

Bergmester Sinding og hans innsats, spesielt ved Folldals-verket

I 1745 ble det funnet kobbermalm i Folldalen, om lag 100 år etter at Røros-verket kom i drift. Det er lite skog i dette fjellnære området, og det utviklet seg derfor samdrift mellom verkene i Folldal og Alvdal, i hovedsak med gruvedrift i Folldalen og smelting i Alvdal. I Alvdal ble Strøms hytte for smelting av lokal malm opprettet ca. 1720. Alt i 1747-48 var det framkjørt 3000 tønner Folldalsmalm til denne hytta. Ei ny hytte kalt Lovise ble bygd ved Sølva i 1748. Optimismen var av og til stor. I 1863 heter det ” ... er det dog (Foldals grubes) mægtige kiisleie, der altid har været og fremdeles er den herværende værksdrifts fornemste bærer, idet det stedse har opfordret til drift, selv når tidsomstendighederne udøvede det følsomste tryk på alle landets næringsveie.” Dette står i en beretning skrevet av Oluf Olsen i Folldal datert 24. august 1863, som tar for seg forholdene på Sindings tid (Olsen 1863).

Malmen i gammelgruvene i Folldal var ikke særlig kobberrik. Frank Vokes, professor i malmgeologi oppgir ca. 1.5 % Cu, knyttet til kobberkis CuFeS_2 , samtidig var svovelinnholdet ganske høyt (ca. 35%). Mye var derfor i form av svovelkis FeS_2 . Det måtte svært høye kobberpriser til før det lønte seg å grovkinuse og handskeide fattig malm

i Folldalen, og føre anriket malm med gyllen kobberkis til Alvdal på sledeføre. For å spare vekt var det på 1800-tallet logisk nettopp å utvikle såkalt *kjernerøsting* i Folldalen. Ytre sett var driften ved bergverkene ellers preget av et fallende prisnivå, som på den tida ble mer og mer bestemt av oversjøiske forhold, knyttet til rike malminn i USA og Chile.



Fig. 1. Forside av medalje med Sindings portrett.
Foto: Hedmarksmuseet

Utviklingen i Folldalen gjennom de første vel 100 årene avspeiler både de spesielle egenskapene ved Folldalsmalmen og transportproblemene, dernest

også innsats fra Matthias Wilhelm Sindings side, en av våre mest betydelige metallurger på 1800-tallet. Han ble født i 1811 og døde alt i 1860, midt i et aktivt virke. Han tok bergeksamen ved Universitetet i 1835 og var myntguardein på Kongsberg fra 1836-41. Etter et par år med utenlandsstudier ble han tilsatt som bergmester i Det Nordenfjeldske distrikt i 1841. Da han ble tilsatt hadde han innført metoder for utvinning av sølv fra avgang på Kongsberg. I fig. 1 er han avbildet på en medalje. Andre portretter er ikke kjente.

I samtida var det sjølsagt en allmenkunnskap om bergverksdrift og kobberutvinning. Først på 1800-tallet skjedde det en betydelig utvikling innen kjemien, kanskje aller mest knyttet til svenske Jöns Jacob Berzelius' navn. Han innførte symboler med 1-2 bokstaver for de enkelte grunnstoffene, mest basert på deres latinske navn. Han påviste at de i nesten alle forbindelser, slik som mineraler, forekom i konstante forhold. Dette førte videre til atomveker og bindingsteori. Det er meningsløst i våre dager å diskutere utvinning av kobber uten å knytte den til vanlig malm med mineralet kobberkis CuFeS_2 , som ofte opptrer sammen med svovelkis FeS_2 eller magnetkis FeS , i mindre grad med blyglans PbS og sinkblende ZnS . Alle disse mineralene kunne en *Erzscheider* eller også en vasskarryss skjelne fra hverandre og fra bergarten. I Follidalen het dette *plukking*.

Nest etter kobber hadde også svovel lenge vært av interesse, som andel av svartkrutt helt siden middelalderen. I

Europa ble det utvunnet svovel som mineral på Sicilia. I eldre tid spilte svovel kalt *brennestein* en viss rolle som eksportvare fra Island. Rundt år 1800 ble framstilling av svovelsyre ved den såkalte blykammerprosessen utviklet. Slik svovelsyre ble et meget viktig råstoff for den voksende papir- og kunstgjødningsindustrien. På grunn av økt behov steg prisen på svovel fra Sicilia betydelig i 1838, slik at svovelkis FeS_2 ble attraktiv som alternativt råstoff for produksjon av svovelsyre etter overføring til SO_2 ved røsting. Likevel var prisen så lav at det i Midt-Norge ikke lønte seg å utnytte annen kis enn fra Ytterøya i Trondheimsfjorden, der en kunne laste rett over i båt. Den første produksjonen av svovelsyre i Norge ser ut til å ha blitt satt i gang ved Leren Chromfabrik ved Nedre Leirfoss i Trondheim i 1841. Rimelig transport av kis over land i "det nordenfjeldske" for utskipping ble først mulig da Røros-banen ble åpnet i 1877, med Arvedalslinja som sidegrein til Kongens gruve i 1886. Bygging av bane fra Alvdal til Follidal ble planlagt på 1870-tallet, men ble stoppet med en stemmes overvekt i Stortinget. På 1900-tallet ble det i stedet bygd taubane fra Follidal til Alvdal. Det var først fra ca. 1968 ved åpningen av de nye gruvene i Tverrfjellet ved Hjerkinna på Dovrebanen at landtransport av Follidalsmalm – nå fra nye gruver – ble enkel og rimelig.

Sinding arbeidet på 1840-tallet med å utvikle en metode for utvinning av elementær svovel fra FeS_2 -rik malm. Som vi skal se gikk han litt før 1850 over til å interessere seg for utvinning av kobber fra fattige malmer, berghal-

der og avgang fra tidligere drift. Når Follaldsverket fikk en ny og god start i 1849, hang det sammen med gode utsikter for å utnytte avfall på en ny måte. På grunn av Krimkrigen steg dessuten prisen på metallet og ga dermed det nye verket en god start. Også ved anlegget ved Ormhaugen, seinere kalt Nyplassen ved Røros ble hans metode for å gjenvinne kobber tatt i bruk midt på 1850-tallet.

Arbeidet med utvinning av svovel fra svovelkis baserte seg på å drive av det andre svovelatomet i FeS_2 . Prosessen kan uttrykkes som $\text{FeS}_2 = \text{FeS} + ? \text{S}_2$. Med atomvekter 32 for svovel og 56 for jern ville slikt kondensert svovel utgjøre $32/(64+56) = \text{ca. } 27\%$ av vekta for motsvarende mengde svovelkis. Svovel avdrives som gass og må kondenseres. Men det er en varmekrevende (endoterm) prosess, som krevde for eksempel støpejernsretorter med utvendig oppvarming.

Sinding publiserte sjøl resultater av forsøk ved Leren Chromfabrik (Sinding 1847). Han hevder at man bør "underkaste Kiesen en Brænding i fri Ild, under Indvirkning af en desoxyderende Flamme". Dette svarer til en balanse mellom avdrivning av svovel og forbrenning av en viss andel, slik at reaksjonen kunne "gå opp" varmeteknisk. Prosessen minner derfor om tjærebrenning i mile, som også er en balanse mellom endoterme og eksoterme reaksjoner, og dessuten kondensasjon av gass. Han fikk midler fra Rørosverket for å eksperimentere ved valseverket ved Leirfossen, sammen med "Hr. Faktor Stromeyer". De brukte en apparatur, som er avbildet i fig. 2 i plan

og som snitt: A er en gassgenerator, fyrt halvt med trekol, halvt med ved, B forbrenningsrom, C en kisovn, D, D og E murte fortetningsrom, F avledningsåpning for gassen fra kisovnen, G åpning for innsetting av kisen (som er lukket ved drift), H åpning, som benyttes for sikkert å kunne antenne restgassen (Sinding 1847). Han hevder at de ved eksperimenter oppnådde 11% utbytte av svovel, relativt til forbrukt kis. Vedforbruket er ikke oppgitt. (Som kjent ble svovel nesten 100 år seinere et viktig produkt sammen med skjærstein ved Orklaprosessen, som smeltet Løkken-kis i koksfyrt sjaktovner og ble etablert ca. 1930 i Thamshavn ved Orkanger).

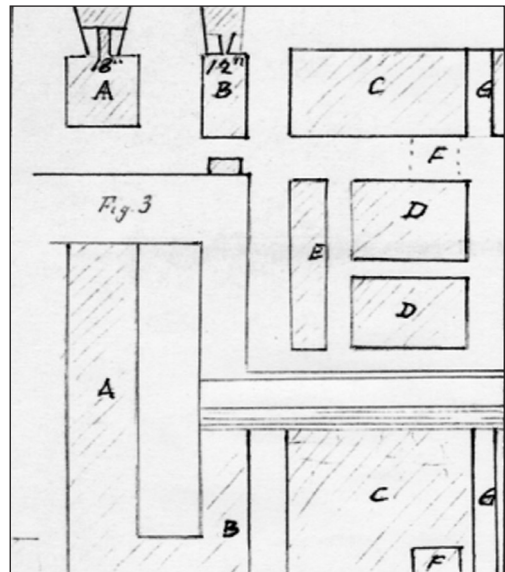


Fig. 2 Reaktor for avdriving og oppsamling av svovel, vist i plan og som snitt (Sinding 1847).

I Grimsdalen er det funnet et hytteanlegg, med en rolle som ikke er blitt klarlagt (Bækkelund & al., 1998:63).

Kanskje en kan sette opp som rimelig påstand at det var i bruk for svovelutvinning av kis?

Dette blir styrket av at det ikke er noen utnyttbar vasskraft på stedet.

Carl Weltz, en tysk gruveingeniør bosatt i Norge (postadresse Dovre!) tenker også på avdrivning av svovel ved "fri" flamme (Weltz 1862). Men han har ikke noen tro på lønnsomhet, i hvert fall ikke i Folldalen med store transportkostnader til markedet. Det ser derfor ikke ut til at denne prosessen ble tatt i bruk i større skala, og Sinding arbeidet neppe videre med den etter 1848. I stedet viet han seg til arbeid med kobber. Det hevdtes at avrenning på en regnvåt dag i Folldalen av blått, CuSO_4 -holdig vann fra gamle avfallshauger satte ham på ideen.

I et større perspektiv kan en si at kobberframstilling i Norge har gått gjennom fem faser, sett fra metallurgisk side. Teknikken som ble tatt i bruk på 1600-tallet ser ut til å være en ren overføring av tysk praksis, som baserte seg på malmer med helst over 5% Cu. Etter hvert ble det et sterkt behov for å utnytte fattigere malmer. Såkalt *kjernerøsting* ser ut til å ha blitt tatt i bruk i Folldalen på 1770-tallet. Midt på 1800-tallet ble det utviklet en metode for å utnytte det røde avfallet etter kjerneskeiding. Det kunne inneholde over 1 % kobber. Som vi skal se var det særlig på dette området at Sinding utførte et pionerarbeid. På 1880-tallet kom bessemering, som førte til sentralisering og sterk effektivisering på Røros. På 1900-tallet ble flotasjon som metode innført, først rundt 1910 i Sulitjelma

og på Røros – Storvartz rundt 1925. Flotasjon krevde sterk nedmaling, og smelteprosessene måtte ta hensyn til finkornede konsentrater, som samtidig var ganske rike. I Sulitjelma ble elektrisk skjærsteinsmelting utviklet. - Tilsvarende utvikling foregikk ved brytning i gruvene, ved skeiding og for transporten: fra bruk av tykke jernbor til enmanns stålbor; fra fyrsetting til bruk av krutt og dynamitt; innføring av setzmaskiner; transport på skinner, etter hvert elektrisk; taubaner o.s.v. Her blir særlig utviklingen for metallurgien knyttet til Sinding på 1800-tallet omtalt.

Mye foregikk i Folldalen. Utviklingen før Sinding begynte sitt virke er beskrevet av Henrik Christian Strøm (1784-1836), en annen betydelig bergmann, født og utdannet på Kongsberg, med tilleggs-utdanning fra Freiberg og Stockholm, der han var elev hos den berømte Berzelius. I året 1821 fikk han trykt et arbeid om kjernerøsting, som var en prisoppgave fra Det kgl. Selskab for Norges Vel (Strøm 1821). Ei røste kunne være over 10 m lang, gjerne 3-4 m bred og opp til 2 m høy. Han peker på at dersom temperaturen ikke blir for høy, finner man igjen hvert malmstykke slik det ble lagt inn, men nå oppdelt i to ulike deler: kjernen med nesten all kobber sammen med svovel, mens det røde, nesten kobberfri skallet ("skrovet") besto av mest jernoksid Fe_2O_3 og kunne skilles ifra ved såkalt kjerneskeiding (sikkert utført av ungdommer med små hamre). Det hevdtes at prosessen ble etablert i Folldalen av hyttimester Bredahl så tidlig som ca. 1760.

Han fastslår at det lønner seg å bru-

ke svovelkis med litt kobberkis, altså en malm som det ikke svarer seg å smelte direkte. Magnetkis-rik malm er ikke godt egnet fordi den inneholder mindre brennstoff, noe den langvarige røstinga krevde. Ved Folldals verk brukes opp til 150, kanskje 200 tønner malm. Ei røste brenner minst 10 – 12 uker, med 200 tønner og grov malm opp til 4 måneder. Han sier at på grunn av SO₂-røyk bør ikke røsting foregå mens marka er bar. Røsta må ha tilsyn hele tida.

Strøm laget et ganske realistisk regnskap, der han tar hensyn til kolforbruk, kobbertap i skrovet og i slaggen ved skjærsteinsmelting o.s.v. Han er oppmerksom på at kobber i skrovet kan lutes ut med tynn svovelsyre, men foreslår ikke noen metode for utfelling i større skala.

Kjernerøsting var også tidlig tatt i bruk ved Kongens gruve på Røros. Han sier at den knapt er egnet for malm fra Storvarts, og ikke for Muggruva og Grønskal (egentlig Grønnskar). Kanskje for deler av Løkkenmalmen. Ved Kjøli, i drift 27 år tidligere, var det visse mislykte forsøk.

I en siste del har han "teoretiske bemerkninger": Utgangspunktet er et stykke halvt røsta kis: Et tverrsnitt består av tre ulike deler: innerst uomdannet kis, så følger "kjerne", og ytterst er det jernoksid. Ved videre røsting avtar kisan delen mens kjernen og skrovet tiltar i relativ mengde. Se fig. 3. Prosessen minner om andre fenomen ved kobbersmelting, som vitner om jernets affinitet til oksygen og svovelsyre (= svoveldioksid) og kobberets affinitet til svovel. Ved kjernerøsting sublimerer eller oksideres den første del av svove-

let, resten forener seg med kobber og noe jern og danner kjerne, mens det meste av jernet oksideres og skilles ut mekanisk. Strøm bruker ordene "kjemisk polarisering". Hvor-dan er dette mulig når ingen smelte oppstår? Han siterer det latinske "*corpore non agunt nisi fluida*" – stoffene reagerer bare som smelter. Han sier derfor at stoffene må være "*i nogen Grad af Smeltning*" og bruker også ordene "*partiell Smeltning*", skjelner ellers mellom elektronegative og elektropositive metaller.



Fig. 3. 3 trinn ved kjernerøsting, etter Percy (1861): a – råstoff b – skrov, kjerne og uomdannet kis c – produkt med kobber og svovel i kjernen, skrov med jernoksyd på overflaten.

Strøm fikk en velfortjent pris for dette arbeidet. Det er som uttrykk for naturvitenskapens stilling rundt 1820 meget imponerende, både hva gjelder observasjoner, utførte laboratorieforsøk, beregninger og teori. Han foregriper begreper som ble navngitt av den berømte geokjemikeren V.M. Goldschmidt 100 år seinere, nemlig *chalkofile* og *siderofile* grunnstoffer (chalkos og sideros er kobber og jern på gresk). I våre dager blir det godtatt at svovel, kobber og jern kan diffundere (flytte på seg), også i fast fase.

A. Holmsen oppgir for Folldalsverket i året 1869 en malm med 2-2.5% Cu, som etter røsting inneholdt en blå kjerne med 52.5% Cu, en blålig-gul neste del med 24.5% Cu, så en gul med 20% Cu og en rå kjerne med 9.8% Cu.

Men bare en liten del ble til kjerne. Kanskje 10% med et kobberinnhold på 5%. Resten var skrov med 1.2 – 1.5% Cu (Holmsen 1945).

Lenge trodde en at det ytre skallet kalt skrov var kobberfritt. Men 1 – 2 % Cu var vanlig. Dette var løselig i vann (sulfat) eller svak syre (oksid). Fra en slik løsning kunne en felle ut kobber som et pulver ved såkalt sementering (bruk av skrapjern, etter formelen

$\text{Cu}^{++} + \text{Fe} = \text{Cu} + \text{Fe}^{++}$). Metoden ble likevel ansett som for kostbar i Folldalen. Men Pontoppidan har den med i omtale av Kvikneverket (1752, I:319).

En rekke spørsmål melder seg etter lesning: hvor oppsto kjerneøsting, en prosess som bare kunne drives i stor skala? Kan vi følge denne prosessen videre? Bækkelund & al hevder at den ble oppfunnet i Folldal (Bækkelund 1998: 299) og at skrov i 1850 lå igjen fra virksomhet 5-6 tiår tidligere. Det samme sier Mortenson (1970). Et argument for en norsk oppfinnelse er bruken av ordet "skrov", som hos Ivar Aasen står for løs og hullet is, hos Ross og i Norsk Riksmålsordbok for noe som er svampaktig og porøst, for eksempel oppskutt tele. I Selbu er "skrøve" en matrett av melk tilsatt løpe og flatbrød, gjerne servert på formiddagen julaften (erfart i april 2004)!

Det har ikke lyktes å finne noen beretning fra Sindings side om utluting av skrov og felling av kobber fra lutevæsken. Olsen forteller fra Folldals verk i 1863, tre år etter at Sinding hadde gått bort: "Hvad *ludningen* angår, benyttes fremdeles skrovdynge-ludning. I de to sidste år er en større deel nyrostet kiis anvendt ved ludningen,

render ere lagte heelt op til bergsumpen, og reservoiret i bakkeskråningen er taget i brug. Herved har man på den ene side undgået næsten all tab af lud og på den anden side gjort det muligt at skaffe stærkere lud, således at gennemsnitsgehalten i år har været 3° B, istedetfor 1 à 2° B.

Grubens lænsning skaffer os daglig endeel brugbar fældningslud, hvis styrke tiltager mot dybet (fra 1° til 2 ? °B). Lænsningen er nu såvidt fremskredet, at Jamtstrossen og Bings ort ere tilgjængelige.

Al *fældning* foregaaer nu, som før bemærket, i nedre hytte. 4 ovne ere i år i stadig gang." Flere detaljer gir han ikke.

(Enheten °B = Baumé uttrykker tettheten av en væske. For vann er enheten 0, for nesten ren svovelsyre med tetthet 1.841 66° B. Verdien 3 °B uttrykker dermed svak syre). Mens dannet kobbersulfat CuSO_4 løses i vann trengs svak syre for å løse opp dannet kobberoksyd CuO eller Cu_2O , etter formelen $2\text{H}^+ + \text{CuO} = \text{Cu}^{++} + \text{H}_2\text{O}$.

Reaksjonen ved felling av kobber med H_2S kan uttrykkes som $\text{Cu}^{++} + \text{S}^- = \text{CuS}$, der sulfidet er et svart bunnfall, åpenbart lett å skille fra væsken. Gassen ble ledet inn i et reaksjonsrum der lutevæske regnet ned fra taket. I Folldal ble CuS filtrert ifra gjennom vadmål. Virksomheten kunne bare foregå i sommerhalvåret, på vinteren frøs vannet. (Ved Nyplassen ble åpenbart moderne filtreringsutstyr tatt i bruk).

Det har ikke lyktes å finne noen beskrivelse fra Sindings side av generatoren som utvikler H_2S , før kalt svovelvannstoff, i dag hydrogensulfid. Men

tyskfødte Carl Weltz skrev en lengre artikkel om en slik generator, med en tegning vist i fig. 4. (Weltz 1862). Han avslutter med disse ordene:

Seit Einführung unseres Prozesses hier durch meinen verehrten leider zu früh verstorbenen Freund, Bergmeister Sinding, werden jetzt diese Rückstände auf Kupfer benutzt, dabei nicht unbedeutende Mengen Kupfer gewonnen, und zwar zu ganz ungemain billigen Preisen

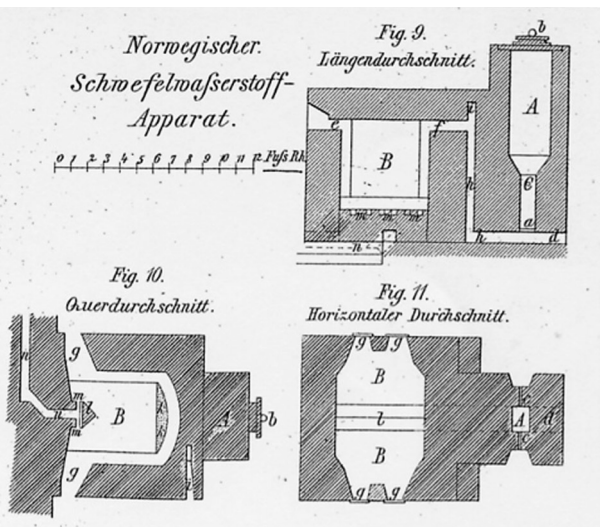
(Schlüter 1738). Selv om Schlüter på noen steder nevner "Kern" i sammenheng med røsting, kan jeg ikke se at det blir referert til at dette er et halvfabrikat fra et første trinn. Percy refererer til praksis i Agordo i en artikkel av Karsten & al (1853) og også til Swedeborg (1734) (Percy 1861). Agordo ligger i den sørlige delen av de italienske Alpene. Olsen nevner i arbeidet fra 1863 også virksomheten i Agordo, den var altså også kjent i Follaldalen (Olsen 1863).

Karsten & al oppgir for Agordomalmen 2% kobber, 43% jern, 50% svovel og 5% bergart. Bare svovelkis kan avgi svovel, som kan fanges opp når det ikke er lufttilgang. Han oppgir ut ifra opplysninger fra dette stedet i Nord-Italia for kjernen ca. 42 % Cu, 29% Fe og 29% S, mens skallet inneholdt vel 3% Cu og 86% Fe₂O₃ (Karsten 1853). Tilsvarende oppgis av Lürzer (1853). – Legg merke til at malmen i Agordo svarer godt til malmen i Follaldal og ved Kongens gruve, men er enda rikere på svovel.

Percy (1861) har en henvisning til David Forbes, som var en avholdt direktør i Espedalen i 1855. Han har en skisse av et malmstykke før og etter kjernerøsting, vist i fig. 3. De røstede malmstykkene ble "kjerneskeidel" for hand. Det røde skrovet ble vraket, mens kjernen med adskillig reduksjon i vekt gikk til smelting.

Dahle utfyller bildet ved å nevne kjernerøsting ved Røros hytte i januar 1763: "en anden svensk Proces" (Dahle 1894:167). I oktober dette året var seks røster i gang ved Røros hytte og to ved Kongens gruve. Bare her er det en henvisning til Sverige.

Fig. 4. Tegning av gassgenerator – trolig den Sinding utviklet (Weltz 1862).



Som råstoff ble brukt ved som var litt fuktig. Luft ble tilført ved b. Veden brant i ovnen merket A og avga en fuktig CO- og H₂O-rik varm gass, som ble ledet gjennom ovn B fylt med stykkmaln og som reagerte med H₂O til H₂S. Gassen gikk videre ut gjennom e.

Det er interessant å plassere utviklinga i Norge i et europeisk perspektiv. Som litteratur er Schlüters store verk en viktig kilde for all kobbermetallurgi



Fig. 5. Typisk del av det gamle verksområdet, slik det ser ut i 2004.

Sluttord

I likhet med mange andre teknologer, og i kontrast til vanlige akademikere, har ikke Sinding etterlatt så mye egen litteratur. Det største arbeidet er en oversatt lærebok i kjemi (Sinding 1838). Men artikkelen fra 1847 er velskrevet og dekkende. Sindings store fortjeneste er at han klarte å lage en industriell prosess med utluting av skrov, fulgt av felling av kobbersulfid CuS med H_2S , som stammet fra kismalm. På hans tid var nok dette blitt en kjent reaksjon i det kjemiske laboratoriet. På denne måten kunne fattige kismalmer komme til nytte. Reaktoren som Weltz gjengir er Sindings produkt og vitner

om stor oppfinnsomhet og evne som konstruktør av – for den tida – komplisert apparatur. Metoden ble brukt i full skala både i Folldalen og på Nyplassen ved Røros.

På rundgang i det gamle verksområdet er det vanskelig å finne spor etter kjerneverk, utluting og felling. Strukturer er det få av, og de er ikke lette å tolke. Et typisk inntrykk er gjengitt i fig. 5. Fargene går fra gul svovel, til rød-blå røsta kis og brun utfelling av jernhydroksid, og grå bergart.

Det bør også nevnes at Sinding var far til fire ganske kjente kunstnere: kunstmaler og forfatter Otto Ludvig Sinding, billedhuggerne Stephan Abel

Sinding og Johanna Sinding, og komponisten Christian Sinding, en imponerende rekke av kunstnere.

Bækkelund, B & Kalvatn, S., 1998:

Folldals Verks historie.

Ca. 1745-1993. Folldal

Dahle, H., 1894: Røros kobberverk

1644 – 1894. Trondhjem.

Holmsen, A., 1945: Et gjennombrudd i kopperets metallurgi. TKBM s. 5-9. Oslo

Karsten, Lürzer & Werther 1853:

Berg. u. Hüttenmänn. Zeit. 12, s. 439.

Freiberg o.s.v.

Lürzer, F. von., 1853:

Über das sogenannte Kernrösten bei den Kiesen und die Schwefelgewinnung bei dem Kiesrösten. Berg- und hüttenmännisches Jahrbuch der kaiserl. königl. Montan-Lehranstalt zu Leoben. Band III. Wien

Mortenson, M., 1968: Bergmester

M.W.Sinding. Biografi. DKNVS forhandling. Trondheim

Mortenson, M., 1970: Bergmester Sinding – en foregangsmann. Bergverksnytt 17 Trondheim

Olsen, O., 1863: Indberetning om Foldals Verks Drift. Manuskript hos Bergmesteren i Trondheim

Percy, J., 1861: Metallurgy.

Vol. I, part 2. s. 439-447. London.

Pontoppidan, E., 1752 (1977):

Norges naturlige historie. København

Schlüter, C.A., 1738: Gründlicher

Unterricht von Hütten-Werken u.s.w.

Braunschweig

Sinding, M.W., 1838: Lærebog i Kjemien

efter Wöhler. Christiania. Som gjengitt i

Mortenson 1968.

id., 1847: Om Kiesertsene og deres

Benyttelse. Bergmanden No. 5

(Kongsberg)

Strøm, H.C., 1823: Om den ved kobber-

holdige Svovelkiese brugelige

Kjærnerøsting og Skeidning.

Budstikken s. 19-32 + 37-42. Oslo

Weltz, C., 1862: Schwefelwasserstoffgas

als Fällungsmittel bei Zugutemachung

kupferarmer Schwefelkiese etc. Berg-und

Hüttenmännische Zeitung s. 129-134, +

ill. Freiberg/Clausthal.

Arne Espelund er pensjonert professor i metallurgi, i arbeid ved Institutt for materialteknologi, NTNU
arne.espelund@material.ntnu.no

Folldal Sport og Klær

Tlf. 62 49 02 53
2580 Folldal

