedsanalyser. Resultatet er vist i bilag 2, og som en ser er det en relativt god overensstemmelse mellom analysert S-innhold, og de funnet i grafikken ved hjelp av råmalmens jerninnhold.

Disse månedsanalyser ble også plottet i grafikken, og en ser at visse punkter ligger nær opp til $Fe_k:S_k$ -kurven.

Åga, April 1971.

Paul Kruse

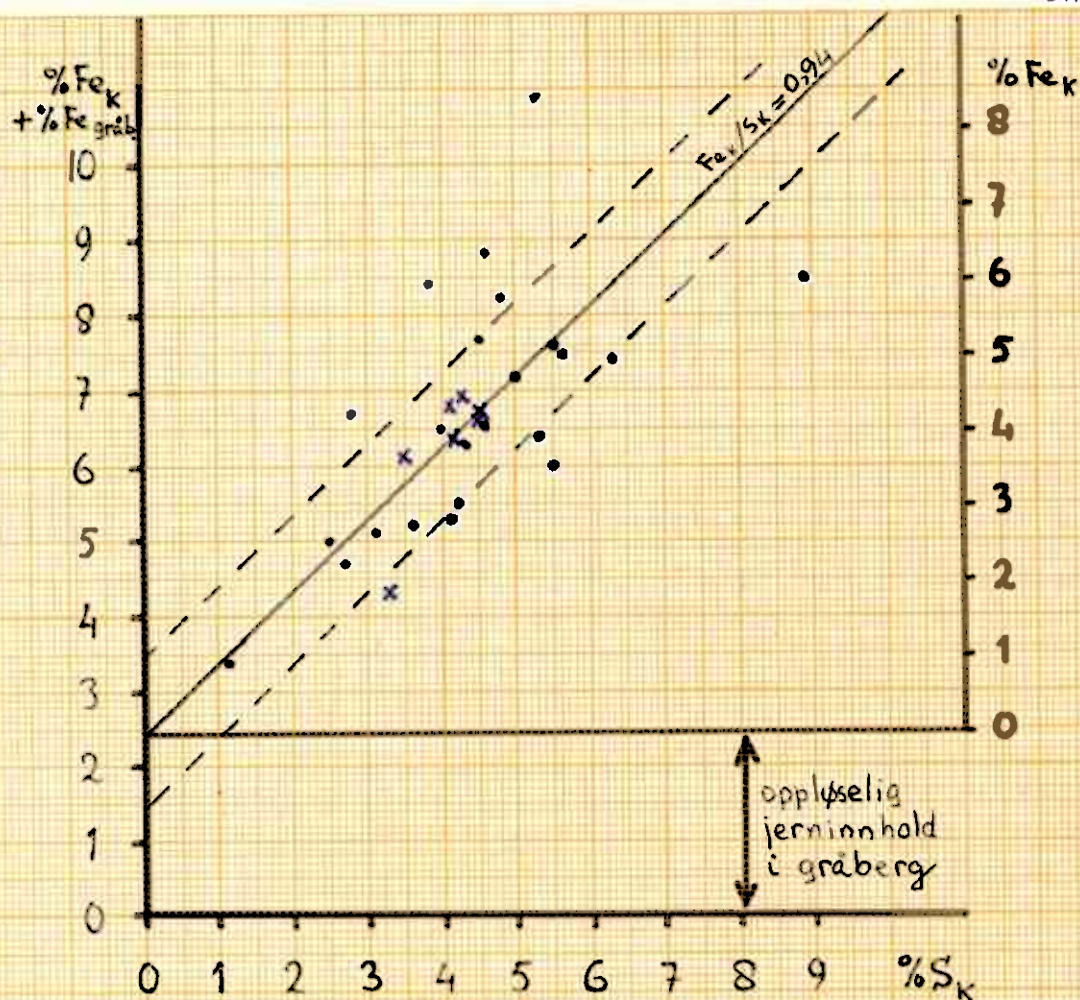
Borkjerneanalyser fra Mofjell Gruber.Bilag 1.

Borhull	Profil	% Pb	% Cu	% Zn	% S	% Fe	%S i (Pb+Zn+Cu)Sulf.	%Fe _{K+gråb.}	%S _k	(%Fe _{K+gråb.}):S _k	
332	18960	0.19	0.33	2.31	4.19	5.27	1.52	4.7	2.7	1.74	
321	13950	0.81	0.24	1.60	3.69	5.38	1.17	5.0	2.5	2.0	
320	"	0.90	0.21	4.29	6.71	6.23	2.51	5.5	4.2	1.31	
		0.50	0.37	3.47	5.27	5.82	2.18	5.1	3.1	1.64	gj.sn.
		1.25	0.23	5.66	8.59	7.31	3.27	6.4	5.3	1.21	
		0.91	0.29	4.76	7.82	8.08	2.82	7.2	5.0	1.44	
		0.15	1.37	6.33	8.38	10.53	4.55	8.4	3.8	2.2	
		sp.	0.08	0.47	1.40	3.61	0.31	3.4	1.1	3.1	
318	17150	1.35	0.43	4.13	8.28	8.44	2.72	7.5	5.6	1.34	
		0.31	0.29	1.31	5.33	6.77	0.99	6.3	4.3	1.46	
		1.67	0.19	3.66	6.37	5.90	2.30	5.3	4.1	1.30	
		0.41	0.32	1.41	5.74	9.30	1.10	8.8	4.6	1.91	
		0.68	0.19	3.00	7.07	11.42	1.80	10.9	5.3	2.06	
311	16600	0.48	0.31	1.82	6.12	8.74	1.30	8.2	4.8	1.71	gj.sn.
		0.52	0.52	1.45	5.26	7.25	1.30	6.5	4.0	1.62	gj.sn.
298	15800	1.25	0.21	3.36	6.56	8.34	2.10	7.7	4.5	1.71	
		0.43	0.32	1.44	3.78	7.22	1.10	6.7	2.7	2.5	
333	18960	1.02	0.35	6.45	9.36	8.5	3.75	7.5	5.6	1.34	gj.sn.
		0.37	0.15	6.34	8.92	6.89	3.38	6.0	5.5	1.09	
		0.86	0.28	3.17	8.31	8.07	2.00	7.4	6.3	1.18	
		0.21	0.20	0.43	4.06	5.45	0.45	5.2	3.6	1.44	
		3.24	0.10	16.01	17.50	10.44	8.64	8.5	8.9	0.96	
										1.65	gj.snitt.

Gjennomsnittet av disse 22 tall er Fe:S = 1.65. Ved å utelate de ekstreme verdier 3,1; 2,5 og 0,96 blir gjennomsnittet Fe:S = 1.56.

MånedsanalyserBilag 2.

Måned/år	%S _{tot} analysert	%S _k beregnet	% Fe _{tot} analysert	%Fe _{k+gråb.} beregnet	%S _k grafikk	%Fe _{k+gråb} :S _k analysert + beregnet	Differanse S _k - S _k grafikk - analysert
Mars 71	5.15	3.31	4.93	4.30	2.0	1.30	- 1.31
febr 71	4.80	3.47	6.63	6.16	3.9	1.78	+ 0.43
jan 71	5.63	4.17	6.87	6.34	4.0	1.54	- 0.17
aug. 70	6.44	4.51	7.28	6.66	4.4	1.48	- 0.11
juni 70	5.94	4.09	7.38	6.78	4.6	1.66	+ 0.51
april 70	6.75	4.51	7.37	6.63	4.4	1.47	- 0.11
mars 70	6.31	4.26	7.56	6.95	4.7	1.64	+ 0.44
				Gjennomsnitt		1.55	- 0.42 + 0.46
						Sum	- 0.32



empirisk grafikk av Fe : S - forholdet i malmens
Kis innhold.

• enkeltanalyse av borkjerne ✕ manølsanalyse

$Fe_{Kis} : S_{Kis} = Fe_K : S_K = 0,94$ tilsvarer et svovelKis : magnetKis -
forhold av 87% svovelKis + 13% magnetKis (sum 100%)

$Fe_K : S_K = 0,94 : 1$ tilsvarer $S_K : Fe_K = 1,06 : 1$

Eksempel: er råmalmens $Fe_{Kis+gråberg}$ - innhold = 7,4% (jernet
Knyttet til svovelKis + magnetKis + det oppløselige jerninnholdet
i gråberg), så er råmalmens Fe_K - innholdet $7,4 - 2,4 =$
5%, og S_K - innholdet (Knyttet til svovelKis + magnetKis) =
 $= 5 \times 1,06 = 5,3\% S_K \pm 1\% S$ (som også kan avleses direkte i
grafikken).

$$\%Fe_{Kis+gråberg} = \%Fe_{total} - \left(\frac{1}{6} \cdot \%Zn + \%Cu\right)$$

$$\%Fe_K = \%Fe_{Kis+gråberg} - \%Fe_{gråberg} = \%Fe_{Kis+gråberg} - 2,4\% Fe$$

$$\%S_K = 1,06 \%Fe_K \pm 1\% S$$

$$\%S_{total} = \%S_K + \%S \text{ i blyglens, KopperKis + sinkblende} = \%S_K + \left(\frac{1}{6} \cdot \%Pb + \%Cu + \frac{1}{2} \cdot \%Zn\right)$$