

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 338.

ÅRSBOK 19 (1925) N:o 5.

MULLMALMER
I SVENSKA JÄRN-
GRUVOR

AV

PER GEIJER och NILS H. MAGNUSSON

—◆—
With a summary:

The occurrence of »soft ores» in Swedish iron mines

Pris 1:00 kr.

STOCKHOLM 1926

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

260550

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 338.

ÅRSBOK 19 (1925) N:o 5.

MULLMALMER
I SVENSKA JÄRN-
GRUVOR

AV

PER GEIJER och NILS H. MAGNUSSON

—◆—
With a summary:

The occurrence of »soft ores» in Swedish iron mines

STOCKHOLM 1926

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

260550

INNEHÅLL.

	Sid.
Inledning	3
Mossgruvefältet	5
Bastjärnsfältet	13
Stollberg	14
Granrotsgruvan	25
Taberg	30
Vittringsföreteelser i lappländska järnmalmer	36
Sammanfattning och diskussion	37
Anförd litteratur	47
<i>Summary</i>	49

Inledning.

Uppenbarligen vittrade malmer av lös, mullartad konsistens hava uti flera mellansvenska järngruvor påträffats i sådan skala, att deras tillgodogörande bildat särskilda problem, såväl med avseende på brytningsteknik som på den utvunna malmens vidare behandling. Dessa »mullmalms» mineralogiska karaktärer och geologiska relationer hava dock hittills endast i ringa utsträckning studerats, varför det för geologerna icke varit möjligt att besvara de frågor, som från gruvindustriellt håll framställts. Föreliggande redogörelse avser att i möjligaste mån fylla denna lucka. Arbetet har dessutom visat sig giva resultat av ett mera allmänt geologiskt intresse. Den första impulsen till detta arbete erhöles vi för några år sedan av bergsingenjör Helmer Sandberg, som uppmanade oss att taga kännedom om den då nyligen under arbete tagna limonitmalm i Stollberg. Detta gav oss också anledning att komplettera några tidigare, ofullständiga undersökningar över analoga förekomster, och upptaga till behandling hela frågan om de mellansvenska mullmalmsernas karaktärer och ursprung.

Vi hava båda besökt samtliga de fyra här utförligare skildrade fyndigheterna, men hava fördelat arbetet så, att Mossgruvan och Taberg huvudsakligen studerats av Magnusson, Stollberg och Granrotsgruvan av Geijer, som även är ansvarig för de lämnade uppgifterna om vissa lappländska järnmalmfält.

Vi hava att tacksamt erkänna den värdefulla hjälp, som med största beredvillighet lämnats oss av vederbörande gruvförvaltningar genom bergsingenjör Helmer Sandberg för Stollberg, disponent G. Forell för Mossgruvan, disponent K. G. Brunnberg och bergsingenjör G. Wallroth för Taberg. På Basttjärn inriktades vår uppmärksamhet av bergsingenjör A. L:son Alarik i Sikfors, och prov hava benäget uttagits och sänts oss av bergsingenjör H. Huss i Ställdalen.

De här publicerade fotografierna äro tagna av hr A. Hj. Olsson.

A bifogade fig. 1 angivas lägena för de olika mellansvenska fält, där vitttringsfenomen av ifrågavarande art anträffats. Såsom synes, är företeelsen vida spridd uti Bergslagen. Därtill komma vissa likartade, men icke alltigenom fullt analoga fall av vitttring i det lappländska järnmalmområdet.

Då de mineral, det här blir fråga om, icke höra till dem vi äro vana att i vårt land finna såsom malmmineral, torde det vara nödigt att förutskicka

några anmärkningar till förtydligande av de i det följande använda termerna. I överensstämmelse med mineralogiskt språkbruk använda vi *martit* för att beteckna en till järnglans (blodsten) omvandlad magnetit. Vad de hydratiska järnmalmerna beträffar, så hava nyare undersökningar [33]¹ ådagalagt, att

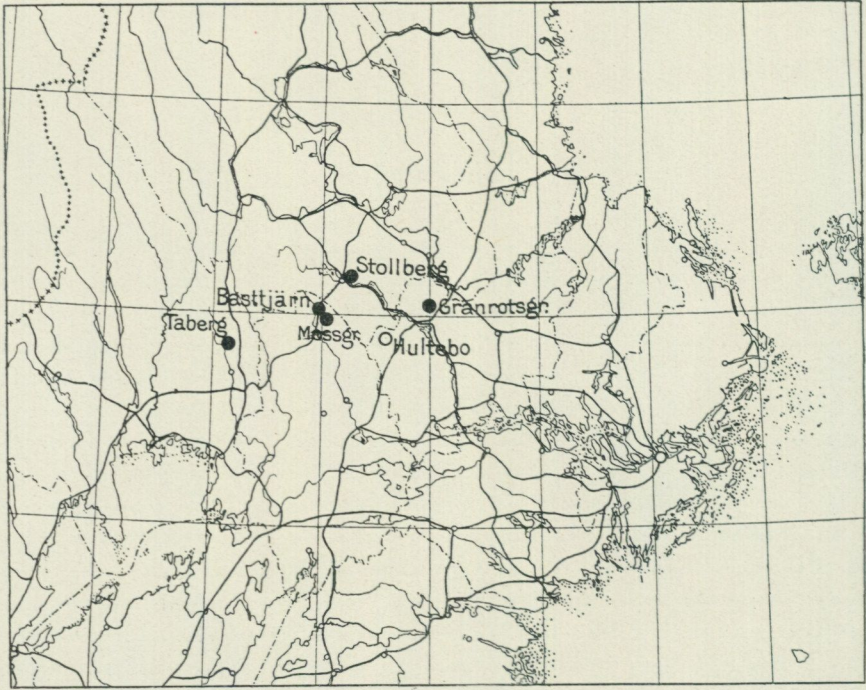


Fig. 1. Orienteringskarta, visande läget av de viktigare mullmalmsförekomsterna i Bergslagen (fyllda cirklar) och kaolinen vid Hultebo (cirkel). *Key map, showing geographical position of occurrences of »soft ores» in Central Sweden (filled circles), and of the kaolin at Hultebo (circle).*

endast ett järnoxidhydrat existerar som mineral, nämligen $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, vilket uppträder i två fysikaliskt skilda kristalliserade former, nämligen *göthit* och *lepidocrokit*, samt amorf som *limonit*. Inblandning av adsorberat eller kapillärt bundet vatten i den amorfa limoniten förklarar, varför analyser av denna städse giva en högre vattenhalt än vad som motsvarar formeln $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

¹ Nummer inom klammer hänvisa till litteraturförteckningen.

Mossgruvefältet.

Mossgruvefältet [30] är beläget inom Ljusnarsbergs socken i Örebro län, 7 km SO om Silverhöjdens järnvägsstation. Malmerna inom detta fält sammanhänga direkt med Sköttgruvefältets malmer och äro endast att betrakta som de ostligaste delarna av de sistnämnda, tidigare kända malmerna. Under det att Mossgruvefältets malmer, så vitt man nu känner, alltigenom äro omvandlade, uppvisa Sköttgruvefältets malmer en sådan omvandling endast i de närmast Mossgruvorna belägna delarna. Den de båda fälten skiljande utmålsgränsen går nämligen ett stycke in i den omvandlade malmen.

Moss- och Sköttgruvefälten äro belägna i en zon av ljust till mörkt grå leptiter. De ljusare typerna synas avgjort dominera inom gruvorna. De mörkare typerna skilja sig från de ljusare genom en väsentligt högre halt av biotit. Genom mikroskopiska undersökningar har framgått, att även en skillnad i fältspatförhållandet förefinnes mellan de båda typerna, i det att de ljusare äro fattiga på kalifältspat (natronextrema), under det att de mörkare innehålla ungefär lika mycket kali- och natronfältspat (alkaliintermediära). Mot S och SO begränsas leptitfältet av det stora granitmassiv, som upptar de ostligaste delarna av Ljusnarsbergs socken. Ett flertal från detta massiv utgående gångar hava påträffats under malmbrytningen och ortdrivningen. I det stora hela har antalet och mäktigheten av dessa gångar varit väsentligt större inom Mossgruvorna än inom Sköttgruvorna, och inom Mossgruvorna kan man iakttaga, att granitgångarna tilltaga i betydelse mot Ö. Härav torde man kunna draga den slutsatsen, att granitytan höjer sig åt detta håll. Till strukturen variera dessa granitgångar från grovt pegmatitiska, med upp till dm-stora mineralkorn, över medelkorniga till aplitiska. Slutligen är att nämna, att ett flertal diabasgångar iakttagits genomskära malmerna och bergarterna kring dessa.

Innan Mossgruvemalmerna beskrivas, skall en kort redogörelse lämnas för de geologiska förhållandena i Sköttgruvan, då dessa åskådliggöra Mossgruvemalmens karaktär före vittringen. Malmen utgöres där av en kalkig, manganfattig svartmalm, vilken åtföljes av endast mycket underordnade mängder skarnmineral, huvudsakligen hornblände men därtill även granat, biotit och klorit. Svartmalm och kalk bilda tillsammans trubbiga linser i leptitkomplexen. Dessa linser stupa i genomsnitt 35° mot SSO. I linserna ligga malmerna genomgående mot liggväggen, vanligen skilda från leptiten genom

en tunn, i allmänhet endast cm- eller dm-bred skarnrand. Utom detta gränsskarn samt det i malmmassan glest fördelade skarnet uppträda här och var i malmen rikare skarnansamlingar, s. k. »kurraberg», vilket utgöres av kalk med rosor av hornbländeskarn. Mot hängandet uppträder en bandning mellan kalk och malm, och därigenom, att malmränderna bliva allt tunnare och kalkränderna allt bredare, ersättes malmen så småningom med kalk. Mot malmlinernas ändar sker även en övergång i kalk därigenom, att malmen medelst smala taggar spetsar ut i denna. Kalk och malm upptaga i stort sett ungefär lika stora delar av kalk-malmlinerna.

Sköttgruvemalmernas kemiska sammansättning framgår av analyserna 1 och 2 i tabell I. För att utröna, i vilka mängder järn- och mangankarbonat ingå i Sköttgruvemalmerna, har ur ett prov av typisk Sköttgruvemalm karbonatmassan isolerats, varefter Dr A. Bygdén utfört en bestämning, vilken visar 3.14 % FeO och 0.65 % MnO. Att karbonatmassan för övrigt till den avgjort övervägande delen utgöres av kalciumkarbonat, och att magnesiumkarbonatet spelar en rätt ringa roll, framgår med tydlighet av de återgivna malmanalyserna.

Som redan är nämnt går gränsen mellan Sköttgruvorna och Mossgruvorna ett stycke in i den omvandlade malmen. I Sköttgruvorna har malmbrytningen ingenstädes drivits någon större sträcka in i mullmalmen utan i stort sett avslutats så snart man träffat på denna. Gränsen mellan fast malm och mullmalm har visat sig förlöpa efter ett brant mot VSV stupande plan, vilket med all sannolikhet är att betrakta som ett förkastningsplan. I den fasta malmen V om gränsplanet har iakttagits en svag omvandling (brunvittring) efter sprickor gående parallellt med nämnda plan. Dessa sprickor synas ingenstädes hava legat mer än ett par meter V därom. Ö om gränsplanet träffas mullmalm utan några resterande malmpartier av Sköttgruvetyp. Gränsen kan sålunda sägas vara mycket skarp.

Inom Mossgruvefältet uppträda malmen på samma sätt som inom Sköttgruvefältet, alltså som relativt trubbiga linser i leptitkomplexen (se tavla 1, vilken är uppgjord efter gruvkartan). Till skillnad från Sköttgruvemalmerna äro dock Mossgruvemalmerna överallt mer eller mindre kraftigt omvandlade, och kalkstenarna, vilka inom Sköttgruvefältet, som nämnt, utgöra ett betydande inslag i kalk-malmlinerna, saknas här fullständigt. De i malmen uppträdande granit- och diabasgångarna äro kraftigt omvandlade och de malmen omgivande leptiterna äro till ett avstånd av en eller annan meter från malmgränsen omvandlade till en lös massa. De mellan malmlinerna liggande leptiterna äro ej omvandlade, ett förhållande, som visar, att den omvandling, som träffat leptiterna, utgått från malmkropparna.

Graniterna, vilka i friskt tillstånd, såsom mikroskopiska undersökningar visat, väsentligen bestå av kvarts, mikroklin, oligoklas och något biotit, hava inom malmkropparna omvandlats till gråvita, lätt söndersmulade massor, vari kvarts och gråpudrad fältspat vanligen ännu kunna påvisas som korn i en vid större vattenhalt degartad kaolinmassa. De underordnade, relativt hårda partier, som förekomma i dessa lösa massor, visa under mikroskopet

en stark omvandling av plagioklaserna, en betydligt mindre omvandling av mikroklinkornen och glimmerbladen, däremot ingen omvandling av kvartsen. Detta visar, att det i första hand är plagioklaserna, som lämnat material till kaolinmassan, i mindre utsträckning mikroklinerna.

Leptiterna hava omvandlats på samma sätt som graniterna. På grund av den betydligt mindre kornstorleken samt den relativt stora halten av plagioklas i den dominerande leptittypen har den kaolinomvandlade leptiten genomgående fått en mera degartad konsistens. Att glimmermineralen äro relativt motståndskraftiga mot omvandlingen framgår däray, att man finner

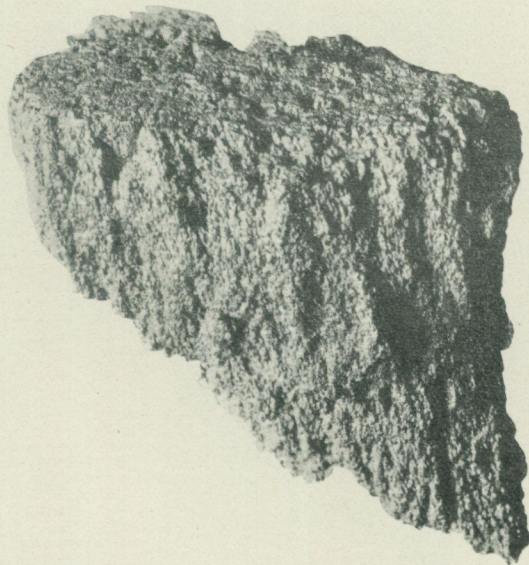


Fig. 2. Magnetitmalm, ur vilken kalkspaten utlösts genom vittring; Mossgruvan. Nat. storlek.
Magnetite ore from which the calcite has been dissolved by weathering; Mossgruvan.
Nat. size.

största delen av de mörka leptiternas glimrar bevarade. I den kaolinmassa, som begränsar mullmalmen mot liggväggen, ingår även till kaolin omvandlat skarn.

Diabaserna äro på samma sätt som de övriga silikatbergarterna omvandlade till en degartad kaolinmassa.

Malmkropparna uppbyggas till avgjort övervägande delen av mullartade bildningar. Dessa äro här av två slag, dels s. k. svartmull, dels en gul, gulbrun eller brun mull, vilken i det följande i överensstämmelse med bruket i gruvan benämnes brunmull. Den s. k. svartmullen består av isolerade, gentemot varandra löst liggande magnetitkorn, samt underordnade kaolin- och karbonatmassor. Under det att den bruna mullen i fuktigt tillstånd är ganska sammanhållande, rinna magnetitkornen i svartmullen om varandra på grund av sin egen tyngd. I svartmullen träffas dock i underordnad mängd mera sammanhållande massor, vilka bestå av magnetit i en karbonatmassa. Under-

sökningar i polerprov visa, att magnetitkornen i viss, i allmänhet ganska ringa utsträckning äro martitiserade. Fullständig torde denna martitisering ingenstädes ha varit. Den karbonatmassa, som här och var finnes bevarad, utgöres till största delen av järn- och mangankarbonat, till en vida mindre del av kalcium- och magnesiumkarbonat.

I svartmullen träffas ibland även sådana partier, som fig. 2 visar: ännu sammanhållande magnetitmassor, vilkas karbonat utlösts, så att slaggiga partier uppkommit. Dessa kunna dock lätt söndersmulas i handen. Malmens ursprungliga stänglighet framträder även i det avbildade partiet.

Svartmull har i större mängder påträffats omkring Stora och Lilla Mossgruveschakten, och, då svartmullen till skillnad från den limonit- och karbonatrika brunmullen huvudsakligen uppbygges av magnetitkorn, erhåller man en god förklaring till de kraftiga drag, som den magnetiska kartan över fältet visar just omkring de båda schakten (se tavla 1). Det var dessa drag, som först ledde till malmens upptäckt och sedan tjänstgjorde som vägledning vid schaktens placering. I mindre mängder har dylik svartmull förekommit här och var i brunmullen i form av rundade, någon gång mera oregelbundna fläckar. Detta förekomstsätt kan studeras flerstädes i gruvorna.

Analys 7 i tabellen s. 9 är utförd på en svart mullmalm. Det som framför allt kemiskt skiljer denna från de bruna mullmalmen är den låga glödgingsförlusten, som visar, att halten av limonit och karbonat är förhållandevis låg.

De bruna mullmalmen utgöra den stora massan, i vilken de svarta mullmalmen endast ligga som större och mindre kärnor. En del av malkroparna ha dock icke innehållit några större svartmalmskärnor. På 50 m avvägn. funnos sådana egentligen endast, som nyss är nämnt, i de malmlinser, för vilkas tillgodogörande Stora och Lilla Mossgruveschakten anlades.

De »bruna» mullmalmen visa en stark variation från gula eller gulbruna till mörkt bruna typer, och ofta, särskilt efter liggväggen, uppträder en utpräglad randning med olika nyanser av gult, gulbrunt och brunt. Mot liggväggen synas de bruna typerna dominera, mot hängväggen däremot de gula och gulbruna. Vid närmare undersökning finner man dessa malmer bestå av magnetitkorn i limonit eller karbonat eller båda. Till dessa beståndsdelar komma alltid smärre mängder kaolin. Magnetitkornen visa sig vid undersökningar i polerprov vanligen vara helt fria från martit. Särskilt gäller detta, där de äro helt omgivna av limonit. Den mull, som ersatt de ursprungliga *malm*massorna, innehåller stora mängder bevarad magnetit, och ofta dominerar denna i blandningen. Den mull, som ersatt de ursprungliga *kalk*massorna, består däremot till avgjort övervägande delen av karbonat och limonit.

Karbonatmassorna bestå, såsom optiska och kemiska bestämningar visa, huvudsakligen av järnkarbonat, men dessutom ingå ej oväsentliga mängder mangankarbonat. I ett prov, som analyserades på mangan av Dr A. Bygdén, visade sig karbonatmassan bestå av 11.97 % mangankarbonat, och att döma av de analyser, som finnas av bruna mullmalmer från Mossgruvan, bör halten av mangankarbonat i karbonatmassan i vissa fall vara ännu större. Däremot

Tabell I. Järnmalmsanalyser från Sköttgruve- och Mossgruvefältet.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Fe ₂ O ₃	48.6	52.23	60.3	52.9	61.26	56.86	60.54	58.37	53.40	51.45	64.82	75.20
FeO	21.3	24.33	22.7	24.6	28.29	25.33	27.77	17.59	20.66	27.15	24.79	5.70
MnO	0.3	0.27	1.2	4.8	1.48	5.47	2.88	2.45	5.31	2.89	3.72	4.55
CaO	9.2	8.60	0.6	0.7	0.50	0.61	0.74	0.67	1.30	0.95	0.20	0.30
MgO	3.1	3.86	0.9	1.0	0.76	0.97	0.94	1.37	0.99	1.33	0.84	1.10
Al ₂ O ₃	2.2	1.61	2.6	2.3	1.10	1.77	2.25	2.51	2.46	2.53	1.80	2.23
SiO ₂	10.7	2.78	6.2	5.3	1.55	2.03	2.41	10.73	10.08	8.49	3.58	6.86
S	0.156	0.041	0.03	0.026	0.005	0.005	0.030	0.066	0.0363	0.0291	0.0195	0.2046
P ₂ O ₅	0.053	0.023	0.041	0.018	0.029	0.031	0.023	0.046	0.0318	0.0643	0.0219	0.0792
CO ₂	4.2	6.256	2.8	6.8	5.00	6.00	1.32	6.09	6.30	5.52	0.25	4.39
H ₂ O			2.5	1.4								
	99.809	100.000	99.871	99.844	99.974	99.076	98.903	99.892	100.5681	100.4034	100.0414	100.6138
Fe	50.6	55.48	59.8	56.1	64.09	59.50	64.00	54.54	53.46	57.13	64.66	57.15
Mn	0.23	0.21	0.93	3.8	1.15	4.24	2.23	1.90	4.12	2.24	2.88	3.45
P	0.023	0.010	0.018	0.008	0.013	0.014	0.010	0.020	0.0139	0.0281	0.0096	0.3046
S	0.156	0.041	0.03	0.026	0.005	0.005	0.030	0.066	0.0363	0.0291	0.0195	0.2046

1. Järnmalm, Sköttgruvan. 2. Järnmalm, Sköttgruvan. 3. Brun mullmalm, Lilla Mossgruvan. 4. Brun mullmalm, Stora Mossgruvan. 5. Brun mullmalm, Bäckgruvan. 6. Urskrädd styckemalm, Mossgruvorna. 7. Svart mullmalm, Mossgruvorna. 8. Mullmalm, Mossgruvorna. 9. Mullmalm, Mossgruvorna. 10. Mullmalm, Mossgruvorna. 11. Mullmalm, Mossgruvorna. 12. Mullmalm, Bäckgruvan.

Analyserna 1 och 2 äro tagna ur Jernkontorets sammanställning av analyser av svenska järn- och manganmalmer (1906). Analyserna 3—7 äro tagna ur C. A. Falks beskrivning av Mossgruvefältet [30]. Analyserna 8—12 äro utlämnade av disponent G. Forell och äro (utom 8) utförda av W. Persson vid Ickorrbottens laboratorium (1919 och 1920). Analys 8 är utförd av Hj. Holmertz vid Stockholms Bergskemiska laboratorium (1920).

synes magnesium- och kalciumkarbonaterna vara mycket underordnade beståndsdelar. Karbonatmassan har en gul färgton, under det att limoniten i denna gruva genomgående har en brun färg. Det blir därför proportionen mellan karbonat och limonit, som bestämmer mullmalms färg. Alla övergångar kunna iakttagas mellan magnetitrika och magnetitfattiga mullmalmer samt mellan mullmalmer, vilka, utom magnetit och en varierande mängd kaolin, innehålla enbart karbonat, och sådana, som föra enbart limonit, och där dessa växla uppkommer en markerad randning.

Järnkarbonatmassorna hava ibland en porös byggnad. Fig. 3 visar ett mikrofoto. av ett sådant järnkarbonat. Det består, som synes, av ungefär

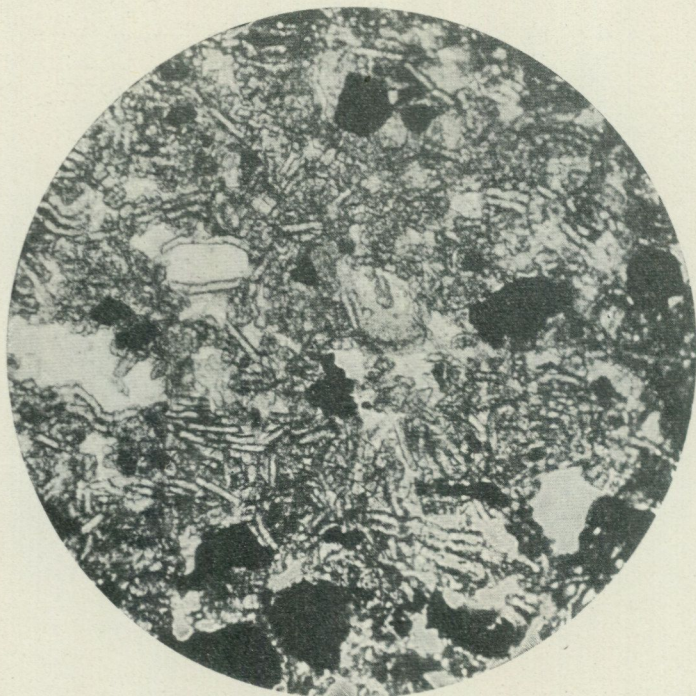


Fig. 3. Järnsparmalm, mycket porös, med några magnetitkorn; Mossgruvan. Foto. av slipprov, vanl. ljus, $\times 36$. *Siderite ore, highly porous, with some magnetite grains; Mossgruvan. Thin sect., ord. light, $\times 36$.*

10 gånger så långa som tjocka cylindrar, uppbyggda av små, utifrån cylindrarnas mittlinjer radierande karbonatkorn. Som figuren visar, böja dessa runt större hålrum. Sannolikt är, att denna egendomliga byggnad uppkommit genom kristallisation av en ursprungligen kolloidal massa (jämför nedan under Stollbergsfältet).

I riklig mängd träffas i den mullartade malmen hårdare partier i form av oregelbundna, slaggiga massor. Ofta ha dessa formen av krutor, vilka omsluta svartmullsfyllda hålrum. Dessa krutor äro täta närmast hålrummet men bli allt mera slaggiga utåt mot den bruna mullen. Då en dylik krusta

slås sönder, rinner svartmullen ut och ett s. k. »drakbo» uppstår (se fig. 4). Polerprov av en dylik krusta visar i reflekterat ljus en mer eller mindre kraftigt martitiserad magnetit, såsom starkt sönderdelade korn i en limonit-

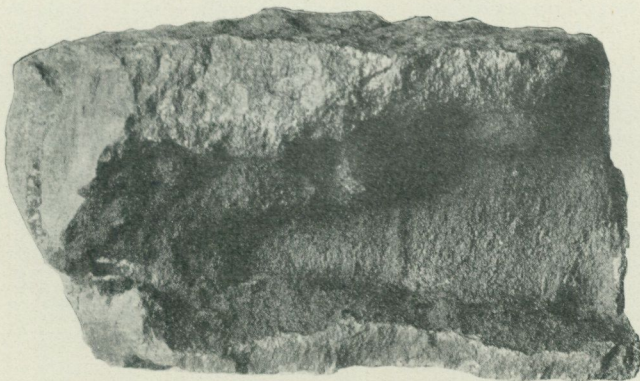


Fig. 4. »Drakbo», hård krusta som förekommer på gränsen mellan »svartmull» och »brunmull»; Mossgruvan. $\frac{1}{3}$ nat. storl. *Hard crust in soft ore, Mossgruvan. $\frac{1}{3}$ nat. size.*

massa (se fig. 5). Man får det intrycket, att denna magnetit-limonitkrusta skyddat svartmullen mot vidare omvandling.

För att sammanfatta undersökningarna över den bruna mullmalmens mineralogiska sammansättning, kan man säga, att den uppbygges av magnetit, ibland martitiserad, limonit, karbonat (huvudsakligen av järn och mangan) samt kaolin, i inbördes växlande proportioner.

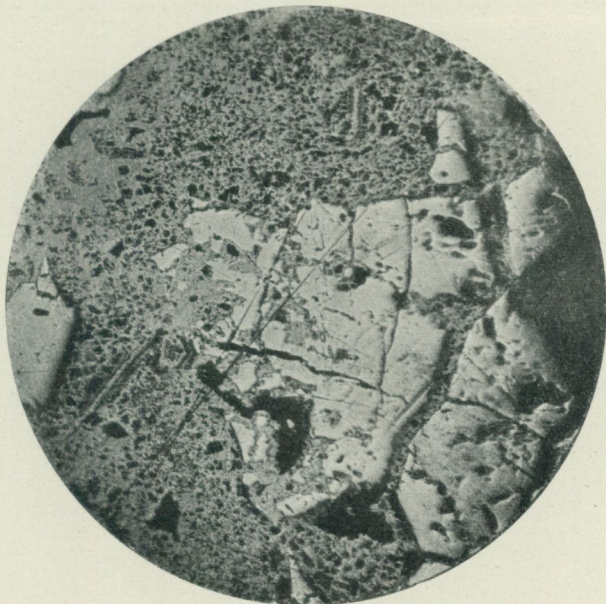


Fig. 5. Magnetit, sönderdelad av limonit; Mossgruvan. Foto. av polerprov, $\times 35$. *Magnetite, replaced by limonite; Mossgruvan. Polished section, $\times 35$.*

Analyserna 3—6 och 8—12 i tabellen s. 9 visa sammansättningen på mullmalmen och dess variationer. Proportionen mellan Fe_2O_3 och FeO bestämes av proportionen mellan limonit och järnkarbonat samt graden av den martitiserings, som träffat magnetiten, och varierar, som synes, inom vida gränser. Halterna av Al_2O_3 och SiO_2 bero på den mängd av omvandlade silikatbergarter och skarn, som kommit med i provet. Den höga manganhalten är framför allt anmärkningsvärd. Halten av MnO kan, som synes, stiga till 5.47 % av malmens hela massa, en kraftig anrikning då Sköttgruvemalmen sällan håller mer än 0.5 %. Proportionen mellan CaO och MgO är avsevärt förskjuten till förmån för MgO , och båda oxiderna träda kraftigt tillbaka för MnO och FeO .

För att erhålla ett exempel på, i vilka proportioner karbonat och limonit ingå i brunmullen, hava vi låtit Statens Provningsanstalt utföra en fullständig analys på de mellan 0.1 och 3 mm fallande kornstorlekarna av ett generalprov, taget av disponenten G. Forell. Mellan de nämnda kornstorleksgränserna föll 9.7 % av provet, under desamma 49.5 % och över dem 60.8 %. Analysen visar, att en ej ringa del utgöres av karbonat, och man ser lätt, att detta till sin väsentliga sammansättning måste vara ett järn-mangankarbonat utan större mängder kalcium och magnesium. En noggrann undersökning av detta karbonats sammansättning med ledning av analysen faller sig dock svår, då man icke vet hur mycket mangan som ingår i limoniten. Sannolikt är dock denna mängd ringa. För att erhålla en föreställning om den renaste karbonatmalmens sammansättning har vidare av Statens Provningsanstalt utförts en analys på en dylik malm. Denna återgives som N:o 2 i sammanställningen. Enligt mikroskopiska undersökningar innehöll provet utom karbonat smärre mängder limonit samt ganska rikligt inströdda, svagt martitiserade magnetitkorn.

	1.	2.
Fe_2O_3	42.6	17.8
FeO	23.6	41.5
MnO	3.7	4.6
MgO	1.4	1.3
CaO	0.6	1.7
K_2O	0.7	} 0.3
Na_2O	0.3	
Al_2O_3	4.4	2.1
SiO_2	12.9	3.5
CO_2	6.9	25.0
H_2O	2.3	1.7
P_2O_5	0.042	0.056
S	0.043	0.155
TiO_2	0.18	0.05
Cu	0.006	0.006
Övriga ämnen, och differens	0.329	0.233
	100.000	100.000

1. Analys av den del av ett generalprov från Mossgruvan som föll mellan 0.1 och 3 mm kornstorlek. Statens Provningsanstalt, 1926

2. Analys av karbonatmalm. Mossgruvan. Statens Provningsanstalt, 1926.

Omvandlingen av den ursprungliga malmen, vilken med största sannolikhet varit av Sköttgruvetyp, har sålunda inneburit följande delprocesser: utlösning av kalcium- och i mindre grad även magnesiumkarbonat ur kalk-malm-massan, ersättande av dessa karbonater med järn- och mangankarbonat, limonitbildning ur järnkarbonat och även, fast i mindre utsträckning, ur magnetit, martitisering av magnetiten, främst i svartmullen och de hårda krustorna kring denna, kaolinbildning ur skarnsilikat och silikatbergarter. Sideritbildningen genom förträngning av kalcium- och magnesiumkarbonat har här tagit för vårt land ovanliga mått. Jämför man linserna inom Sköttgruve- och Mossgruvefälten, finner man, att de äro av ungefär samma mäktighet i båda fälten, men att de i det förra fältet till nära hälften bestå av kalk. Man får då en föreställning om siderit-nybildningens storleksordning och ekonomiska betydelse.

Att limonitbildningen främst träffat järnkarbonatet, kan iakttagas i gruvorna genom successiva övergångar från karbonatinbäddade magnetitmalmer till limonitinbäddade sådana. Att limonitbildningen även tagit material från magnetiten, framgår bland annat av de ovan nämnda undersökningarna av de i brunmullen förekommande krustorna. Något tillförlitligt mått på proportionen mellan omvandlat järnkarbonat och omvandlad magnetit är dock icke möjligt att ernå.

Från Mossgruvan härstammar sannolikt ett större moränblock, som för ett antal år sedan anträffades å Stråssa gruvskog i Ramsbergs socken. Dess egendomliga utseende gjorde, att det av upphittaren togs för en meteor. Stycken av detta block, som vi erhållit av disponent J. Witting, Stråssa, visa metallglänsande malmkorn i en grundmassa av fast limonit. Malmen liknar i hög grad typiska prov av martitmalmen från de välkända Kriwoj-Rogfälten i Syd-Ryssland. Mikroskopisk undersökning visar, att den huvudsakligen består av fullständigt martitiserade magnetitkorn, inbäddade i en underordnad massa av limonit. Den motsvarar sålunda »hämatit»-stadiet i Stollberg (jfr nedan), men har en högre proportion martit:limonit än detta.

Basttjärnsfältet.

Basttjärnsfältet är beläget i närheten av Silverhöjdens järnvägsstation inom Ljusnarsbergs socken i Örebro län och ej långt från Mossgruvefältet. Fyndigheten utgöres av kvartsiga svartmalmslinser liggande i en grå leptit. Samman med magnetiten uppträder ganska rikligt med amfibol-kloritskarn. Malmlinserna stryka i det närmaste i Ö—V och visa ungefär vertikala stupningar. I fältets västligaste delar har man under senare år påträffat en vittrad malm. Först under slutet av föregående år (1925) drevs en ort in i denna vittrade malm, varigenom man erhöll bättre kunskap om densamma. Ingen av oss har besökt detta fält, sedan nämnda ort drivits. De oss tillsända proven visa tydligt, att det är fråga om en vittring av samma slag som inom de övriga, här skildrade fälten. De fasta proven visa dels en svagt vittrad magnetit-

malm, i vilken man vid mikroskopiska undersökningar i polerprov endast finner en obetydlig martitisering, dels brunaktiga massor, vilka makroskopiskt erinra om hämatitmalmen i Stollberg (jfr nedan). De senare visa sig vid mikroskopiska undersökningar i slip- och polerprov bestå av till största delen martitiserade magnetitkorn i en limonitmassa, i vilken de ursprungliga kvartskornen ligga bevarade. Denna limonitmassa genomdrages av oregelbundna smala ådror av järnglans, vilka synas utgå från martitkornen, ett förhållande, som i viss mån erinrar om järnglansens förekomst på sprickor i limonitmalm i Granrotsgruvan i Norberg (se nedan). Järnkarbonat har icke kunnat konstateras i de prov, som vi erhållit. Däremot har av ett par prov att döma kaolin uppkommit i samband med malmens vittring. En noggrannare undersökning på platsen skulle säkerligen uppdaga flera likheter med de övriga förekomsterna.

Stollberg.

Stollbergsgruvan (Norrbärke s:n, Kopparbergs län) utgör det sydligaste ledet i Väster-Silvberg-streckets i riktning N—S strykande, c:a 3.5 km långa zon av fyndigheter av manganhaltig järnmalm, bly- och zinkmalm. Dess malmer bilda ett antal lins- eller lagerliknande kroppar med i det närmaste vertikal ställning (eller mycket brant östlig stupning), anordnade i den vanliga grupperingen med »omstjärtning». Sidostenen¹ är närmast malmen en på almandingranat och glimmer (biotit) mer eller mindre rik kvartsit, delvis med utpräglad bandning. Ofta nog övergår den uti ett granat-biotit-skarn. På något större avstånd från malmen övergår bergarten i en leptit.

Malmerna utgöras av mer eller mindre rikliga impregnationer av malm-mineral uti kalkstenskroppar. Karbonatet har en hög halt av mangan, sålunda anför Weibull [44] för karbonat från Slädbobergsgruvan, i streckets nordligare del, 24 à 25 % MnO och c:a 27 % CaO, jämte omkring 7 % FeO, som dock delvis kan härröra från inblandad magnetit. En annan analys, utan närmare lokaluppgift, visar endast 7 % MnO. Tydligt är proportionen mellan metallerna i karbonatet ganska växlande. Det är ej klart, huruvida den höga halten av (Mn,Fe)O är utmärkande för hela karbonatkropparna eller mera omedelbart förbunden med förekomsten av magnetit. Det senare torde vara sannolikast. En något manganhaltig magnetit är fältets dominerande malm-mineral, men också blyglans och zinkblände uppträda i brytvärd mängd, och svavelkis, magnetkis, kopparkis och arsenikkis äro mycket utbredda inom detsamma. Malmmineralen åtföljas av skarnsilikat av Ca-Fe-Mn, representerande olivgruppen (igelströmit), amfibolgruppen (vanligt hornblände, silybergit, m. m.), pyroxengruppen (manganhedenbergit m. m.) och granatgruppen (mangan-lerjordsgranat). Vidare förekommer flusspat i ganska riklig mängd, särskilt åtföljande zinkblände och blyglans. Ibland är den kombinerad med kvarts till en flusspatkvartsit.

¹ Beträffande närmare data rörande sidostenens och den ovittrade malmens mineralogi och petrografi hänvisa vi till n:r 13, 44, 45 och 46 i den bifogade litteraturförteckningen.

Fyndigheterna genomsättas av diabasgångar. Inom streckets nordligare delar hava dessa grundligt undersökts av Weibull [46].

Den vittrade malmen ligger i streckets sydände, i den mot söder vettande sluttningen, där en lång, i N—S löpande bergås upphör. Moränmäktigheten över malmen i denna sluttning uppgår ända till 28 m. En tvärprofil före gruvarbetenas början skulle visat en lindrig insänkning i jordytan över malmen. Över den vittrade malmen lär intet magnetiskt utslag hava erhållits.

Vid de besök, vi avlagt i gruvan, har malmen ifråga varit tillgänglig på 79 m och på 138 m avvägn., samt i ett antal skivorter mellan dessa nivåer och högre upp.

Å 79 m avvägn. (tavl. 2)¹ går schaktet i kanten av en komplexmalm med magnetit, blyglans och zinkblände, i kalk. Denna kan följas 200 m söderut, där den utspetsar. Inga vittringsföreteelser hava iakttagits, utom c:a 35 m N om sydspetsen, där den kalkiga malmen är lös och »murken» inom en övertvärande zon. Såsom en jämförelse med nivå 138 visar, framgår här en förkastning, längs vilken ställvis en kraftig vittring ägt rum. På ifrågavarande punkt å nivå 79 kan man emellertid, på det stadium, på vilket gruvarbetena befunnit sig vid våra besök, icke direkt påvisa någon förkastningssläppa.

Ungefär vid samma avstånd från den nämnda malmkroppens sydände ligger, 8 å 10 m Ö om densamma, nordspetsen på den stora järnmalmskropp, i vilken vittringsföreteelserna uppträda.² Den nordligaste delen (55 m) av denna visar en ordinär, ganska rik, kalkig magnetitmalm. Söderut börjar denna bliva alltmera limonitblandad och porös. Dess gräns mot »hämatit» i söder markeras av en förkastning. Å 79 m avvägn. hade vi icke tillfälle studera denna gräns förrän ortsträckan ifråga inbyggdes, så att närmare undersökning omöjliggjordes. Bättre synlig har den varit i en skivort, 4 m djupare ned. Gränsen är där skarp, men någon släppa framträder icke, vilket ju med hänsyn till malmens konsistens är naturligt. Å ena sidan om den brantstående, snett över malmens strykning förlöpande gränsen är magnetitmalm, lerig, gråblå, efter torkning ljusblå, men dock huvudsakligen bestående av oförändrad magnetit. Den innesluter kantiga, alldeles oomvandlade kvartsitbitar. Tydligt måste hela denna blandning betraktas såsom en förkastningsbreccia. Å andra sidan om nyssnämnda gräns börjar den malmvarietet, som plägar betecknas såsom hämatit. Denna har i allmänhet skåligt brott, och brun eller rödbrun färg. Den är ofta något porös, med glaskopfartade limonitbildningar. Vidare ses ofta grupper av metallglänsande korn, som giva malmen ett fingnistrande utseende. Söderut övergår denna malm i vad som kallas »mellanhård» malm: fastare klumpar i en lös limonitmassa. De fastare klumparna torde i huvudsak likna den nyss beskrivna »hämatiten».

Vidare söderut ersättes den »mellanhårda» malmen av den egentliga limonitmalmen, en lös mullmassa av svartbrun, ljusbrun, gul eller rödaktig färg, med ett rikligt, men växlande starkt inslag av svart manganockra. Ut i den brokiga blandningen ses ofta en viss strimmighet, i huvudsak parallell med malmkroppens strykning och stupning.

¹ Kartbilden uppgjord efter gruvkartan, med smärre tillägg.

² Den vittrade delen av denna malmkropp benämnes efter utmålet Helenalagret.

Manganhalten, som uppenbarligen är mycket ojämnt fördelad, kan ibland uppgå ända till 20 %. De sydligare delarna av malmen hålla, enligt vad oss meddelade analysresultat visa, en betydligt högre genomsnittshalt av denna metall än de nordligare. I allmänhet skeppas malmen med c:a 50 % Fe + Mn (jfr vidare analyserna i det följande).

Också det malmen omgivande gråberget visar omvandling, men det är mycket svårt att avgöra, vilka mineral som konsumerats. Bl. a. ser man ofta almandingranatfläckarna fullt tydliga även uti en för övrigt till oigenkännlighet förändrad bergart, likaså synes biotiten motstå förvittringen. Uti den mot Ö gående tvärorten ser man, huru omvandlingen snabbt avtager, då man avlägsnar sig från malmen, samt huru den vid mindre intensitet visar sig bestämt bunden till bergartens förklyftningssprickor.¹

Medan sålunda malmens sidosten, på grund av sin inhomogenitet m. fl. omständigheter, giver föga upplysningar om vittringens kemiska förlopp, så erhållas sådana så mycket klarare från den fyndigheten genomsättande, vertikaltstående diabasgången. Denna är i friskt tillstånd, sådan den är blottad N om Helenalagret, en mörkt grågrön bergart med talrika, 1 à 2 cm stora, tavelformiga strökorn av grönvit plagioklas, smärre, skarpere idiomorfa dylika av samma mineral, samt enstaka, ett par mm långa strökorn av svart augit. Inom den vittrade malmens område däremot är även diabasporfyriten komplett omvandlad: den är en lera av ljusgrå eller ljust gulgrå färg, uti vilken de till liknande substans omvandlade fältspatströkornen framträda såsom fläckar av rent vit färg. Ibland förekomma pyritaggregat, av allt att döma nybildade vid vittringen. Ofta nog ser man en fin bandning av järnoxidhydrat, som oförändrad går fram genom strökornspseudomorfoserna lika väl som genom grundmassan (fig. 6). Bandningen går mest parallellt med gångens begränsningsytor och står därför ungefär vertikalt. Med vatten sönderfaller den vittrade diabasen till en välling.

Å 138 m avvägn. finner man i huvudsak samma förhållanden. Den blandade magnetit-sulfid-malmen N om Helenalagret skäres här av förkastningar (den ena av dessa ligger rakt under den punkt, där å 79 m avvägn. samma malmkropp visade sig murken). Vi hava där sett stora stycken av fullständigt omvandlad diabas uti en förkastningsspricka, medan samma diabasgång ej blott längre åt N, utan även V om malmen i en c:a 50 m sydligare belägen tvärort, är fullständigt frisk. Malmen intill den vittrade diabasen är omvandlad till magnetitull.

Nyssnämnda tvärort mot V visar, att sydspetsen av sagda malmkropp är murken och lerskölig i strykningsriktningen. Några lerzoner ses också i det kvartsitiska gråberget mellan denna malm och Helenalagrets nordspets.

De olika malmvarieteterna äro desamma som å den förut skildrade nivån: magnetiten, längst i N frisk, blir mot S murken och limonitfärgad, sedan följer fast »hämatit», övergående i »mellanhård» malm, vilken i sin tur ersättes av lös, mullformig limonit. Beträffande gränsen mellan magnetit- och hämatit-

¹ Orten är numera igensatt, varför vi icke haft tillfälle komplettera våra tidigare iakttagelser med några närmare mått på omvandlingens utbredning österut från malmen.

malm kunde vi dock icke här erhålla några närmare data. Diabasen inom limonitmalmens rayon är även här fullständigt genomvittrad på samma sätt som högre upp. Vidare får man här nya belägg för att vittringen är på det närmaste förbunden med själva malmkropparna. Uti kvartsiten i V träffades emellertid en strykningssköl, några dm bred, med grå lera.

Ungefär vid gränsen mellan magnetitmalm och hämatit är en tvärort driven mot Ö. Från denna har sänkts till c:a 200 m avvägn., varifrån orter drivits



Fig. 6. Kaoliniserad diabasporfyr, med limonitbandning; Stollberg. Nat. storl. *Kaolinised diabase porphyrite, with limonite banding; Stollberg. Nat. size.*

in till limonitmalm, som befanns vara av väsentligen samma karaktär som å de högre nivåerna. En tvärort mot Helenalagrets nordligaste del träffade en även på 138 m avvägn. känd, starkt vattenförande zon. Arbetena under 138 m avvägn. hava icke nu varit tillgängliga för undersökning.

Efter denna översikt övergå vi till resultatet av de mikroskopiska och kemiska undersökningarna. Vad själva malmen beträffar, göra vi början med ett prov av den något »murkna», litet limonitfärgade magnetitmalm på 138 m avvägn., c:a 22 m N om gränsen mot »hämatiten». Denna malm torde representera den svagaste omvandlingen. Den är en tämligen fattig magnetitmalm, med magnetiten i form av från varandra skilda korn i en i olika nyanser

av grågult skiftande grundmassa. Mikroskopisk undersökning visar, att denna massa huvudsakligen utgöres av ett finkristallint aggregat av järnkarbonat (med all sannolikhet manganhaltigt). Karakteristiska kruststrukturer, fullständigt motsvarande de för gelbildningar utmärkande, giva vid handen, att karbonatet från början bildats i kolloidal form och först senare kristalliserat (fig. 7). Delvis är dock järnkarbonatet nu utbildat i något grövre kristallina partier, men sannolikt är, att även dessa äro av samma ursprung som de tyd-

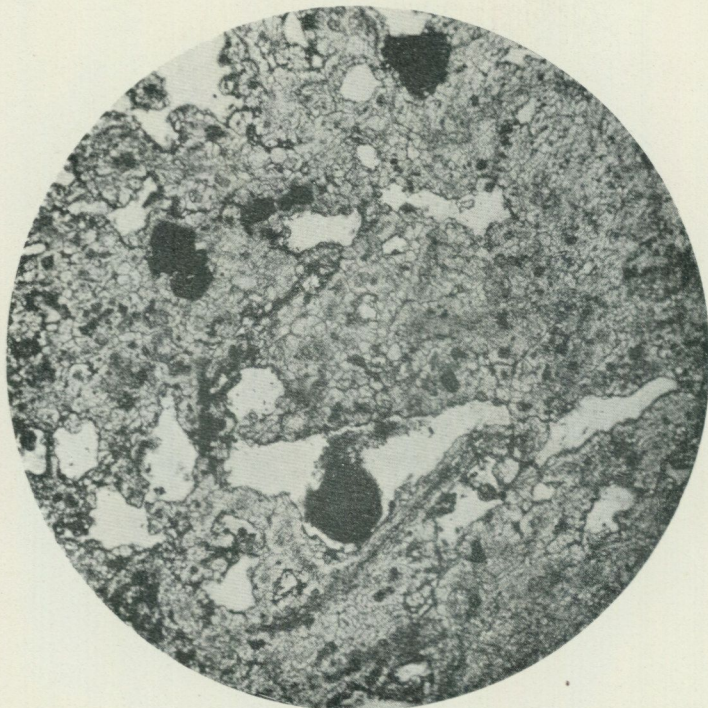


Fig. 7. Malm av sekundär järnspat, Stollberg. Foto. av slipprov, vanl. ljus, $\times 55$.
De vita partierna äro porer i malmen. *Ore of secondary siderite, Stollberg.*
Thin section, ord. light, $\times 55$.

ligt meta-kolloidala partierna. Stundom äro krustorna av karbonat åtföljda av liknande bildningar av mycket finkristallin kvarts, som tydligtvis även den avsatts som kolloid (opal) (fig. 8). Liknande kvarts uppträder därjämte i större, distinkt begränsade fält med rundade konturer. Dessa äro med all sannolikhet pseudomorfer efter skarnsilikat, snarast granat, som även i oförändrad form ses i vissa delar av proven.

Prov av limonitfärgad magnetitmalm från 79 m avvägn. giva enahanda bild. Limoniten uppträder dels såsom oxidationsprodukt av järnkarbonatet och dels, tillsammans med grövre kvarts, i aggregat, som sannolikt utgöra pseudomorfer efter något järnrikt skarnsilikat. Magnetiten är städse opåverkad.

Den egendomliga blåfärgade malmen i förkastningsbreccian vid gränsen mellan magnetitmalm och »hämatit» har underkastats mikroskopisk granskning, utan att vi dock kunnat finna någon säker förklaring till dess färg. Den befanns emellertid hålla åtskilligt blyglans, och det är troligast, att färgen härrör från detta mineral i finfördelad form. I breccian ingår, utom magnetit (huvudbeståndsdelen) och blyglans, även bitar av granat samt kaolin.

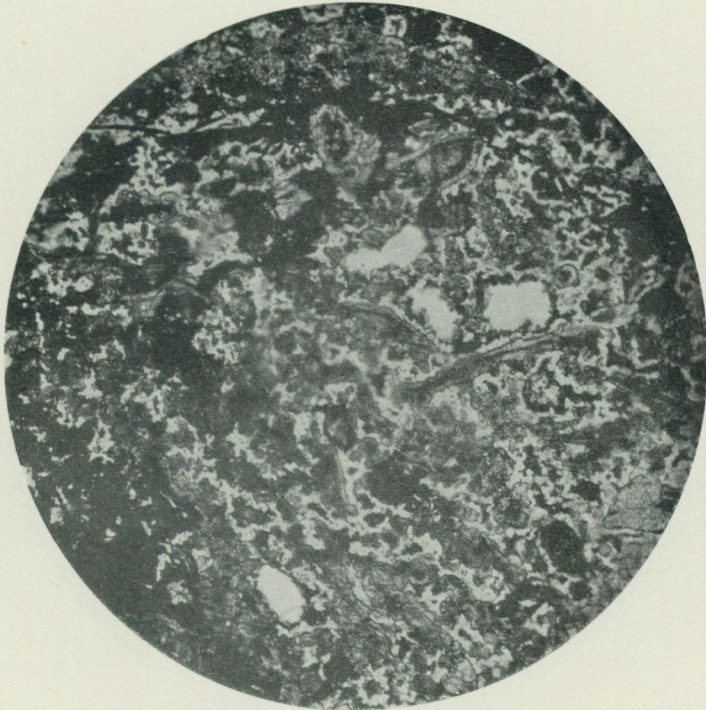


Fig. 8. Malm huvudsakligen bestående av järnspat (grå) och kvarts (vit), båda sekundära. Stollberg. Foto. av slipprov, vanl. ljus, $\times 55$. Större, rundade vita ytor äro porer.
Thin section of ore of siderite (gray) and quartz (white), both secondary, ord. light, $\times 55$. Four large pores are white.

En helt annan bild än magnetitmalmen ger den från denna av förkastningsgräns skilda s. k. hämatitmalmen. Såsom ovan anförts, består denna av en brun eller rödbrun massa med skåligt brott, och däruti inströdda metallglänsande malmkorn. Slipprov visa, att huvudmassan består av limonit av rödbrun eller orangegul färg, mycket finkristallin, ofta med former som antyda att den passerat ett gelstadium. Ibland ses större korn med optiska egenskaper som tydligt motsvara göthitens (jfr ovan s. 4). Polerprov visa, att de uti den bruna limonitmassan inströdda metallglänsande malmkornen äro martitiserade magnetitkorn. Martitiseringen har, såsom i regel sker, följt magnetitens oktaedriska avsöndringsytor. Ibland har den icke varit fullständig. Den icke omvandlade magnetitresten i centrum har emellertid blivit utlöst, så att

endast en hålighet återstår, omramad av ett nätverk av martitlameller (fig. 9). Vi hava ej kunnat konstatera, huruvida detta magnetitens försvinnande är regel för hela »hämatitmalm», eller endast en lokal företeelse. Det troligaste torde vara, att den efter martitiseringen resterande magnetiten omvandlats till lucker limonit [jfr 15], vilken sedan bortgått. Från den förut beskrivna limonitblandade magnetiten skiljer sig »hämatiten» sålunda därigenom, att järnkarbonatet helt och hållet ersatts av limonit, och magnetiten av järnglans.

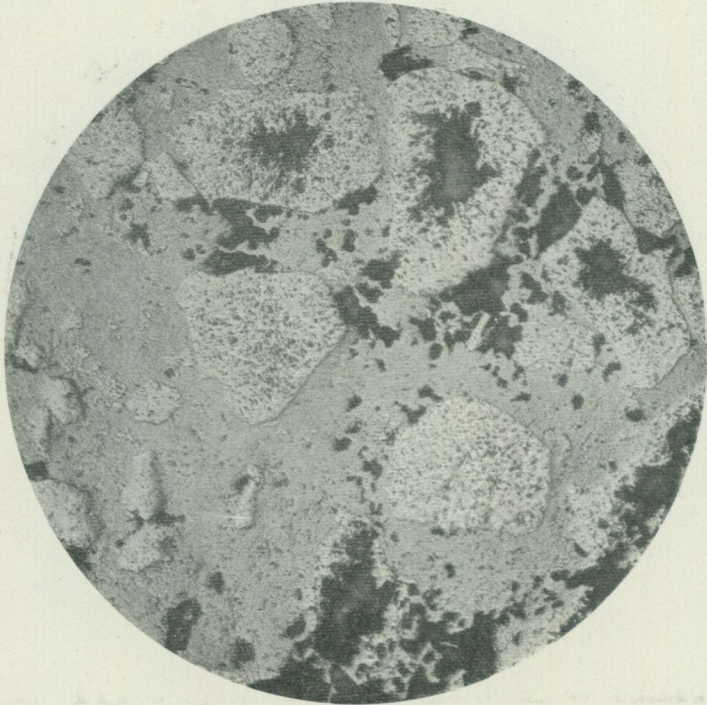


Fig. 9. »Hämatitmalm», Stollberg. Foto. av polerprov, $\times 55$. Martitkorn (vita) i limonit (ljusgrå); efter martitiseringen resterande magnetit i kornens centra är bortlöst (svarta gropar).
Martite-limonite ore, Stollberg. Polished section, $\times 55$. Martite white, limonite light gray.

Preparat av en fast klump i den »mellanhårda» malmen visar likaledes huvudsakligen limonit, med en del krustor av tydligare göthitkaraktär. Även i denna malm ses enstaka, helt och hållet martitiserade magnetitkorn.

Den egentliga mullmalmen eller limonitmalmen består av samma huvudbeståndsdelar som »hämatiten», ehuru dess konsistens är en helt annan än den fasta »hämatitens». Sålunda visa polerprov allmänt korn av helt eller delvis martitiserad magnetit, med den nybildade järnglansen uti det vanliga oktaedermönstret, vidare bitar av skorpor av göthit, o. s. v.

Beträffande limonitmalmens genomsnittssammansättning hänvisa vi till nedanstående två analyser (lab. Grabe & Petré), som av bergsingenjör H. Sandberg ställts till vårt förfogande. Analyserna representera större skepp-

ningar (nr I av 3,000 ton). Ovisst är, huruvida verkligen manganhalten i dess helhet föreligger såsom trevärdig metall.

	I.	II.
Fe ₂ O ₃	52.14	62.57
Mn ₂ O ₃	17.75	10.97
SiO ₂	7.65	8.83
Al ₂ O ₃	7.61	6.75
CaO	1.04	1.34
MgO	0.43	spår
P ₂ O ₅	0.13	0.13
S	0.12	0.03
Glödningsförlust	11.99	10.60
As	—	0.03
Zn	0.08	0.20
Pb	0.20	0.35
Ti	—	spår
S:a	99.14	101.80
Fe	36.5	43.8
Mn	12.76	7.64
P	0.055	0.055

Med avseende på den malmen omgivande kvartsitiska bergartens förhållande till vittringen är föga att tillägga utöver de kvalitativa uppgifter, som redan lämnats. Bergartens inhomogena karaktär gör det omöjligt att genom analyser av frisk och av vittrad bergart få några kvantitativa mått på vittringen. Gynnsammare förhållanden i detta avseende erbjuder diabasgången. Av denna, som säkerligen varit praktiskt taget homogen, har man tillgång till såväl ytterligt vittrad som av denna vittring oberörd bergart. Å 138 m avvägn. uttogos för analys två prov, det ena av frisk bergart, c:a 70 m S om schaktet, det andra av kaoliniserad dylik, c:a 180 m sydligare. Då vittringen av diabasen är i hög grad upplysande beträffande den kemiska karaktären hos en del av de omvandlingar, som även drabbat malmen, och dessutom erbjuder viktiga möjligheter till jämförelse med andra fall av vittring, skola vi här ingå på en närmare skildring.

Den friska diabasen har plagioklasströkorn av en labrador med > 45 % anortit. Den av analysen uträknade normen ger en genomsnittlig plagioklassammansättning av Ab₅₂An₄₈, vilket torde komma den faktiskt föreliggande proportionen mycket nära. Strökornen äro ej fullt friska: nybildningar av klorit i liten skala följa genomgångarna, och de större kornen äro delvis, helt oregelbundet, ersatta av sericitartade, mycket finfjälliga glimmeraggregat. Möjligen kan bergartens kalihalt till någon del vara sekundär och sitta i dessa nybildningar. Grundmassans fältspater äro i huvudsak likartade med de smärre strökornen. Man kan icke angiva någon bestämd storleksgräns bland bergartens plagioklaser, ty det förefinnes alla mellanstadier mellan de stora

strökornen och grundmasekornen. De strökornsartade, kortprismatiska pyroxenerna äro genomgående omvandlade till klorit eller serpentin. Samma omvandlingsprodukter bilda även runda, mandelliknande fläckar. Däremot är grundmassans mera isometriskt korniga pyroxen helt frisk, likaså något större korn av analog karaktär. Denna pyroxen har liten axelvinkel och relativt låg dubbelbrytning, tydligen måste den vara en monoklin järn-magnesia-pyroxen. Omvandlingsprodukter ses även uti grundmassan, först och främst leukoxen, vidare klorit och kalkspat. Diabasen är sålunda även i sin friskaste form starkt påverkad av sekundära processer. Sannolikt har det omedelbara grannskapet till kalkstenen medverkat till att omvandlingen blivit så pass betydande. Det finnes emellertid intet, som tyder på, att denna omvandling har något med den kaoliniserande vittringen att göra, utan den synes vara en skild sak. Snarast har man anledning tro, att även den nu kaoliniserade delen av diabasgången, innan den råkade ut för denna vitt-ringsform, hade undergått omvandling av det nu anförda slaget, med nybildning av klorit, kalkspat m. m. För studiet av kaoliniseringens kemiska förlopp är det sålunda alldeles riktigt att såsom representant för »frisk» bergart använda det nu beskrivna provet. Uti analysen framträder bergartens något omvandlade skick genom siffrorna för H_2O och CO_2 .

Den genomvittrade bergarten åter har i det uttagna provet vita strökornspseudomorfoser i en gråvit grundmassa, och är, särskilt längs sprickor, något färgad av limonit. Under mikroskopet visar den sig bestå av en finfjällig massa med den ljus- och dubbelbrytning, som uppgives för kaolinit (kristalliserad kaolin).

De båda proven hava på Sveriges geologiska undersöknings laboratorium analyserats av Dr A. Bygdén, som erhöi följande resultat:

	I.	II.
SiO_2	50.73	50.24
Al_2O_3	16.62	32.64
Fe_2O_3	1.50	1.56
FeO	7.75	0.57
MgO	5.12	0.37
CaO	7.53	0.06
Na_2O	3.29	spår
K_2O	1.66	1.01
H_2O	3.02	11.23
TiO_2	1.25	2.07
P_2O_5	0.32	0.07
S	0.02	0.05
MnO	0.46	0.04
BaO	0.07	0.06
CO_2	0.65	—
S:a	99.99	99.97
Sp. v.	2.828	—

I. Frisk diabas, på 138 m avvägn., Stollberg.

II. Kaoliniserad diabas, på 138 m avvägn., Stollberg (samma diabasgång som n:o I).

Analysen n:r II bekräftar den mikroskopiska undersökningens resultat, att den omvandlade bergarten huvudsakligen består av kaolin. Dock är kiselrehalten något för hög, antydande att även fri kisel syra förekommer. Osäkert är, huruvida den mikroskopiskt identifierade kaoliniten är en direkt produkt av vittringen. Man kan också tänka sig, att dekompositionen av fältspaten först lett till en blandning av $\text{Al}(\text{OH})_3$ och SiO_2 , båda i kolloidal form, jämte vatten, och att sedan kaolinitfjällen bildats genom kristallisation i denna massa. Den ovan omnämnda, uti fig. 6 återgivna limonitbandningen i den kaoliniserade bergarten är givetvis uppkommen genom diffusion uti en gelmassa, men detta innebär icke med nödvändighet att *hela* bergartsmassan förelegat uti denna form, den kan också ha bestått av en blandning av kaolinitfjäll och kolloider.

Vid en jämförelse mellan analyserna i syfte att få fram de förändringar i halten av olika ingående ämnen, som vittringen medfört, måste man först och främst hålla i minnet, att man icke får jämföra lika *vikter* av frisk och av vittrad bergart. Den senare är nämligen en högliggen porös massa, med en volymvikt av endast 1.72, medan den kompakta diabasens spec. vikt är 2.83. Det är sålunda utan vidare påtagligt, att betydande kvantiteter utlösts, och att sådana ämnen, som icke undergått någon absolut minskning, måste procentuellt visa stark ökning.

Man torde kunna utgå ifrån, att ingen väsentlig tillförsel utifrån av aluminium ägt rum. Liksom flertalet andra vittringstyper resulterar kaolinisering i en bindning av denna metall. Man kan då taga förhållandet mellan Al_2O_3 -halterna i de båda analyserna som norm: alla ämnen, vilka icke vid vittringen ökat procentuellt lika mycket som denna oxid, hava i verkligheten undergått en minskning, medan åter de, som ökat mera än Al_2O_3 , måste hava till en del (= överskottet över den mot Al_2O_3 svarande ökningen) tillförts utifrån. Vi finna då, att endast ett ämne säkert tillförts, nämligen vatten. Stationära hava jämte Al_2O_3 varit TiO_2 och S. Sistnämnda ämne förekommer emellertid i så ringa mängd, att föga betydelse kan tillmätas en jämförelse mellan analyserna. Som nämnt visar dock ett av våra prov av kaoliniserad diabas en liten grupp svavelkiskorn, som synes antyda, att kisen nybildats vid vittringen. TiO_2 har visserligen icke ökat procentuellt fullt lika mycket som Al_2O_3 , men avvikelserna är icke större än vad som kan bero på ursprungliga smärre inhomogeniteter uti diabasgången. Samtliga övriga i analyserna upptagna ämnen hava undergått en absolut minskning.

En översikt av dessa förändringar och en bättre utgångspunkt för jämförelser med andra fall av vittring erhålles genom att omräkna analyserna för det av Leith och Mead [24] använda grafiska framställningssättet, fig. 10. Siffrorna erhållas genom att dividera procenttalet för varje ämne i den friska bergarten med dess procenttal i den omvandlade, varefter kvoten multipliceras med 100. Med detta framställningssätt kan man omedelbart se förskjutningarna i de olika ämnernas inbördes proportioner: varje ämne, som i diagrammet kommer högre upp än ett annat, har minskat relativt till detta, och vice versa.

I fig. 10 äro vidare även, efter Leith och Mead [24], återgivna två jämförliga fall av vittring. Bilden visar stora likheter uti tendensen hos de tre olika exemplen på vittring, åtminstone om man bortser från den abnormala ökningen av K_2O uti Gogebicdiabasen. *Fullt* jämförlig är dock icke tendensen i övrigt,

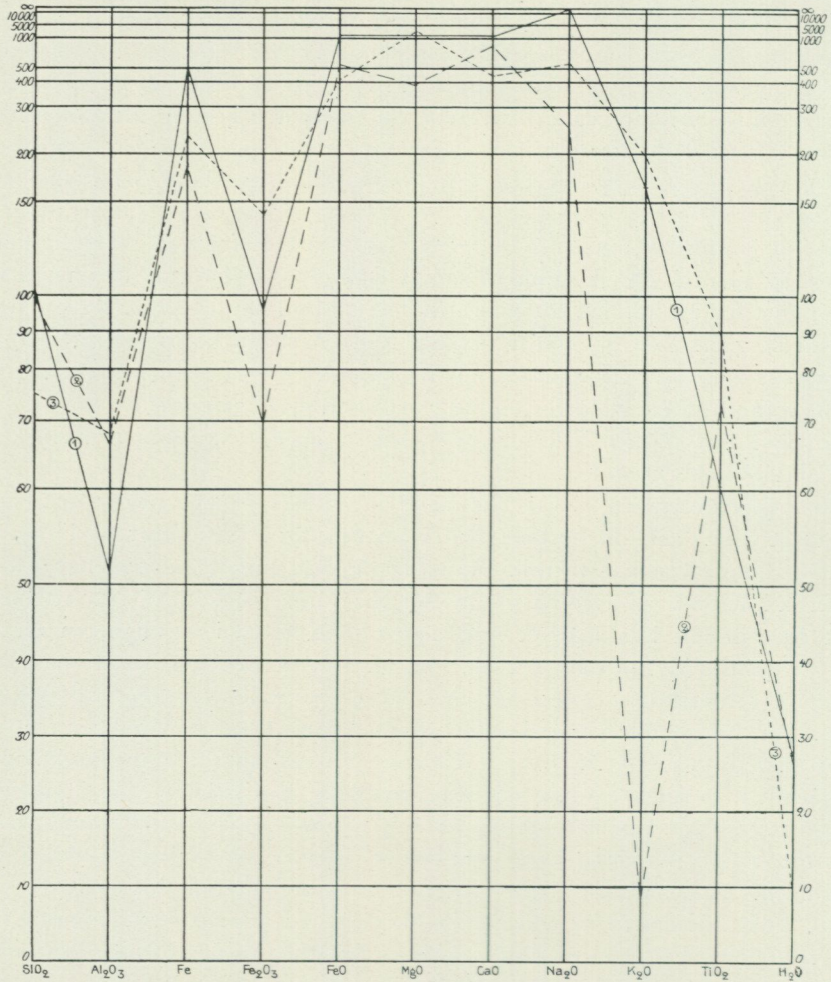


Fig. 10. Diagram (efter Leiths och Meads system) för att åskådliggöra vittringens karaktär. Kurva nr 1 Stollbergs diabasporfyrit, nr 2 diabas från Gogebic Range [jfr 42, s. 246], nr 3 en mossvittrad tysk basalt [8]. *Diagram, after Leith and Mead, to illustrate weathering.*

No. 1 is Stollberg's diabase, no. 2 diabase from Gogebic Range [42] and no. 3 a basalt weathered under a bog [8].

i det att samma diabas även visar en ökning av CO_2 (ej upptaget i diagrammet), medan Stollbergsdiabasen fått sin halt av detta ämne reducerad till noll. Vi återkomma i det följande till de geologiska slutsatser, som kunna dragas av de anförda data.

I anslutning till Stollberg kan lämpligen anföras en icke långt därifrån belägen fyndighet, som också visar djupgående vittring, nämligen *Tallbotten-gruvan* i Silvbergs socken. Denna ligger 13 km NNO om Stollberg och 6 km Ö om Rämshyttans station. I likhet med Stollberg (och övriga fyndigheter i Väster-Silvbergs streck) ligger den på en bergshöjd. Fyndigheten har icke besökts av oss. Enligt gruvkartan utgjordes malmen från dagen ned till c:a 40 m djup av blodsten, därunder var den på sidorna svartmalm, medan blodstenen fortsatte i mitten. Malmen uppgives hava varit kalkig och kisig, samt åtföljd av kalksten och grönskarn [41]. Till konsistensen var den lös, mullformig. Det är av dessa data alldeles påtagligt, att fyndigheten består av till stor del martitiserad svartmalm. Detta bekräftas också av några prov av svartmalm, som vi erhållit av bergsingenjör A. Barkenberg. Polerprov av dessa visa nämligen under mikroskopet en svag, men alldeles tydlig martitisering. Däremot hava vi ej kunnat finna några bevis för att förut en nybildning av järnkarbonat ägt rum, men det är ej uteslutet, att så skett i ringa skala (jämför t. ex. nedan om Taberg).

Granrotsgruvan.

Förekomsten av vittringsprodukter av järnmalm uti Granrotsgruvan i Klackbergsfältet i Norberg har varit föremål för en utförlig skildring av A. W. Cronquist [6]. Särskilt den kemiska undersökningen var ganska omfattande. Vad förekomstsättet beträffar, anföras av Cronquist en del av G. A. Granström lämnade uppgifter. Numera är den ifrågakvarande fyndigheten utbruten och arbetena därstädes icke längre tillgängliga. För vår framställning hava vi därför fått väsentligen bygga på de nyssnämnda äldre uppgifterna, kompletterade med undersökning av en vid gruvan kvarliggande malmhög samt av en del prov, som på sin tid av Cronquist skänkts till Sveriges geologiska undersöknings museum. Nämnda malmhög har legat uppe i dagen i flera tiotal år, varför dess nuvarande mineralsammansättning endast i vissa avseenden tillåter bestämda slutsatser. Den av Cronquist skänkta provserien saknar tyvärr en tillfredsställande etikettering.

Granrotsgruvan, liksom Klackbergsfältet i övrigt, tillhör de manganrika magnetitmalmenas klass. Malmen uppträder uti en större kalkstens kropp och åtföljes av helt underordnade kvantiteter av skarnmineral, huvudsakligen amfibol och granat, den sistnämnda alltid manganhaltig, den förra ibland.¹ Sulfidmineral ingå ställvis i ej obetydlig mängd: svavelkis, magnetkis, kopparkis, arsenikkis. Karbonatbergarten är enligt föreliggande analyser dolomitisk. Uti malmen ingår även karbonat av järn och mangan [40].

Malmerna bilda lins- eller lagerartade kroppar i kalkstenen, och äro delvis distinkt avgränsade mot sidostenen, men visa i andra fall övergång genom utspädning. Fyndigheten genomsättes av diabasgångar.

¹ Lindroth [28] har analyserat granat, tremolit och kalksten från Klackbergsfältet. Utom den av honom anförda, nästan manganfria tremoliten finnes emellertid också en annan, danne-moritliknande amfibol, som torde hava en avsevärd manganhalt.

Vittringsprodukterna uti Granrotsgruvan angivas av gruvkartan ännu på 58 m avvägn. i betydande skala, men antydast icke alls på 62 m avvägn., där blott svartmalm finnes utsatt. Det sannolikaste torde dock vara, att även denna malm varit starkt angripen av vittring. Området på 100 m avvägn., där malmkroppen ifråga var nästan alldeles utgången, är nu avstängt, men därifrån kommande vatten avsätter mangan- och järnockror i betydande mängd.

Cronquist, vars uppgifter torde hänföra sig till 58 m avvägn. (»170 fot under dagytan»), talar om en bredd av omkring 36 fot av veckade lager av ockror, som

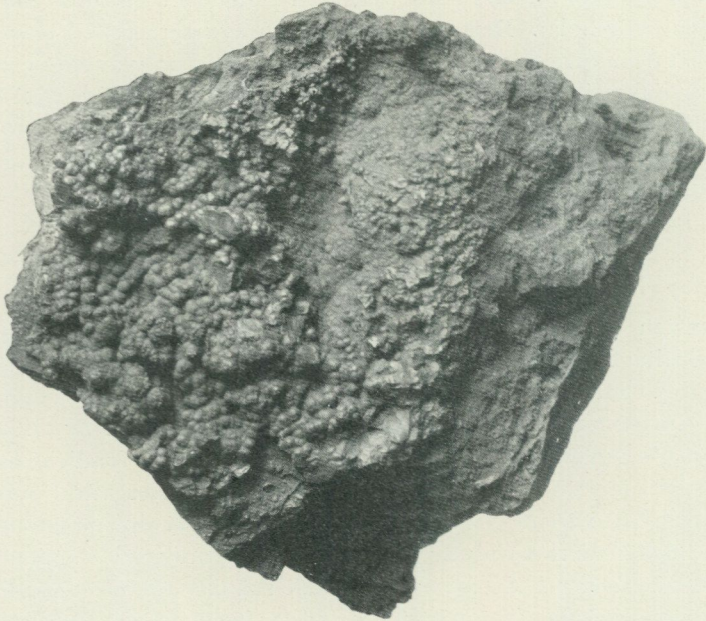


Fig. 11. Göthitaggregat, Granrotsgruvan. Nat. storl. *Göthite aggregate, Granrotsgruvan. Nat. size.*

här och var genomsättas av »ljusgrå lerskölar (nästan ren kaolin)», men mot SO övergå i dolomitisk, malmblandad kalksten, och sedan i ren malm. En del mer eller mindre starkt magnetithaltig »mullmalm» har använts av hyttorna, säger Cronquist, varemot ockrorna först i början av 1880-talet blevo föremål för intresse såsom färgämnen. Ej mindre än 11 analyser av olika varianter av ockror och mullmalm anföras, jämte analyser av kaoliniserad bergart, o. s. v. Brytningen av mullmalm pågick enligt vederbörande årsberättelser ännu ett stycke in på 1890-talet, på den del av fyndigheten ifråga, som föll inom Storgruvans utmål.

Granrotsgruvans mullmalm har tydligen varit en »limonit» av något växlande manganhalt och starkt växlande konsistens — än relativt fasta skorpor, än alldeles lös mull — samt inneslutande korn av magnetit, i de flesta varieteter uti riklig mängd. Färgen varierar från gul eller ljusbrun till svartbrun.

Uti slipprov visar limoniten en rödbrun färg och tydlig dubbelbrytning, men med en ytterlig finkornighet. Limonitmassan sammansättes av de för gelbildningar typiska skorpona. Ofta nog ser man porer och större håligheter klädda av dylika bildningar i större skala (fig. 11). Dessa visa i slipprov (fig. 12) en ljusare, mera orangegul färg, och kraftig dubbelbrytning, samt uppbyggas av grövre stänglar. De optiska egenskaperna tyda på göthit, eller möjligen lepidocrokite (jfr s. 4). Aggregaten visa tydligt den i kristalliserade gel-

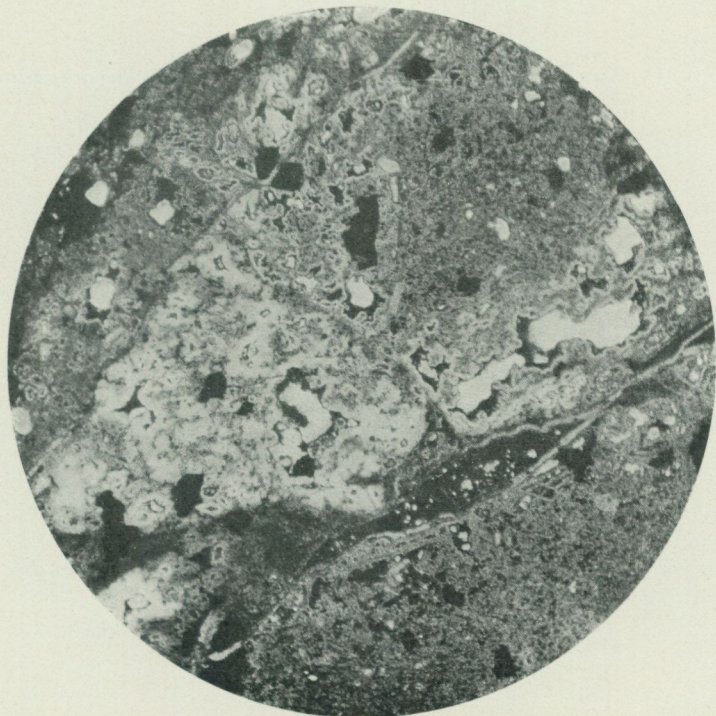


Fig. 12. Limonitmalm, Granrotsgruvan, Foto. av slipprov, vanl. ljus, $\times 55$. Limonit (grå) med diffusa fläckar av grövre krist. göthit (vita), magnetitkorn (svarta); större skarpt begränsade fält äro porer. *Limonite ore, Granrotsgruvan. Thin sect., ord. light, $\times 55$*
Limonite (gray) with whitish patches of crystalline goëthite, etc.

bildningar vanliga kombinationen av radialstrålig och koncentriskt skalig byggnad. Uti polerprov visa dessa tydligare kristallina partier en vida kraftigare ljusreflexion än limonitmassan i gemen. Dylika prov giva också de bästa tillfällena att studera magnetitens förhållande i mullmalmen. Martitisering förekommer sällan och endast i en helt obetydlig grad. Däremot synes magnetiten ibland förträngas av limonit: magnetitkornet upplöses i en »skär-gård» av skilda småkorn, som sedan försvinna i limoniten. En dylik omvandling är givetvis en förutsättning för att man av ett magnetithaltigt utgångsmaterial skall kunna erhålla en sådan produkt som t. ex. en av Cronquists analyser visar, med 68.04 % Fe_2O_3 , men endast 0.59 % FeO .

Med hänsyn till våra erfarenheter från Stollberg och Mossgruvan uppställer sig frågan, huruvida någon nybildning av järnkarbonat föregått hydratbildningen. Något bevarat karbonat har dock icke påträffats i de av oss undersökta proven av vittrad malm, och den redan anförda förekomsten av primärt järnkarbonat inom fyndigheten medför givetvis, att man icke kan basera någon slutsats om sekundär karbonatbildning enbart därpå, att analyser visa starkt överskott av FeO även i vissa vittrade partier. I tabell II återgivas en del av de av Cronquist meddelade analyserna.¹

Tabell II. Analyser av vittringsprodukter från Granrotsgruvan.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
H ₂ O (»Fuktighet»)	7.41	18.35	8.10	10.30	11.81	1.30 ²	12.40 ³	3.40 ³
SiO ₂	6.55	4.00	6.71	5.10	6.00	32.30	53.75	75.41
Al ₂ O ₃	9.22	2.13	8.34	spår	0.90	13.65	32.70	15.33
Fe ₂ O ₃	59.82	65.13	68.46	68.04	73.53	40.00	2.48	3.22
FeO	3.29	0.59	0.90	0.59	3.00	1.65	—	—
MnO	9.63	10.40	8.12	9.70	2.35	0.90	—	spår
MgO	0.97	0.43	0.41	1.15	1.47	0.65	spår	0.90
CaO	1.89	1.13	1.40	2.35	2.59	0.45	0.57	0.54
	98.78	102.16	100.44 ⁴	97.23	100.65 ⁵	100.90	101.90	98.80
As	0.002	0.01	0.01	0.002	0.001	spår	—	—

Såsom redan anförts, har järnglansvandling av magnetit endast i helt ringa skala förekommit uti Granrotsmalmen. Märkligt är emellertid, att järnglanskristaller förekomma på limonitmalmens spricktytor. Detta gäller såväl ett av Cronquists prov som det material vi undersökt vid gruvan. Ibland det sistnämnda ses bl. a. grupper av millimeterstora, tavelformiga järnglanskristaller. Järnglans förekommer annars icke alls uti Klackbergsfältets malm eller i likartade svenska malmer, varför det synes högst sannolikt, att den uppkommit i vittringszonen. Förekomststället tyder också närmast på, att kristallerna ifråga bildats först efter det att malmmassan, på vilken de sitta, blivit limonitvandlad. Gruner [16] har skildrat bildningen av mikroskopiska järnglanskristaller uti limonit på Mesabi Range. Den nu anförda förekomsten

¹ Vi hava uteslutit sådana, som av en eller annan anledning kunna misstänkas innehålla felaktigheter, såsom Cronquists n:o 7, vilken, även om all MnO räknas till magnetiten, skulle hålla ca 48 % magnetit och 48 % Fe₂O₃, men intet vatten. Detta strider uppenbart mot den av C. givna karakteristiken, enligt vilken provet skall vara en blandning av ljusa ockror och halvförvittrade, på magnetit rika partier. Analyserna gälla: 1. »Ljust rostfärgad lucker ockra, med ytterst tunna svarta ränder, innehållande ringa mängd magnetisk järnmalm» etc. (Cronquists n:o 6). 2. »Brun ockra, ganska lucker, innehåller magnetisk järnmalm» (C. 8). 3. »Ockra, rostfärgad — — innehåller även en ringa kvantitet magnetiskt mineral» (C. 9). 4. »Rödbrun, lucker ockra» — — — (C. 10). 5. »Blandning av gul och mörkbrun rostfärgad massa, innehåller avsevärd oförvittrad magnetisk järnmalm» (C. 11). 6. »Blandning av mör järnmalm med ljusröda och gula förvittringsprodukter» (C. 12) (är troligen ett skarnrikt parti). 7. »Vit kaolin med ljusgula flammor, går som skölar genom lagren 10—14» (C. 15) (förmodligen omvandlad diabas). 8. »Ljusgul mör bergart, alldeles fri från magnetisk järnmalm» (C. 19) (sannolikt omvandlad leptit).

² Sannolikt föreligger här i Cronquists uppsats ett tryckfel, så att vattenhalten skall vara 11.30. Summan blir eljest 90.90.

³ »Glödgningsförlust».

⁴ Additionen ger 102.44.

⁵ Additionen ger 101.65.

uti Granrotsmalmen synes bekräfta Gruners slutsats, att järnglans kan bildas vid låg temperatur uti vittringszonen. Den torde dock här icke, såsom i det av Gruner anförda fallet, vara uppkommen genom kristallisation i en limonitmassa, utan avsatt ur någon vattenlösning. Däremot är det ovan beskrivna uppträdandet av nybildad järnglans vid Basttjärn jämförligt med Gruners exempel.

Vad de kaolinartade vittringsprodukterna beträffar, så må särskilt påpekas den vita kaolin med ljusgula flammor, som enligt Cronquist går som skölar igenom en del andra vittringsprodukter. Cronquists analys n:r 15 (här återgiven under n:r 7) visar, att den är i det närmaste identisk med den omvand-

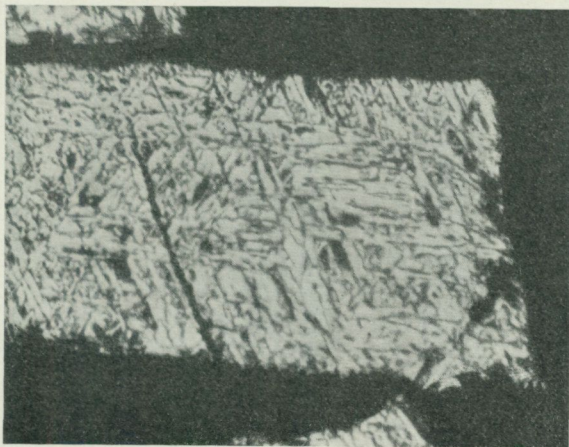


Fig. 13. Martit med oktaederstruktur. Torvgruvan, Norberg. Foto. av polerprov, med jimmersion, $\times \sim 300$. Det svarta fältet är kvarts. *Martite with octahedron structure. Torvgruvan, Norberg. Polished section, $\times \sim 300$.*

lade diabasen i Stollberg. Dess halt av SiO_2 är för låg för att det skulle vara fråga om en omvandlad leptit, dess höga aluminiumhalt gör det osannolikt, att den varit ett skarnband. Då därjämte enligt gruvkartan en diabasgång på 58 m avvägn. genomsätter fyndighetens ovittrade del och pekar rakt på mullmalmen, är det ytterligare sannolikt, att kaolinen ifråga är en vittringsprodukt av diabas.

I anslutning till denna redogörelse över Granrotsgruvans mullmalm torde det vara på sin plats att omnämna en annan, sannolikt i viss grad likartad vittringsföreteelse inom Norbergs bergslag, nämligen den bitumenhaltiga malmen uti *Torv- och Gökgruvorna*, nära Kallmora. Material härifrån har beskrivits av E. Erdmann [10], som även analyserade bergbeckets. Detta, vilket uppträder dels som impregnation, dels skiktvis och såsom hålrumsbeklädnad, utgör enligt Erdmann ej mindre än 25 % av malmens vikt. De ifrågavarande proven, som förvaras i Sveriges geologiska undersöknings museum, visa en otydligt kvartsrandig brunröd malm, med rikligt bergbeck i enlighet med Erdmanns beskrivning, och med glittrande kristallytor av me-

tallglänsande malmineral. Mikroskopisk undersökning av polerprov visar, att detta mineral, som utgör malmrändernas huvudmassa, är en i det vanliga oktaedermönstret fullständigt martitiserad magnetit (fig. 13).

Denna struktur utgör en märklig parallell till den mycket diskuterade »lamellära» kopparglansen, och kan onekligen åberopas såsom argument för den åsikten, att ifrågavarande form av kopparglans utgör pseudomorfos efter bornit. Synnerligast gäller detta givetvis de fall, där små bornitpartier förekomma mellan kopparglanslamellerna. Däremot kan jämförelsen icke åberopas beträffande den oktaedriska *spaltningen* i kopparglans (jfr härom [14], särsk. s. 47).

Från en annan gruva i samma trakt (Västra Mångsgruvan) hava vi fått uppgifter, att mullmalm träffats vid ortdrivning på »en sju, åtta stegars djup». Närmare data saknas dock.

Taberg.

Taberg är beläget inom Nordmarks socken i Värmlands län, 17 km N om Filipstad. Malmerna inom detta fält äro bland de största inom den av alternerande natronextrema och alkaliintermediära typer uppbyggda undre etagen av Nordmarksområdets leptitkomplex [29]. De utgöras normalt av tämligen magnesiarika skarnjärnmalmer liggande i delvis dolomitiska kalkstenar. Skarnet sammansättes främst av till strålstensserien hörande amfiboler. I mera underordnade mängder förekomma hornblände, granat och pyroxen samt biotit, klorit och talk. Strålstenen är här och var utbildad som asbest. Mångenstädes är malmen rik på sprickor, och sprickorna fyllda av kalcit, diopsid, klorit m. m. Där malm och skarn gränsa mot den omgivande leptiten uppträder antingen en skarnbrecciering eller en glimmer-kloritsköl. Berggrunden genomsättes av ett stort antal grönstengångar, vilka även genomkorsa malmerna. Dessa utgöras av oregelbundet stockformiga kroppar, vilka, i enlighet med den redan i leptiterna i dagen iakttagbara stängligheten, stupa c:a 55° mot NNV. De sydvästligare malmstockarna voro till år 1897 de enda, från vilka någon större malmkvantitet brutits. Dessa malmer äro numera kända till ett djup av 360 m. Nämnda år påträffades å 135 m:s nivå en nordostligare malmstock, den s. k. Uddeholmsmalmen, vilken visade en malmarea, som var ungefär lika stor som de sydvästligare malmernas. Då den nya malmen omkring år 1908 förbereddes till brytning på 80 m:s nivå, befanns den vara i stor utsträckning omvandlad, vittrad och ofta mullartad. I någon större utsträckning har den vittrade malmen ännu icke brutits, men genom ett flertal orter är dess area ganska noga känd på 80 m:s nivå, och på denna kan man studera övergången från endast svagt omvandlad, ännu relativt fast malm till mullmalm. Utom på 80 m:s nivå hava orter drivits in mot den vittrade malmen på 55 och 42 m:s nivåer. På 55 m:s nivå kan man för närvarande ej se mycket. På 42 m har man däremot goda tillfällen att studera den vitttrade malmen.

På 135 m synes malmen vara blottad till hela sin area utan att visa någon i samband med vittringen stående omvandling. På 120 m däremot börjar en uppluckring av skarnet samt en brunfärgning efter sprickor att framträda. När brytningen mellan 130 och 80 m hunnit längre, skall man i detalj kunna fastställa den vittrade malmens undre gräns. Att döma efter de iakttagelser, som kunna göras i den stigort, vilken från 130 m leder upp till 80 m:s nivå, kan man som ett ungefärligt genomsnitt för denna gräns sätta 85 à 90 m.

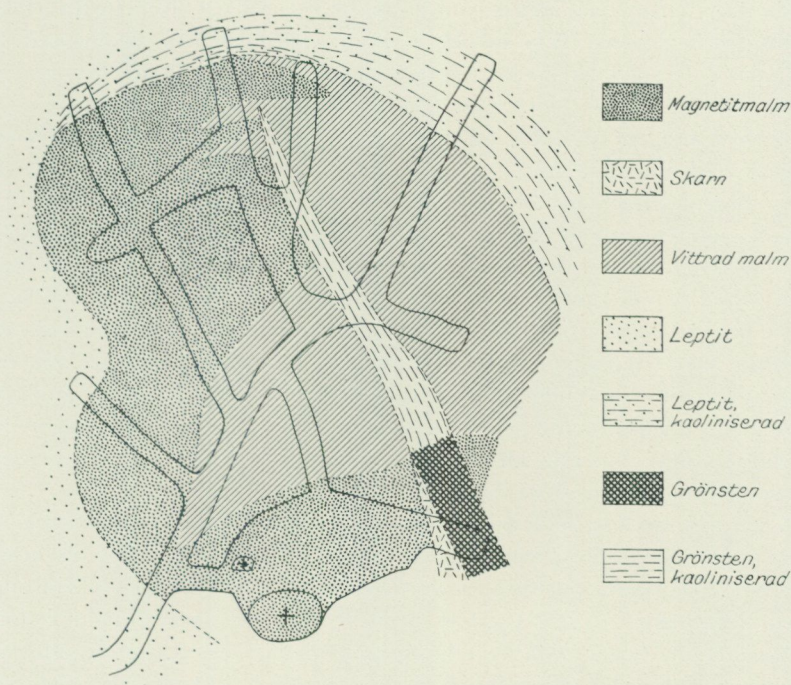


Fig. 14. Kartskiss över 80 m:s nivå i Tabergs gruvor (efter gruvkartan och egna iakttagelser). Skala 1: 800. Map of the 80 m. level, Taberg mines (Värmland), 1: 800. The signs in the legend indicate (beginning at the top): 1 magnetite ore; 2 skarn; 3 weathered ore; 4 leptite; 5 leptite, kaolinized; 6 greenstone; 7 greenstone, kaolinized.

Förhållandena å 80 m:s nivå åskådliggöras av kartskissen, fig. 14. Malmen är å denna nivå ingestådes helt oomvandlad. Brunvittringen har dock ej angripit fullt halva nivån. Det övriga utgöres av en svartmalm, i vilken man endast efter enstaka sprickor kan iakttaga brunfärgning, men vars skarn överallt är mer eller mindre uppluckrat och omvandlat. Skarnet ter sig då som en mjuk, ljusgrön till grå massa, i vilken strålstensprismornas begränsningar ofta ännu äro skönjbara.

Den brunvittrade malmen är lokaliserad till fältliggandet och från detta går den som grövre och smalare tungor mot fälthängandet, vilket den dock ingestådes iakttagits nå. I denna malm utgöres huvudmassan av en brun eller gulbrun mull. Ganska mycket (åtminstone en fjärdedel) utgöres dock

av hårdare partier i denna. Dessa hårda partier äro i allmänhet slaggiga och bestå av vid omvandlingen resterande magnetit, vilken vid utlösningen av övriga beståndsdelar kommit att bilda skelettartade massor. Magnetiten visar i dessa hårda partier ofta en egendomligt blå glans. I den bruna eller gulbruna mullen iakttagas underordnade fläckar av vad man på grund av dess färg skulle kunna kalla svartmull. Under det att den bruna mullen i fuktigt tillstånd håller ganska väl samman, om den ej utsättes för tryck, är svartmullen mycket lös. Den består av löst liggande magnetitkorn och har uppkommit därigenom, att malmens skarn och kalk utlösts, utan att någon limonitavsättning ägt rum mellan kornen. Särskilt ofta finner man svartmull inne i de slaggiga, hårda partiernas hålrum, men även i den rent mullartade massan träffas den. Den bruna mullmalmen har ofta den ursprungliga förklyftningen bevarad, även där man kan med ett lätt slag borra ned hammaren djupt i malmen.

Den begränsande leptiten är endast svagt omvandlad intill den ej brunvittrade malmen, under det att den intill mullmalmen visar en intensiv omvandling resulterande i en mjuk, ljusgrå massa, i vilken här och var stängligheten ännu är iakttagbar. Glimmer-kloritskölarna på gränsen mellan leptit och malm äro ännu tydliga och glimmermineralen synas över huvud taget betydligt bättre hava motstått vittringen än fältspatmineralen i leptiten och skarnmineralen i malmen. En grönstengång, som övertvårar malmen, är utanför det brunvittrade området nästan helt omvandlad, under det att den inne i mullmalmen är omvandlad till en gulvit, mjuk massa, vars karaktär av överskärande gång dock ännu är fullt tydlig.

På 42 m:s nivå är malmen genomgående mera mullartad och de hårda partierna utgöra endast en ringa del av massan. Mullen har här en kraftigare brun färg. De hårda partierna utgöras endast i ringa mängd av vid omvandlingen resterande magnetitskelett utan främst av nybildningar i form av järnkiselartade linser samt mellanformer mellan dessa, utgörande krustor med magnetitkornen sammankittade av järnkisel. Dessutom iakttages här i de närmast markytan liggande delarna en rödvittring, vilken måste skiljas från den övriga omvandlingen och av allt att döma är en helt recent bildning.

Av mullmalmen i Tabergsfältet finnes tills dato endast två fullständiga analyser. Dessa återgivas nedan såsom n:o 2 och 3. För jämförelsens skull återgives i samma tabell även en analys, n:o 1, av ovittrad malm. Kemiskt innebär omvandlingen, som synes, en stark minskning av malmens halt av CaO, MgO och FeO, en minskning, fast ej så kraftig, av SiO₂, en höjning av halten Fe₂O₃ och en höjning av MnO. Resultatet av omvandlingen, där den varit som kraftigast, är en malm bestående av Fe₂O₃, Al₂O₃, SiO₂ och H₂O.

För att klarlägga, vad omvandlingen mineralogiskt innebär, hava mikroskopiska undersökningar i både genomfallande och reflekterat ljus företagits. Av undersökningar i polerprov framgår, att magnetiten i den uppluckrade malmen å 120 m ej visar någon som helst omvandling. I den ännu relativt fasta, ej brunvittrade malmen å 80 m kan däremot en svag omvandling till martit sporadiskt iakttagas utefter magnetitkornens kanter.

	1.	2.	3.
Fe ₂ O ₃	—	75.07	86.24
Fe ₃ O ₄	72.57	—	—
FeO	—	14.79	—
MnO	0.34	0.46	0.63
MgO	4.90	0.33	0.48
CaO	4.38	0.20	spår
Al ₂ O ₃	1.96	3.57	3.24
SiO ₂	12.98	3.80	5.75
P ₂ O ₅	0.009	0.007	0.007
S	0.021	—	—
CO ₂ }	2.21	1.35	3.58
H ₂ O }			
S:a	99.370	99.577	99.927

1. Analys av malm från Tabergs gruvor. 2. Analys av vittrad malm från Tabergs gruvor.
3. Analys av vittrad malm från Tabergs gruvor. (Analyserna meddelade av gruvförvaltningen.)

Utöver martitiseringen har omvandlingen i denna malm inneburit en utlösning av kalkspaten och kaolinbildning på skarnets bekostnad.

Den mullartade malmen visar sig bestå av mer eller mindre kraftigt martitiserade magnetitkorn (se fig. 15) samt en vid större vattenhalt degartad limonit-

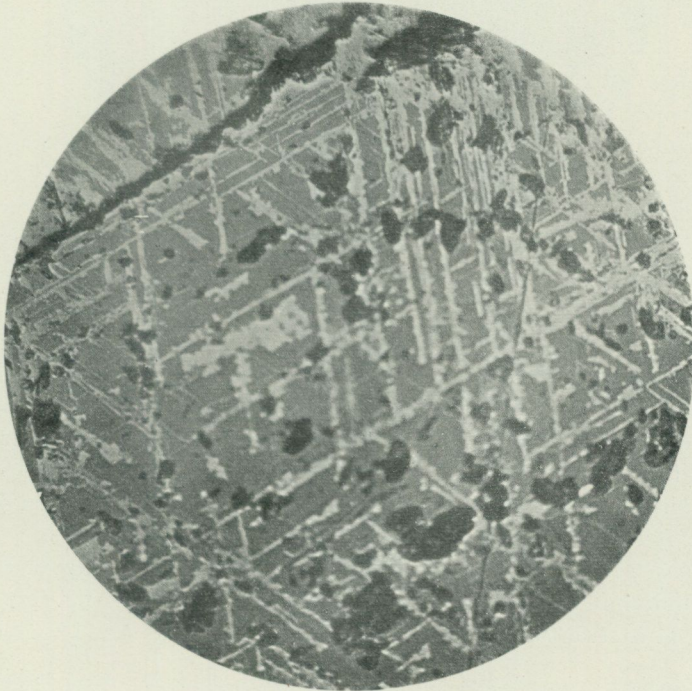


Fig. 15. Magnetit, delvis martitiserad. Taberg. Foto. av polerprov, med immersion, $\times 200$.
Magnetite, partly martitized. Taberg mines (Värmland). Polished section, $\times 200$.

kaolinmassa, vilkens färg, som nämnt, varierar från gulbrun till mörkare brun. Martitiseringen kan, såsom analys 3 visar, ibland vara praktiskt taget fullständig. Där magnetitkornen utgöra en större del av malmen kunna efter torkning sammanhållande massor erhållas. Dessa visa makroskopiskt en kornig struktur, beroende på de tätt liggande magnetitkornen. På friskt brott bryta dessa på grund av sin svarta färg av mot den bruna limonitmassan omkring. Undersökningar visa, att den martitisering, som angripit magnetitkornen, följer kanterna och de sprickor, som genomdraga kornen, samt att den angripit kornen mycket ojämnt, så att vid sidan av ett fullständigt martitiserat korn kan ligga ett ej eller endast svagt omvandlat sådant.

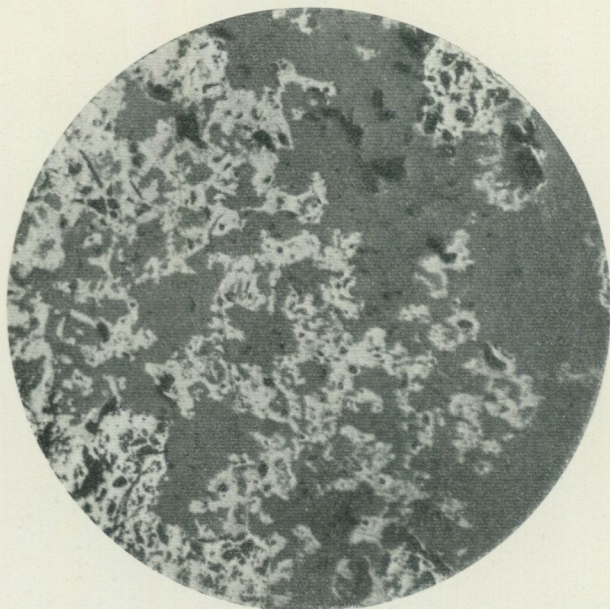


Fig. 16. Kvarts-limonitmassa, Taberg. Foto. av polerprov, $\times 35$. Limonit vit, kvarts mörkgrå.
Quartz-limonite mass, Taberg mines (Värmland). Polished section, $\times 35$.

De blåglänsande magnetitskeletten visa sig vid undersökningar i polerprov bestå av mer eller mindre kraftigt upplösta, endast svagt martitiserade magnetitkorn i en kvartsig limonitmassa. Kvarts-limonitmassans struktur framgår av bilden fig. 16.

Svartmullens magnetitkorn visa genomgående martitisering, även om denna i de flesta fall endast angripit en mindre del av kornen.

De järnkiselartade partierna på 40 m:s nivå visa sig bestå av en med kisel-syra genomdränt limonitmassa,¹ vilken i mikroskopet, (se fig. 17) visar en utpräglad kruststruktur tydande på en kolloidal utfällning. Utom rester av

¹ Av järnkiselartad limonitmassa har en partiell analys utförts på Statens Provvningsanstalt. Analysen visar 60.2 % järn, 10.7 % vatten och endast 1 % kisel-syra, det sista en förvånande liten siffra, då det dock synes vara närvaron av kisel-syra, som betingar det skåliga brott, denna limonitmassa visar.

mer eller mindre martitiserad magnetit består den av oregelbundet alternerande, i genomfallande ljus rödbruna eller ljust gula partier. Skillnaden mellan dessa synes vara den, att de rödbruna uppbyggas av idel småkorn, under det att de ljusare partierna uppbyggas av betydligt grövre kristaller (jfr s. 27). Även sprickor, som övertvåra krustorna, utfyllas av sådana ljusare, grövre kristaller. Denna färgskillnad mellan de av smärre och de av större kristaller uppbyggda limonitmassorna är det, som betingar den även makroskopiskt iakttagbara skillnaden i färg mellan olika limonittyper. De bruna limonit-

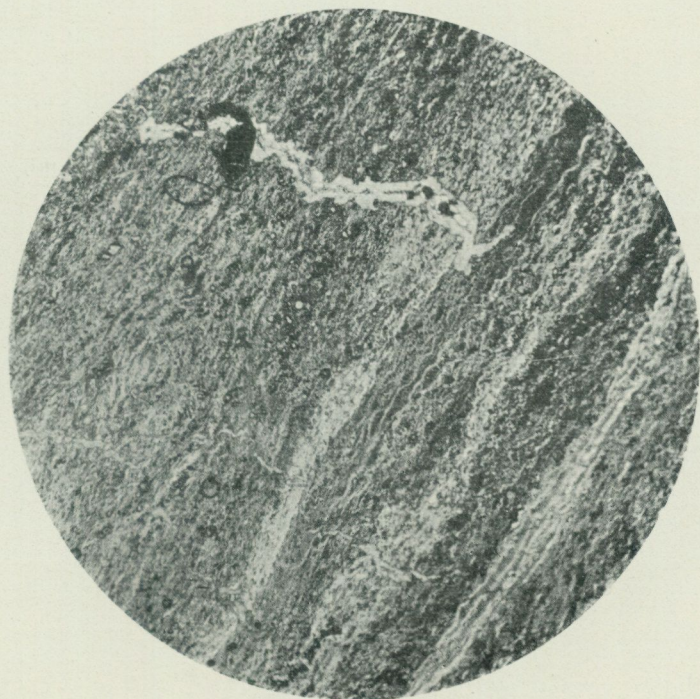


Fig. 17. Av kiselsyra genomdränkt limonit, Taberg. Foto. av slipprov, vanl. ljus, $\times 16$.
Sileaceous limonite mass, Taberg mines (Värmland). Thin section, ord. light, $\times 16$.

varianterna i Taberg bestå sålunda av en ytterst finkristallinisk massa, under det att de gulbruna varianterna bestå av en betydligt grövre kristallmassa. Med detta sammanhänger, att de bruna mullmassorna hålla mera vatten än de gulbruna och torra långsammare än dessa. Under det att färgerna i Mossgruvans mullmalmer bero på proportionen mellan limonit och siderit, är det sålunda här limonitmassornas olika grad av kristallinitet, som bestämmer färgen. En annan faktor, som även spelar in och är av avgörande betydelse, är den ur skarnet vid omvandlingen uppkomna kaolinmassan, vilken naturligtvis dämpar limonitens bruna färg.

Undersökningarna hava sålunda visat, att omvandlingen av Tabergs malmen från mineralogisk synpunkt innefattar följande moment: martitisering av magnetit, utlösning av kalk, kaolinbildning ur skarnsilikaterna,

limonitbildning och kiselsyreutfällning. Huruvida vid utlösningen av kalcium- och magnesiumkarbonaterna någon utfällning i större skala av järnkarbonat ägt rum är svårt att säga. I ringa mängd har dock järnkarbonat kunnat konstateras och det är därför möjligt, att en större mängd tidigare funnits, fast den, på ringa spår när, senare omvandlats i limonit.

Den omvandlade malmen består sålunda av mer eller mindre martitiserad magnetit, limonit, kaolin, kvarts och spår av järnkarbonat. Denna sammansättning förklarar till fullo den kemiska sammansättning, som analyserna visa.

Att martitisering och limonitbildning ur magnetit i detta fall äro två sammanhörande och av varandra beroende processer framgår med tydlighet av de gjorda iakttagelserna. Martitisering har dock träffat även av limonitbildning helt oberörda delar av den vittrade malmen. Kvarts-limonitutfällningarna på 40 m:s nivå innehålla endast smärre rester av magnetit, under det att i magnetitskeletten å 80 m kvarts-limonitutfällningarna endast utgöra underordnade sammanbindande massor.

Vittringsföreteelser i lappländska järnmalmer.

En av oss har redan [14] skildrat den preglaciala vittringens effekt på Kiirunavaaras malm, vilken lokalt undergått martitisering, utlakning och omflyttning av fosforhalten, m. m.

Vidare är att anföra, det Laukujärvifältets uti kalksten uppträdande blodstensmalm visat sig vara martitisk, däremot är den därmed förbundna, svavelkisförande grönskarnmalmen ovittrad. Även inom Gellivare malmfält finnes ett fall av sannolik martitisering, dock ej ännu närmare undersökt. Lokal kaolinisering av de malmförande bergarterna är redan förut känd från detta fält [20], och ljusbrun »järnkisel» har träffats vid Koskullskulle. Också den starka kaoliniseringen längs en sprickbildning i gnejsen vid Porjus [11] kan anföras i detta sammanhang.

Närmast jämförlig med den ovan skildrade vittringen i mellansvenska gruvor är dock den som kan spåras uti »Nya Isovaara» i Masugnsbystråket. Malmen därstädes är en av martitisering oberörd magnetit, men denna ligger, med en skarnmalms ordinära fördelning av magnetitkornen, inbäddad uti en massa, som än är flintliknande, vit eller gulbrun, än lös, såpartad, och brun eller röd. Slipprov visa, att den hårda massan består av mycket finkristallin kvarts, blandad med limonit och bildande typiska meta-kolloidala strukturer. Små apatitkorn ses påfallande ofta. Troligast är, att även magnetiten undergått en partiell limonitvandling. Mellanmassan, såväl den nu skildrade hårda som den »såpig», torde utgöra vittringsprodukter av skarnsilikat.

Även några andra lappländska malmfält, såsom Nunasjärvenmaa och Teltaja, giva anledning förmoda likartade vittringsföreteelser, men äro ännu alltför litet kända för att tillåta en jämförelse.

Sammanfattning och diskussion.

Ovanstående skildringar av de olika mellansvenska förekomsterna av mullmalm torde med all klarhet ådagalägga, att samtliga äro resultatet av en och samma geologiska historia. De olikheter, som förefinnas, äro delvis beroende på olikheter i utgångsmaterialet, såsom t. ex. mellan skarnmalmen Taberg å ena sidan och de mera kalkiga malmerna å den andra. I övrigt gälla de endast graden av omvandling, ej dess art — exempelvis en sådan skillnad som att det sekundära järn-mangan-karbonatet är i vida mindre utsträckning oxiderat i Mossgruvan än i Stollberg. Vid en diskussion av vittringens art och dess förutsättningar kunna sålunda dessa olika fält behandlas tillsammans. Däremot torde det vara lämpligt att tills vidare undantaga de lappländska malmfälten, som icke äro fullständigt jämförliga.

Man kan först och främst konstatera, att det är fråga om en uppifrån kommande *vittring* i egentlig mening, icke om någon av postvulkaniska eller jämförliga processer framkallad, nedifrån kommande omvandling. Detta ligger ju klarast vid Taberg, men antydes även vid flera av de andra fälten, och kan ju för övrigt beträffande dessa slutas utav det med företeelsen i Taberg analoga vittringsförloppet.

I en uppsats om Stollberg [4] har emellertid en tysk A. Bloch uttalat sig för att omvandlingen därstädes skett genom uppstigande (juvenila) vatten. Ehuru Blochs uppsats näppeligen kan göra anspråk på att betraktas såsom ett vetenskapligt arbete,¹ är det lämpligt att granska skälet för denna hans åsikt. Detta skäl är, att omvandlingen är så mycket starkare i de djupa delarna av fyndigheten än i de övre. Detta är emellertid ett fullkomligt misstag. Längre än till en blandning av limonit och martit kan omvandlingen över huvud taget icke gå, och detta stadium är i stort sett uppnått redan t. ex. på 79 m avvägn. Däremot är det ganska möjligt, att den kapillärt bundna vattenhalten är högre på större djup i gruvan, men detta har sin enkla förklaring i de sämre dräneringsmöjligheterna på dessa djup.

De omvandlingsprocesser, som kunnat påvisas i de ovan beskrivna gruvorna, hava dels träffat malmkropparna själva, dels deras silikatiska sidosten och de silikatbergarter, vilka i form av gångar genomsätta malmerna. Att omvandlingen i varje fall följt malmkropparna och ut ifrån dessa angripit sidostenen, har med all önskvärd tydlighet framgått av de gjorda iakttagelserna, nämligen att sidostenen är omvandlad endast intill de vittrade malmerna och att omvandlingens intensitet är beroende av intensiteten av den omvandling, som träffat malmerna själva.

¹ Utom sådana förbluffande slutsatser, som att magnetkisen och kopparkisen uppkommit genom regionalmetamorfos, men zinkbländet och blyglansen stå i genetiskt samband med den fyndigheten genomsättande diabasgången — vilket visar att författaren är fullständigt främmande för de svenska urbergsmalmernas geologi — kan anföras, att den även här ovan skildrade färgbandningen i kaoliniserad diabas, som ofta intager ett *vertikalt* läge, av Bloch anges bero på växlande vattenstånd.

Omvandlingen av malmkropparna har å ena sidan inneburit sideritbildning och i samband med denna försiggången kaolinomvandling av skarnmineralen, å den andra sidan limonitbildning och en mer eller mindre fullständig martit-omvandling av magnetiten. Då dessa båda grupper av processer måste ha försiggått under olika kemiskt-geologiska förhållanden, skola de i det följande behandlas var för sig.

Den gruva, som visar den kraftigaste bevarade sideritbildningen är utan tvivel Mossgruvan. I denna gruva ingår siderit som en väsentlig beståndsdel i den bruna mullmalmen. Sideriten har genom metasomatisk förträngning ersatt den endast svagt magnesiahaltiga kalkstenen. Av analyserna framgår, att den betydligt lättare förträngt kalciumkarbonatet än magnesiumkarbonatet, varför en relativ anrikning av detta senare karbonat ägt rum. I den sekundära sideriten ingår även en rätt ansenlig mängd mangankarbonat. Genom nybildning av detta karbonat har manganhalten i vissa fall stigit till det tiodubbla mot i den ursprungliga, ovittrade malmen. Denna sideritbildning innebär sålunda, att järn och mangan i karbonatlösning uppifrån förts nedåt och där ersatt malmens kalkspat och den omgivande kalkstenen. En liknande sideritbildning har även konstaterats i Stollberg, fast sideriten där ej är bevarad i samma utsträckning. Av särskilt intresse är sideriten i denna gruva på grund av sina karakteristiska kruststrukturer, vilka giva vid handen, att karbonatet från början bildats i kolloidal form men senare kristalliserat, ett förhållande, som helt utesluter förväxling med primärt karbonat.¹ Bevis i samma riktning kunna även hämtas från Mossgruvan fast de kolloidala strukturer, som där påträffats, ej äro lika otvetydiga. Vid Taberg hava endast spår av järnkarbonat iakttagits. Vid Granrotsgruvan har däremot icke något järnkarbonat kunnat påvisas, och förekomsten av primärt järnkarbonat inom Klackbergsfältet medför, att man icke kan basera någon slutsats om sekundär karbonatbildning enbart därpå, att analyserna visa starkt överskott av FeO även i vissa vittrade partier. Likheten i övrigt med de andra fyndigheterna gör det dock sannolikt, att även här en sekundär sideritbildning ägt rum.

Att den sekundära sideritbildningen varit av mycket stor omfattning framgår av en jämförelse mellan Mossgruvan och den direkt angränsande Sköttgruvan. Såsom förut har nämnts, visar den senare, hur malmerna inom Mossgruvefältet varit byggda, innan omvandlingen började. Då Mossgruvemalmerna bilda i det stora hela lika stora och lika formade linser som svartmalm och kalksten tillsammans i Sköttgruvan och då malm och kalk i den senare upptaga ungefär lika stora delar av nämnda linser, får man en god föreställning om vad den sekundära sideritbildningen här betytt. En enkel uträkning säger oss, att den nybildade sideriten bör ha haft ungefär lika stor volym som den ursprungliga malmen på de nu kända nivåerna. Detta visar i sin tur, att en betydande utlösning av järn ur magnetit, primär siderit och skarnsilikat ägt rum på högre, nu borteroderade nivåer. Dessa borteroderade delar

¹ Ett flertal exempel på utbildning i kolloidal form vid metasomatisk förträngning av bergartsbildande mineral och sulfider hava nyligen anförts av W. Lindgren [27].

av malmkropparna, ur vilka en utlösning av järn ägt rum, böra hava varit minst lika djupa som den nu existerande vittrade malmens genomsnittsdjup. För de övriga, undersökta gruvorna är en dylik beräkning nästan omöjlig att utföra. Att den sekundära sideritbildningen även där varit av stor, om än från fall till fall växlande omfattning är dock i hög grad sannolikt. I de fall, där en utlösning av den ursprungliga, ovittrade malmens kalcium- och magnesiumkarbonat ägt rum, utan att i stället järn- och mangankarbonat bildats, ha de lösa svarta mullmalmen uppkommit. Dylika ha påvisats i Mossgruvan och Taberg. Särskilt må här erinras om svartmullen i Mossgruvan, emedan den endast i denna gruva är av någon större kvantitativ betydelse.

I samband med beskrivningen av sideritbildningen kan lämpligen kaoliniseringen av skarnmineral och silikatbergarter behandlas, då vi kommit till den uppfattningen, att kaoliniseringen och sideritbildningen äro nära sammanhörande processer. Vid samtliga fyndigheter har kaolinisering av skarnmineral och silikatbergarter iakttagits och vid en relativt kalkfattig, men på skarn rik gruva sådan som Taberg är föga kvar av den sekundära sideriten, under det att en kaolinomvandling av skarnet kan spåras djupt ned under den egentliga mullmalmen. Bästa tillfället att konstatera de kemiska förändringar, som kaolinomvandlingen innebär, har givits oss i den diabasgång, som genomskär den vittrade malmen i Stollberg.

Kaolinbildningen och dess betingelser ha mycket flitigt diskuterats, särskilt i tysk litteratur. Att här ingå på detaljreferat av denna diskussion torde vara överflödigt. Enighet synes emellertid finnas om, att en omvandling genom kolsyrehaltigt vatten leder till kaolinbildning. Lika klart synes vara, att en vittring under humus (t. ex. mossar) leder till en substans med kaolin-sammansättning. Huruvida denna sedan kristalliserar som kaolinit eller förblir en gel av $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{SiO}_2$ är en sak för sig. Dylik vittring förutsätter tydligen bland annat reduktion av järnet genom humusämnen och utlösning i form av karbonat. I de vittrade malmerna synes kaoliniseringen kunna ställas samman med sideritbildningen, vilken den troget följer. Såsom en jämförelse mellan analyserna av frisk och vittrad diabas från Stollberg visar, sjunker även järnhalten vid kaolinomvandlingen, ett förhållande, som synes ge vid handen att denna, liksom sideritbildningen, är att betrakta som en reducerande vittring. Även detta tyder på en parallellism i de båda omvandlingsprocesserna.

Limonitbildningen måste däremot ha skett under en oxiderande process, d. v. s. vid rikt lufttillträde. Denna limonitomvandling har angripit malmerna i de olika gruvorna mycket olika. Under det att t. ex. Stollbergs-, Granrots- och Tabergsmalmerna äro rika på limonit, utgör denna endast en mindre del av Mossgruvemalmerna. Iakttagelserna i gruvorna, sammanställda med resultaten av de mikroskopiska undersökningarna, ge vid handen, att limoniten i första rummet uppkommit ur siderit, under det att magnetiten i allmänhet angripits i betydligt mindre utsträckning. Att på sina håll även magnetiten angripits i rätt stor utsträckning, framgår i första hand av förhållandena i Taberg, där järnkarbonatet ej gärna kan ha spelat en så stor roll, att den övervägande delen av den förefintliga limoniten kunnat bildas därur. Under-

sökningarna av de i mullmalmen uppstickande, slaggiga topparna av fast malm samt de i mullmalm helt inbäddade resterna av sådan visa, hur magnetiten lösts upp vid limonitbildningen. Att magnetiten även i Mossgruvan, där dock rik tillgång på siderit funnits, omvandlats i limonit om än i ringa grad, visa de på gränsen mellan svart och brun mullmalm uppträdande krusorna. Ett fullt tillförlitligt mått på proportionen mellan omvandlat järnkarbonat och omvandlad magnetit är dock icke möjligt att ernå.

I fullständigt limonitomvandlade malmer såsom Stollberg och Granrotsgruvan måste man naturligtvis även räkna med den möjligheten, att vid karbonatets oxidation till limonit en del järn kunnat gå i lösning och transporteras till djupare nivåer. Sålunda kan till den genom reducerande vittring framkallade förskjutningen av järnhalten även ha lagts en dylik uppkommen i samband med oxidationsprocessen. Vi ha dock kommit till den bestämda uppfattningen, att denna förflyttning ej haft någon kvantitativ betydelse jämförlig med järnets transport nedåt genom sideritbildningen.

I samband med limonitseringen har en mer eller mindre kraftig martitisering av magnetit ägt rum. Denna martitisering har i alla iakttagna fall, som vanligt är, följt oktaederytorna, och den har utgått från kornens kanter samt följt sprickor i kornen. Vid kraftigare martitisering resulterar därför en eller flera kärnor av magnetit omgivna av martitskal. I flera fall har fullständig martitisering kunnat konstateras. Martitisering har påvisats i alla de vittrade malmen, fast, som nämnt, i mycket olika omfattning. I Mossgruvan synes den hava angripit den lösa svartmullen och magnetiten i krusorna runt svartmullskärnorna, under det att uti de i brunmullen liggande magnetitkornen martitisering endast sporadiskt kunnat påvisas. I Taberg har martitisering kunnat spåras åtminstone något tiotal av meter utanför den brunvittrade delen av malmen, och de i brunmullen liggande magnetitkornen äro ställvis kraftigt martitiserade. I Stollberg äro de resterande magnetitkornen alltid mer eller mindre, oftast så gott som fullständigt martitomvandlade. I Granrotsgruvan synes martitseringen vara betydligt mindre genomgripande.

I den kraftigt omvandlade Stollbergsmalmen är det ganska svårt att komma under fund med förhållandet mellan limonitbildning och martitisering. Vackra bevis finnas däremot i denna gruva för att martiten motstått limonitomvandlingen, även där magnetiten helt ryckts med. I Mossgruvan och Taberg ligger problemet om förhållandet mellan limonitbildning och martitisering bättre till. Man kan säga, att erfarenheterna från dessa gruvor antyda det martitomvandlingen i det stora hela angripit de delar av den oxiderade malmen, som ej berörts av limonitomvandlingen, och att martitomvandlingen har en vidare rayon än denna. Erfarenheterna i Taberg visa även, att martitomvandlingen trängt djupare ned än limonitomvandlingen. Man kan då uppställa den frågan, huruvida i de fall, där martitiserad magnetit ligger inbäddad i limonit, martitomvandlingen i det väsentliga föregått limonitbildningen, d. v. s. om vid den nedåtskridande, oxiderande vittringen en martitizon ständigt gått före limonitzonen. Ett säkert svar på denna fråga är ej lätt

att giva. För Taberg synas dock de iakttagna förhållandena avgjort peka mot, att så varit fallet, under det att iakttagelserna i Mossgruvan synas visa hän på att det främst varit de starkast genomluftade lösa, svarta mullmalmerna, som martitiserats, under det att limonitomvandlingen i det stora hela begränsats till sideriten i de siderit-magnetitmalmer, vilkas bildning till tiden föregått de bruna mullmalmernas.

Ett särskilt problem erbjuder uppkomsten av de hårda limonit-magnetitkrustorna inom Mossgruvemalmerna. Dessa ligga, som nämnt, i allmänhet på gränsen mellan brun och svart mullmalm, och ofta omgivas de små svartmullskärnorna av dylika krustor. Magnetiten är i dessa krustor mer eller mindre martitomvandlad på samma sätt som svartmullens magnetitkorn. Det synes oss sannolikt, att dessa krustor uppkommit genom limonitutfällning i svartmullens gränspartier, alltså en förflyttning och utfällning av järn i limonitform i de kapillära rummen mellan svartmullens magnetitkorn, vilka till en del fått släppa till material vid limonitbildningen. Enligt uppgift skall i en del malmkroppar på 50 m:s nivå svartmull helt saknas, under det att hårda krustor där äro vanliga. Sannolikt är att dessa krustor uppkommit genom fullständig cementering av svartmullskärnor.

En parallell till Mossgruvemalmernas hårda krustor erbjuda de av limonit och kvarts impregnerade slaggiga magnetitresterna å 80 m:s nivå i Taberg. Dessa utgöra, som nämnt, topparna av den underliggande fasta malmen och rester av dylik i mullmalm och ha bevarats genom nämnda impregnation, vilken sålunda försiggått på gränsen mellan fast malm och mull. De på 40 m i samma gruva vanliga järnkiselartade bildningarna innehålla rester av mer eller mindre martitiserad magnetit och utgöra av limonit och kisel-syra sammansatta utfällningar kring resterande å denna nivå sparsamma magnetitkorn. Att utfällningen skett i kolloidal form har förut påpekats och framgår av fig. 17.

Givetvis kan det synas egendomligt att antaga ett sammanträffande inom samma begränsade utrymmen av två väsentligt skilda former av vittring, först en reducerande och sedan en oxiderande. Först och främst får man emellertid hålla i minnet, att de lokala förhållanden, som underlättat en djupgående vittring av det ena slaget — och det rör sig ju här städse om lokalt djupgående vittringsföreteelser — på det hela taget även böra gynnat en vittring av det andra slaget. Särskilt har man därvid att tänka på förefintligheten av lämpliga vattenvägar, bland vilka förkastningar tydligen spelat en särskilt viktig roll. Därjämte är emellertid att observera, det en föregående reducerande vittring faktiskt berett vägen för den oxiderande: i de sekundära järnkarbonatmassorna har denna kunnat nedtränga till djup, som den näppligen någonsin kunnat nå uti en oförändrad magnetitmalm under samma grundvattensgeologiska förhållanden. Den reducerande vittringen har ju även gjort malmen mera porös och genomsläppande. Vittringsprocessernas bestämda anknytning just till malmkropparna bör även påpekas uti detta sammanhang.

Ett mycket anmärkningsvärt faktum är, att förkastningar i två synner-

ligen viktiga fall visat sig bilda gräns för den vittrade malmen å ena sidan och å den andra ovittrad malm (Mossgruvan) eller mera obetydligt vittrad sådan (Stollberg). Vi hava måst taga under övervägande den möjligheten, att de starkast vittrade partierna utgöra stycken av berggrunden, som sänkts mellan förkastningar. Därigenom skulle ju också det påfallande djupgåendet på vittringszonen förklaras. Vi hava emellertid funnit det alldeles omöjligt att inpassa dylika rörelser uti de ifrågavarande fältens geologiska byggnad, liksom ej heller en granskning av själva förkastningsgränserna giver något stöd för en sådan tanke. Däremot är det nog tänkbart, att av förkastningarna influerade terrängformer å ovanliggande jordyta kunnat medverka till vittringens koncentrerande på vissa partier.

Såsom fig. 1 visar, äro de vittrade malmen ganska vida spridda över Bergslagen. Såsom en jämförlig företeelse har å bilden även angivits den vid en förkastning bundna kaolinförekomsten vid Hultebo i Skinnskattebergs socken [37]. Det finnes intet tvivel om att dessa vittringsprocesser äro preglaciala, d. v. s. försiggått före den sista nedisningen. Man kan t. ex. anföra förekomsten av kaolinstycken uti moränen vid Hultebo, eller blocket av martit-limonit-malm vid Stråssa. Även gränsförhållandena mellan morän och limonitmalm vid Stollberg tyda på samma sak: visserligen ser man ingen inblandning av vittrad malm uti moränen, men å andra sidan har denna ej heller minsta spår av den vattengenomdränkning, som skulle varit en nödvändig förutsättning för en dylik extrem genomvittring i postglacial tid. Vad Granrotsgruvan beträffar, så påpekar visserligen Cronquist [6] att densamma ligger uti en sänka, där vatten lätt kan samlas. Men denna sänka kan likaväl vara betingad av den underliggande malmens beskaffenhet som vice versa, och utgör sålunda intet bevis för en postglacial ålder på vittringen. En dylik insänkning fanns ju även över den vittrade Stollbergsmalmen, ävensom vid Mossgruvan och Taberg. Dessa lägen kunde giva anledning förmoda, att recent vittring under torvbildningarna i sänkorna givit upphov till de stora omvandlingarna, vilket vi emellertid funnit vara orimligt.

Den anförda fördelningen av de vittrade malmen visar, att det icke är fråga om en grupp av var för sig isolerade och lokala företeelser. Lokala hava blott de förhållanden varit — t. ex. förekomsten av förkastningssprickor — som utgjort en förutsättning för *särskilt djupgående vittring*, vilket kunnat bevaras ännu efter istidens erosion. Däremot måste vittringen i de närmare den dåvarande jordytan belägna, nu borteroderade delarna av berggrunden hava mera allmänt, om än ingalunda överallt, tagit sig liknande former.

Det första skedet, med reduktion och transport av de lösta ämnena uti karbonatform, har varit av det slag, som utmärker vittring med begränsat lufttillträde under ett kraftigt växttäcke, varvid de genom växtämnenas förmultning uppkommande humusämnen och CO_2 äro verksamma. Den faktor, som förhindrar lufttillträde och oxidation av växtämnenas förmultningsprodukter, är hög markfuktighet eller direkt vattenbetäckning. Kärr, som icke under någon årstid fullt torrläggas, erbjuda dessa betingelser. Man har också kunnat klart uppvisa, att vittringen uti underlaget till dylika sump-

marker antager former, analoga med dem som det första av oss påvisade vittringsskedet uppvisar. Uti recenta torvbildningar har dock verkan varit skäligen ringa, men även här framträda ansatser: reduktionen och utlösningen av järn är nog samt bekant,¹ dess avsättning i karbonatform är också påvisad [2, 12, 34, 23 a]. Inverkan på fältspathaltiga bergarter har mer eller mindre bestämt gått i riktning mot kaolinbildning [3, 8, 39, 47]. Kvalitativt sett är sålunda den recenta vittringen under torvmarker jämförlig med den av oss studerade reducerande vittringen. Kvantitativt däremot är olikheten mycket stor, vilket utgör ett ytterligare bevis för den sistnämndas preglaciala ålder. Den recenta vittringens ringa omfattning har sin förklaring dels uti den relativt korta tid, som den kunnat verka, och dels uti den förhållandevis låga temperatur, som därunder varit rådande. Antydning om kvantitativt mera jämförliga vittringsföreteelser äga vi emellertid från tidigare geologiska skeden. De åtfölja nämligen både stenkolslagren och de tertiära brunkolen, vilka båda grupper av fossila växtanhopningar ju anses till väsentlig del vara avlagrade uti skogskärr. Sålunda åtföljas stenkolen, som bekant, av eldfasta leror och av karbonatiska järnmalm, medan brunkolens underlag ofta visar kraftig kaolinisering och nybildning av järnkarbonat [38, 39]. Det är därför sannolikt, att den reducerande vittringen uti de mellansvenska järnmalmerna försiggick på en tid, då landets yta till betydande utsträckning upptogs av kärrmarker med frodig vegetation. Såväl denna sistnämnda omständighet som vittringens intensitet antyder såsom sannolikast ett jämförelsevis varmt klimat.

Då området ifråga utgjort land under allra största delen av den tidrymd, som förflutit sedan erosionen i prekambrisk tid börjat blottlägga urbergsmalmerna, faller det sig skäligen svårt att utpeka någon geologisk period såsom framför andra sannolik. Kaolinisering uti ej obetydlig skala är ju känd redan i den sub-kambriskas landytan i södra Sverige (Lugnås, etc.), och de intressanta iakttagelser, som A. G. Högbom och N. G. Ahlström nyligen meddelat från Kinnekulle [21], angiva, att denna vittring med all sannolikhet haft en reducerande karaktär. Flera skäl synas dock göra det mindre troligt, att första skedet i den av oss studerade malmvittringen tillhört samma period. Utom det, att dess intensitet är avgjort större, så har man även att betänka den roll, förkastningarna spelat vid malmernas vittring, ej blott såsom vattenvägar utan förmodligen också, såsom nyss påpekats, därigenom att de medverkat till bestämmandet av berggrundens ytformer. Då Bergslagens förkastningstopografi väsentligen måste vara av post-kambrisk ålder — fördelningen av sandstensgångarna vid Otterbäcken [36] utgör ett belysande fall — så torde även malmernas vittring vara yngre än den kambriskas transgressionen. Snarare kan man tänka på senare paläozoisk tid, eller på mesozoisk: den kraftiga kaolinbildningen flestades i kritformationens underlag i Skåne erbjuder åtskilliga jämförelsepunkter, bl. a. har den kaoliniserade bergartens järnhalt överförts i karbonat [18]. Emellertid hava gynnsamma förhållanden varit rådande ända upp i tertiären: ännu för oligocen tid torde

¹ Kvantitativa mått härför hava anförts av Gruner [17].

man enligt bärnstensfossilens vittnesbörd få räkna med ett snarast subtropiskt klimat och yppig växtlighet uti de ifrågavarande trakterna.

Den oxiderande vittringen åter kräver andra förhållanden, främst en kraftigare genomluftning av berggrundens översta lager, varför inga större ackumulationer av växtrester kunna hava förelegat.¹ Vattentillgången bör hava varit riklig, men kan hava varit mycket ojämnt fördelad på årstiderna. En tid, då dylika förutsättningar varit uppfyllda uti södra Sverige, var keupern, ty dess avlagringar i Skåne vittna om, att fastlandet i norr uppvisade en för oxiderande vittring utsatt kaoliniserad berggrund [9, 31]. Därmed är dock givetvis ej sagt, att den oxiderande vittringen i malmerna nödvändigtvis inträffat just vid denna tid, ty samma förhållanden kunna hava återkommit flera gånger, ehuru ej så tydliga spår finnas kvar i randområdena, som dem keupern lämnat.

Om sålunda den geologiska tidpunkten för de olika vittringsskedena icke kan ens med någon större sannolikhet fastställas, synes det dock vara klart, att det vi i övrigt kunna sluta om vårt lands geologiska historia under dess långa fastlandstid klart ådagalägger möjligheten av förutsättningarna för de två vittringsskeden, vi anse oss kunna påvisa uti järngruvornas mullmalmer.

Vittringens djupgående kan synas anmärkningsvärt, synnerligast då man betänker, att erosionen måste hava bortfört vittringsprodukterna ned till ett avsevärt djup. Mest anmärkningsvärt är Stollberg, där vittringen med oförminskad intensitet är känd ännu på ett djup, som ligger c:a 70 m under närmast belägna sjös nivå² och endast c:a 60 m ö. h. Emellertid får man hålla i minnet, att förhållandena kunnat vara helt andra under den tid, då vittringen pågick, ävensom att vattnet uti den vittrade malmkroppen icke nödvändigtvis cirkulerat, utan helt enkelt sjunkit ned uti denna permeabla kropp, utan några större möjligheter att taga sig ut åt sidorna. För övrigt är t. o. m. oxiderande vittring, som ju vida mera än den reducerande kräver god förbindelse med jordytan, känd från djup om nära 1,000 meter, nämligen på Gogebic Range vid Lake Superior [19]. Denna vittring har även innefattat utlösande av kiselsyra, den har sålunda förutsatt en cirkulation av vattnet och icke enbart ett nedsjunkande, såsom man kan tänka sig för Stollbergs vidkommande: Platsen ifråga ligger i relativt flack terräng och endast c:a 550 m ö. h., motsvarande c:a 370 m över Lake Superiors yta. Man kan för övrigt även från vårt eget land andraga exempel på cirkulationen av oxiderande vatten till djup jämförliga med dem, som man hittills känner för den vittrade Stollbergsmalmen: uti Spexeryd finnas oxidiska manganmineral till mera än 210 m djup, och dessa äro, efter vad även en av oss (P. G.) ansett sig finna, avsatta av vattenlösningar av ytligt ursprung.

Den frågan uppställer sig givetvis, i vad utsträckning som vittringsföreteelser, motsvarande de av oss studerade, förekomma även utanför vårt land. Vi hava redan anfört kaolinisering i samband med reducerande vittring under

¹ W. Lindgren har skildrat ett intressant exempel på att reducerande vittring under kärnmark genom vegetationens försvinnande och uttorkning efterträts av oxidation [25].

² Vi förfoga icke över någon exakt höjdbestämmning för gruvans nollpunkt, och kunna därför icke närmare angiva höjdskillnaden.

stenkols- och brunkolslager, och hava omnämnt avsättningen av järn i karbonatform därvid. Däremot är det, så vida vi av tillgänglig litteratur kunnat finna, icke tidigare känt något enda fall, där vittring av detta slag drabbat en förut utbildad järnmalm och kunnat framkalla den betydande sekundära förflyttning nedåt av järn (och mangan) i karbonatform, som är den märkligaste sidan av det reducerande vittringsskedet i våra malmer. F. D. Adams har visserligen en gång antagit något liknande för Bilbao [1], men numera torde man ganska allmänt vara på det klara med, att dessa karbonatmalmer bildats genom uppstigande lösningar [22, 43], och att endast omflyttningar i samband med oxidationen av karbonatet ägt rum under vittringen. Avsaknaden av utländska exempel torde väl hava sin huvudsakliga förklaring däruti, att exempelvis kolbildningar ingenstädes direkt överlagra uppresta järnmalmer. Tänkbart är dock även, att dylik karbonatvittring av malmer förekommit, men senare helt och hållet beslöjats genom oxidation.

Däremot är ju oxiderande vittring påvisad i otaliga fall, synnerligast uti karbonatmalmer. Det är också känt, att därvid betydande förskjutningar av järnhalten kunnat äga rum, med avsättning i form av limonit. De mest stor slagna och bäst kända exemplen erbjuda Lake-Superior-områdets fyndigheter, särskilt relativt brant uppresta karbonatrika formationer, såsom Penokee-Gogebic [42]. Den på dylikt sätt uppkommande limonitens metasomatiska uppträdande även utanför den primära karbonatmalmens massa har med ett annat exempel skildrats av Krusch [23]. Av ett särskilt intresse äro Gruners undersökningar över vittringen å Mesabi Range [16], vilket faktiskt är det första närmare studiet av den malmbildande vittringen därstädes — eller över huvud taget inom Lake-Superior-området — i dess mineralogiska detaljer. Gruner skildrar först och främst den mycket omfattande martitseringen av magnetit, vars karaktär av en ytlig vittring är alldeles påtaglig. Limonit synes här icke bildats som direkt pseudomorfos efter magnetit, åtminstone har Gruner icke kunnat finna några bevis för en dylik process. Däremot skall den hava uppkommit genom upplösning av andra järnmineral, inkl. magnetit och järnglans, och avsättning på annat håll: »Limonite — — — was formed by solution of iron-rich minerals, including magnetite and hematite, and deposition of the hydroxide in open spaces. It is interesting to note here that the carbonates, whether calcite, siderite, or others, in the process of ore concentration, were leached out and carried away before the magnetite was changed to hematite — — — Limonite filled a part of these pore spaces.»

Någon före den oxiderande vittringen försiggången sekundär transport av järn i karbonatform, motsvarande den, som vi påvisat uti de svenska malmera, har, såsom redan är antytt, icke påvisats någonstädes inom Lake-Superior-området. En dylik vore också givetvis mycket svår att påvisa uti fyndigheter, som ursprungligen till större delen bestått av dylikt karbonat, och därjämte efteråt undergått oxidation.

Liksom vittring av järnkarbonat till limonit är en vanlig företeelse, så träffas också ganska talrika exempel på en annan viktig sida utav den av oss stu-

derade oxiderande vittringen, nämligen martitisering av magnetit. Utom det redan citerade exemplet, Mesabi Range, kunna bl. a. anföras skarnmalmer på Cuba [26]¹ samt Mokta el Hadid i Algier [7].

Vi hava hittills i denna diskussion icke berört de lappländska malmfälten, såsom icke fullt jämförliga. Det har där icke varit möjligt att uti en och samma fyndighet påvisa de båda skilda vittringsformer, som utmärka de mellan-svenska mullmalmsförekomsterna. En vittring, som med all sannolikhet varit jämförlig med den av oss påvisade reducerande är blott spårad i ett fall, nämligen Isovaara, medan däremot Kiirunavaara och Laukujärvi uppvisa oxiderande vittring. Det påfallande djupgåendet hos martitiseringen uti Kiirunavaara har redan ställts i samband med bergets form, som i sin tur bestämts av malmkroppens motståndskraft mot erosionen [14].

¹ Invändningar hava gjorts [35] mot tolkningen av hämatiten vid Daiquiri och Firmeza såsom sekundärbildning. Enligt vårt förmenande äro dock de fakta, som anförts såsom bevis för denna tolkning, absolut utslagsgivande.

Anförd litteratur.

1. F. D. Adams: Notes on the iron deposits of Bilbao. Journ. Canad. Min. Inst., 1901 (cit. efter W. Lindgren, Mineral Deposits).
- N. G. Ahlström, se nr 21.
2. J. M. van Bemmelen: Über das Vorkommen, die Zusammensetzung und die Bildung von Eisenanhäufungen in und unter Mooren. Zeitschr. f. unorgan. Chemie, 22, 1899.
3. E. Blanck und A. Rieser: Über die chemische Veränderung des Granits unter Moorbedeckung. Ein Beitrag zur Entstehung des Kaolins. Chemie d. Erde, II, s. 15.
4. A. Bloch: Die Erzlagerstätte bei Stollberg in Mittelschweden. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1923, s. 81.
5. T. M. Broderick: Some of the relations of magnetite and hematite. Econ. Geology, 1919, s. 353.
6. A. W. Cronquist: Om några förvittringsprodukter i Granrotsgrufvan af Klackbergsfältet i Norbergs bergslag. G. F. F., 7, 1884—1885, s. 244.
7. Dussert: Etude sur les gisements de fer de l'Algérie. Annales des Mines, 1912.
8. K. Endell: Über die chemische und mineralogische Veränderung basischer Eruptivgesteine bei der Zersetzung unter Mooren. Neues Jahrbuch f. Min. etc., B. B. 31, 1911, s. 1.
9. E. Erdmann: Beskrifning till kartbladet »Helsingborg». S. G. U., ser. Aa, nr 74.
10. E. Erdmann: Kolhaltig blodstensmalm från Norbergs bergslag. G. F. F., 2, 1874—1875, s. 535.
- C. A. Falk, se nr 30.
11. A. Gavelin: Yttrande med anledn. av K. A. Grönwalls föredrag om kaolinförekomster i nordöstra Skåne. G. F. F., 36, 1914, s. 182.
12. A. Gaertner: Über Vivianit und Eisenspat in mecklb. Mooren. Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturgeschichte in Mecklenburg, 51, 1897, s. 73.
13. Per Geijer: Falutraktens berggrund och malmfyndigheter. S. G. U., ser. C. nr 275.
14. Per Geijer: Some Swedish occurrences of bornite and chalcocite. S. G. U., ser. C. nr 321.
15. G. Gilbert: Some magnetite-hematite relations. Econ. Geology, 1925, s. 587.
16. John W. Gruner: Paragenesis of the martite ore bodies and magnetites of the Mesabi Range. Econ. Geology, 1922, s. 1.
17. John W. Gruner: The origin of sedimentary iron formations: the Biwabik formation of the Mesabi Range. Econ. Geology, 1922, s. 407.
18. Karl A. Grönwall: Nordöstra Skånes kaolin- och kritbildningar samt deras praktiska användning. S. G. U., ser. C. nr 261.
19. W. O. Hotchkiss: Recent developments in the geology of the Gogebic Range. Lake Superior Min. Inst., Proc., 1923, s. 47.
20. A. G. Högbom: The Gellivare Iron Mountain. A guide for excursions. G. F. F., 32, 1910, s. 561 (även som guide, 11. intern. geologkongressen).
21. A. G. Högbom und N. G. Ahlström: Über die subkambrische Landfläche am Fusse von Kinnekulle. Bull. Geol. Institut. Upsala, 19, 1923—1925, s. 55.
- H. E. Johansson, se nr 36.
22. John: Die Eisenerzlagerstätten von Bilbao. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1911, s. 208.
23. P. Krusch: Über primäre und sekundäre metasomatische Prozesse auf Erzlagerstätten. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1910, s. 165.
- 23 a. P. Krusch: Über das Vorkommen und die Entstehung des Weiss-Eisenerzes, eines neuen bauwürdigen Eisenrohstoffes. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft., 1922, Monatsber., s. 207.

24. C. K. Leith and W. J. Mead: *Metamorphic Geology*. New York 1915.
— C. K. Leith, se även n:r 42.
25. Waldemar Lindgren: The water resources of Molokai, Hawaiian Islands. U. S. Geol. Survey, Water Supply Paper, n:r 77.
26. Waldemar Lindgren and Clyde P. Ross: The iron ore deposits of Daiquiri, Cuba. Bull., Am. Inst. M. E., 1915, s. 2171.
27. Waldemar Lindgren: Gel replacement, a new aspect of metasomatism. Proc. National Acad. of Sciences U. S. A., 11, 1925, s. 5.
28. Gustaf T. Lindroth: Om granatens natur uti de mellansvenska malmfyndigheternas skarnbildningar. G. F. F., 41. 1919, s. 64.
29. (Nils H. Magnusson:) Persbergs malmskikt. Kungl. Kommerskollegium, Beskrivn. över mineralfyndigheter, n:r 2, Stockholm 1925.
— W. J. Mead, se n:r 24,
— H. E. Merwin, se n:r 33.
30. Mossgrufvornas Aktieföretag, Stockholm (genom C. A. Falk): Beskrifning öfver Mossgrufvefältet och bolagets öfriga järnmalmfyndigheter (Baltiska Utställningen i Malmö 1914), Stockholm 1914.
31. A. G. Nathorst: Om förekomsten av kalcedonartad jaspis vid Ottarp i Skåne. G. F. F., 3, 1876—1877, s. 167.
32. H. Nathorst: Yttrande med anledn., av K. A. Grönwalls föredrag om kaolinförekomster i nordöstra Skåne. G. F. F., 36, 1914, s. 183.
33. E. Posnjak and H. E. Merwin: The hydrated ferric oxides. Am. Journ. Science, IV, 47, 1919, s. 311.
34. Lennart von Post: Einige südschwedische Quellmoore. Bull. Geol. Inst. Upsala. 15, 1916, s. 219.
— A. Rieser, se n:r 3.
35. Max Roesler: Geology of the iron-ore deposits of the Firmeza district, Oriente Province, Cuba. Bull., Am. Inst. M. E., 1916, s. 1789.
— Clyde P. Ross, se n:r 26.
36. R. Sandegren och H. E. Johansson: Beskrivning till kartbladet Otterbäcken. S. G. U., ser. Aa, n:r 145.
37. B. Santesson: Kaolinfyndigheten vid Hultebo i Skinnskattebergs socken och Örebro län, G. F. F., 6, 1882—1883, s. 325.
38. Alfred Stahl: Die Verbreitung der Kaolinlagerstätten in Deutschland. Preuss. Geol. Landesanstalt, Arch. f. Lagerstätten-Forschung, H. 12. Berlin 1912.
39. H. Stremme: Über Kaolinbildung. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1908, s. 122.
40. N. Sundius: Über die Karbonate der mittelschwedischen manganreichen Skarn-Karbonaterze. Tscherm. Min. Petr. Mitteil., 38, 1925, s. 176.
41. F. R. Tegengren: Järnmalmstillgångarna i mellersta och södra Sverige. S. G. U., ser. Ca, n:r 8.
42. C. R. Van Hise and C. K. Leith: Geology of the Lake Superior Region. U. S. Geol. Survey, Monogr. 52.
43. R. W. van der Veen: Origin of the Bilbao, Almeria, and Santander iron ores. Econ. Geology, 1922, s. 602.
44. Mats Weibull: Några manganmineral från Vester-Silfberget i Dalarna. G. F. F., 6, 1882—1883, s. 499.
45. Mats Weibull: Untersuchung schwedischer Minerale. Tscherm. Min. Petr. Mitteil., 7, 1886, s. 108.
46. Mats Weibull: Basiska eruptiver inom V. Silfbergsfältet i södra Dalarna. Lunds Univ. Årsskrift, 33, 1897.
47. F. Weiss: Vorkommen und Entstehung der Kaolinerden des ostthüringischen Buntsandsteinsbeckens, Zeitschr. f. prakt. Geol. 1910, s. 353.

Summary.

Title: *The occurrence of »soft ores» in Swedish iron mines.*

In several iron mines in Sweden there have been encountered »soft ores» that apparently represent altered parts of the normal, crystalline magnetite ores of Archean age. These »soft ores» occur in such quantities that their mining and further treatment constitute special technical problems. As the geological relations have been very little known, the authors have undertaken a study of the most important deposits of this kind, all of which are in Central Sweden. Some notes concerning more or less related phenomena in northernmost Sweden are also given.

The relative position of the deposits described is shown in fig. 1 (p. 4).

Mossgruvan (pl. 1) is a deposit that everywhere is strongly altered, but it is the direct continuation of another mine, *Sköttgruvan*, where the characters of the unweathered ore may be studied. It is then found that the ore occurs entirely in the form of magnetite, mixed with calcite and forming, broadly speaking, about half the volume of the lenses of crystalline limestone in which it occurs. The ore is low in manganese, and contains but little skarn silicates (analyses nos. 1 and 2 on p. 9). The boundary between this ore and the altered ore of *Mossgruvan* is a steeply dipping plane, probably a fault. On the *Mossgruvan* side of this boundary plane, all the ore is altered. Most of it is a mixture of magnetite with iron carbonate or limonite. There is no limestone—apparently it has been replaced by the siderite. Manganese carbonate enters into the latter in considerable proportions, but lime and magnesia are quite subordinate. By oxidation, the light yellow carbonate ore is changed to brown limonite. Other portions of the ore bodies are formed by loose magnetite sand, slightly martitized. These parts were indicated by magnetometric measurements over the ore bodies, while the ore with much carbonate or limonite did not affect the magnetometer to the same degree.

In the ore with siderite or limonite there are often found lumps of hard, scoriaceous ore, generally as crusts surrounding cavities that are filled with magnetite sand. Fig. 4 (p. 11) shows such a cavity, emptied of the magnetite. The hard crusts are formed by more or less martitized magnetite, cemented by limonite and in part replaced by it (fig. 5, p. 11). Analyses of various forms of altered ore are given in nos. 3—12 on p. 9.

The skarn silicates are changed to kaolin, the feldspar of a granite dike likewise, and the leptite bordering the ore lenses is also altered in the same way, but only within a couple of meters from the ore.

So far, mining in Mossgruvan has only reached the 90 meters level.

Stollberg is the southernmost link in a chain of ore deposits known collectively as Väster-Silvberg. Manganiferous magnetite, galena and zinc blende are the ore minerals, more or less extensively replacing crystalline limestone. Skarn silicates with high percentages of manganese are common, and fluorite occurs in some quantity with the sulfides. Iron-manganese carbonate has been proved to exist in the ores. The ore bodies are lenticular or layer-shaped, and stand nearly vertically. The wall rock is a quartzite with almandite garnet and biotite, a metasomatically altered form of the leptite that appears at a greater distance from the ore bodies. Dikes of a porphyritic diabase cut the ores.

Plate no. 2 shows the relations between unaltered and altered ore varieties on the 79 meters level. Going south from the shaft, one passes through unaltered complex ores (iron, zinc, lead), to an ore body of magnetite with but little sulfides and mixed with some calcite, as usual. Southward this ore becomes porous and stained with limonite. A microscopical examination shows that the calcite of the normal ore is replaced by siderite, in characteristic gel structures (fig. 7, p. 18). Sometimes finely crystalline quartz, probably derived from the skarn silicates, occurs with the siderite (fig. 8, p. 19). The limonite stain is formed by the oxidation of the siderite. The limonitic magnetite ore ends abruptly at a fault plane of steep dip that cuts obliquely across the ore body. Much galena is seen in the fragmental material at the fault. On the other side there is a hard, or at least solid, brown ore, consisting of a mass of limonite with enclosed grains of martitized magnetite. Sometimes the central remnants of magnetite have been dissolved, or perhaps altered to powdery limonite that has dropped out (fig. 9, p. 20). Southward this so-called hematite ore changes into a soft mass, in which there are at first abundant inclusions of more solid character. The soft limonite ore consists of a loose mass of limonite with fragments of crusts and reniform growths, and enclosing abundant grains of martite, often with remnants of magnetite.

The wall rock is altered only in the vicinity of the ore bodies. The biotite appears to have withstood the alteration fairly well. The diabase dike, on the other hand, is completely altered where it passes through the altered part of the deposit. It is turned into a soft clay, in which the feldspar phenocrysts are still easily recognized as purely white patches — often with the crystal angles quite sharp — in a grayish white groundmass. Microscopical examination shows kaolinite. A colour banding of limonite is often seen, and runs through groundmass and phenocrysts alike (fig. 6, p. 17). Apparently it is due to diffusion in the colloidal alteration products. Analyses I and II on p. 22 represent the fresh and the altered rock. In fig. 10, p. 24, no. 1 represents this pair of analyses, recalculated in the way used by Leith and Mead [24];

no. 2 is a diabase dike from the Gogebic Range [42], and no. 3 a basalt weathered under a bog cover [8].

The alteration in the Stollberg deposit is the same down to the 200 meters level, the lowest bottom as yet reached. On the 138 meters level, a fault north of the altered ore body is accompanied by weathering and complete but quite local kaolinization of the diabase dike.

Granrotsgruvan, at Klackberg in the Norberg district, is a deposit of manganese magnetite, accompanied by some iron-manganese carbonate and a little skarn, in a dolomitic limestone. The weathered part was stoped out several decades ago, and we have had a rather scanty material to judge from. Comparing this with the rather numerous analyses published by Cronquist [6], one finds that limonite has been the chief ore mineral, partly in the form of crystallized goethite crusts (fig. 11, p. 26), and that it has also replaced magnetite. Martitization has probably occurred in a small scale only. The most interesting detail is the occurrence of crystals of specular hematite, about 1 mm in size, on fissures in the weathered ore. This mineral is entirely foreign to the deposit in its ordinary development, and to this ore type as a whole. One can hardly, then, avoid the conclusion that it has crystallized from a watery solution in the upper zone of weathering, at a temperature that cannot have been more than a few degrees above the yearly medium at the time. The formation of specular hematite from limonite in the zone of weathering has already been described by Gruner [16], but the example described here is still more remarkable, as specular hematite has generally been supposed to form only at what is known as elevated temperatures.

In the eastern part of the Norberg district, the Torv and Gök mines have worked a quartz-banded hematite ore with about 25 per cent of asphaltite. Microscopic examination shows that the ore mineral is martite, exhibiting the crystal shape of magnetite and the octahedric lattice of the hematite developed to the total disappearance of the magnetite (fig. 13, p. 29). The analogy to certain forms of «lattice chalcocite» may be noted. In this case, it is quite clear that the octahedral pattern has originated in the way that replacement has followed the octahedral planes of the original mineral. Many authors have maintained this origin for the lattice chalcocite, the original mineral then having been bornite. It is worthy of note that the martite with octahedral pattern lacks the spindle-shape of the bands that is so characteristic of exsolution structures.

Taberg is situated in Värmland, 17 kilometers north of Filipstad. It is not to be confounded with the famous hill of the same name near Jönköping, that consists of titaniferous magnetite ore as a segregation in hyperite. The ore deposits of Värmlands Taberg are skarn-bearing magnetite ores in limestones that are in part dolomitic. The skarn silicates are rather high in magnesia, tremolite and actinolite being predominant. The ore-bearing limestone bodies are surrounded by leptite. Amphibolitic dikes cut the ores.

Down to about 90 meters' depth the ore is strongly weathered, but below

this level only weak signs of alteration are found, and from about 130 meters' depth downward the deposit is unaltered.

The mineralogical changes have been as follows. The magnetite has been changed to martite or to limonite. These two forms of alteration have been connected, but martitization appears also in portions of the ore body where no limonite has formed. The calcite and dolomite have disappeared. Some siderite has formed in their place. The quantity may originally have been great, but only a little has escaped the later oxidation to limonite. Kaolin has formed from the skarn silicates, and the silica set free has largely been deposited in a mixture with limonite.

Some cases of weathering in the iron ore deposits of northernmost Sweden are also reported. Most important among them is the large-scale martitization in the Kiirunavaara ore body [14].

In the following discussion, only the occurrences in Central Sweden are considered. It is quite clear that they represent closely analogous geological developments, and can be treated together in this discussion. It is also evident that the alteration is due to a superficial weathering, caused by downward-moving meteoric solutions. Taberg is perhaps the best direct proof of this, as the unweathered ore on the lower levels is well known, but also in the other deposits every attempt to trace the influence of ascending waters encounters an impenetrable barrier of facts.

As shown by the above description of the weathered ores, products of two chemically opposite processes are found together. The development of secondary siderite and the kaolinization of diabase, with extraction of its iron, are clearly the products of reducing solutions, while the production of martite and limonite is the work of oxidizing waters. It is apparent that the two different kinds of weathering must have operated at different times, and that the reducing weathering was the earlier. This alteration has taken the form of a large-scale secondary enrichment of the iron, the iron minerals in the upper part of the deposit being dissolved and the solution percolating downwards, to deposit the iron as siderite by replacing the calcite and dolomite. The form of this replacement is best shown at Stollberg, where the meta-colloid character of the siderite is apparent and therefore its secondary nature proved, since no such structures could have survived the metamorphism that has determined the characters of the unweathered deposit. The large scale in which this transport of iron has taken place, is best illustrated at Mossgruvan: a comparison with the unweathered ore bodies in the neighbourhood shows that a volume equal to that of the magnetite is made up of new-formed siderite.

The oxidizing weathering has first of all attacked the siderite, but has also, to a varying extent, altered the magnetite.

It is not surprising to find in this way the effects of two different epochs of weathering in the same deposits. Obviously those circumstances that permitted the earlier, reducing waters to penetrate down to such depths that its products have escaped even the glacial erosion, must also have facilitated

the passage of the oxidizing waters of the later period. The part played by fault planes may be emphasized. Further, the oxidizing waters certainly found their way much easier through the porous products of the earlier weathering, with the easily attacked siderite, than through unweathered portions of such deposits.

As shown by fig. 1 (p. 4), the weathered ores have a rather wide distribution in Central Sweden. As an analogous phenomenon is cited the occurrence of kaolinized leptite at Hultebo [37]. Conditions favourable for these kinds of weathering must therefore have existed over all the ore-bearing region of this part of the country, although their traces are now found only in those places where local conditions permitted an especially deep-going alteration.

As to the age of the weathering, it may first be stated that it is very distinctly preglacial. The first stage is the type of weathering that is known to take place under bogs and swamps, and the »fossil» examples of which are represented by the substratum of coal and lignite deposits. Weathering of this kind has been traced already in the substratum of the Cambrian sediments in southern Sweden, but it is more probable that the phenomena studied by us are of a later date. The region in question has been land since the close of Silurian time, and has probably had a sub-tropical climate with abundant vegetation even so late as during the Oligocene, to judge from the fossils of the amber, which is derived from this region or at least from neighbouring tracts. Kaolin with grains of siderite, indicating a reducing weathering, was developed in Scania before the transgression of the upper Cretaceous [18], but similar conditions may have existed also later.

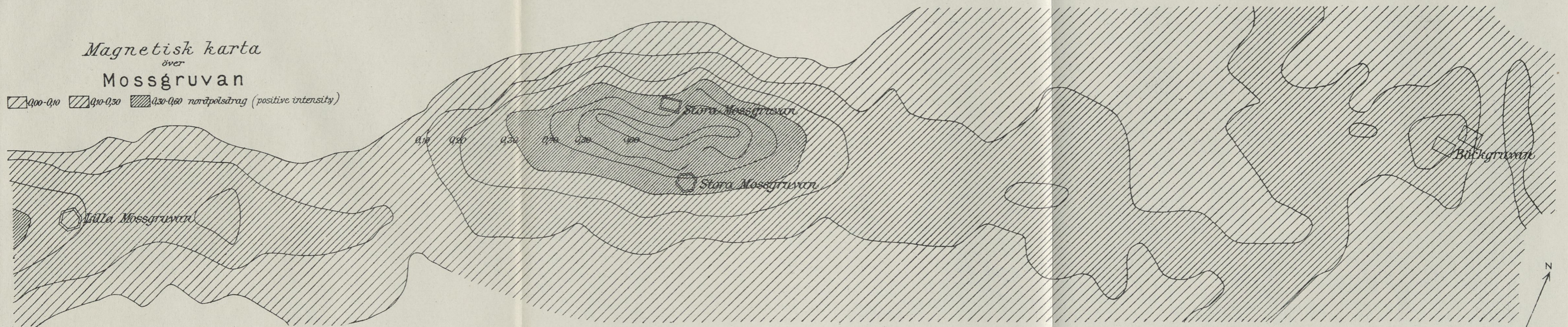
The oxidizing weathering, on the other hand, points to other conditions, resulting in a better aeration of the sub-soil. There must have been a considerable precipitation, but this may have been very unevenly distributed on the seasons. Such conditions were probably realized in southern Sweden in Triassic time, as shown by the Keuper sediments in Scania. However, the same must be said of this period as of the pre-Cretaceous kaolinization: these conditions may have re-appeared also in later periods, from which no sedimentary records are left.

While it is thus clear that we cannot place with certainty in the geological time scale the two epochs of weathering that we have traced in the iron ores, it is all the same apparent that the scanty data we have about the long geological history of Southern and Central Sweden as a land above sea level indicate that it has passed through the climatic conditions necessary for both these types of weathering.

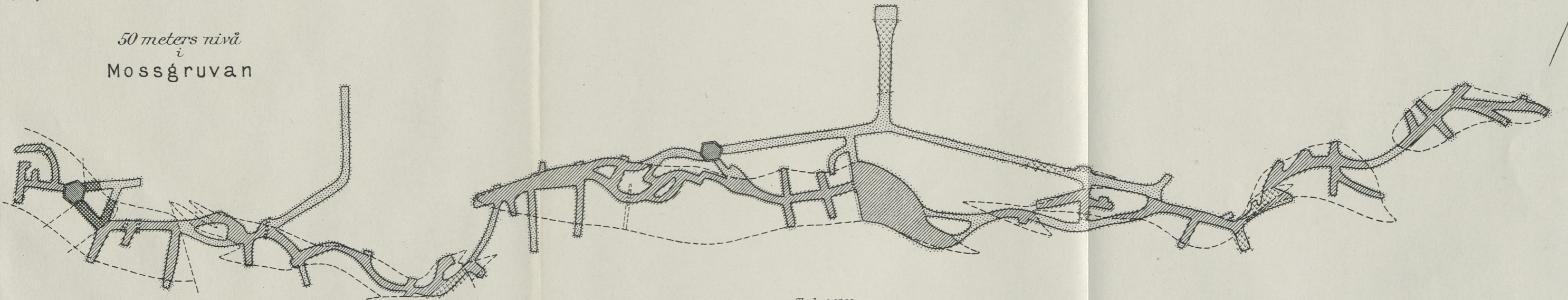
We have not been able to find in the geological literature anything clearly analogous to the large-scale secondary enrichment of iron deposits during a reducing weathering that we have described. On the other hand, the oxidizing weathering has much in common with the alteration of the Lake Superior iron-bearing formations, particularly with conditions on the Mesabi Range as recently analyzed by Gruner [16].

Magnetisk karta
över
Mossgruvan

0,00-0,10 0,10-0,30 0,30-0,60 nordpolsdrag (positive intensity)



50 meters nivå
i
Mossgruvan



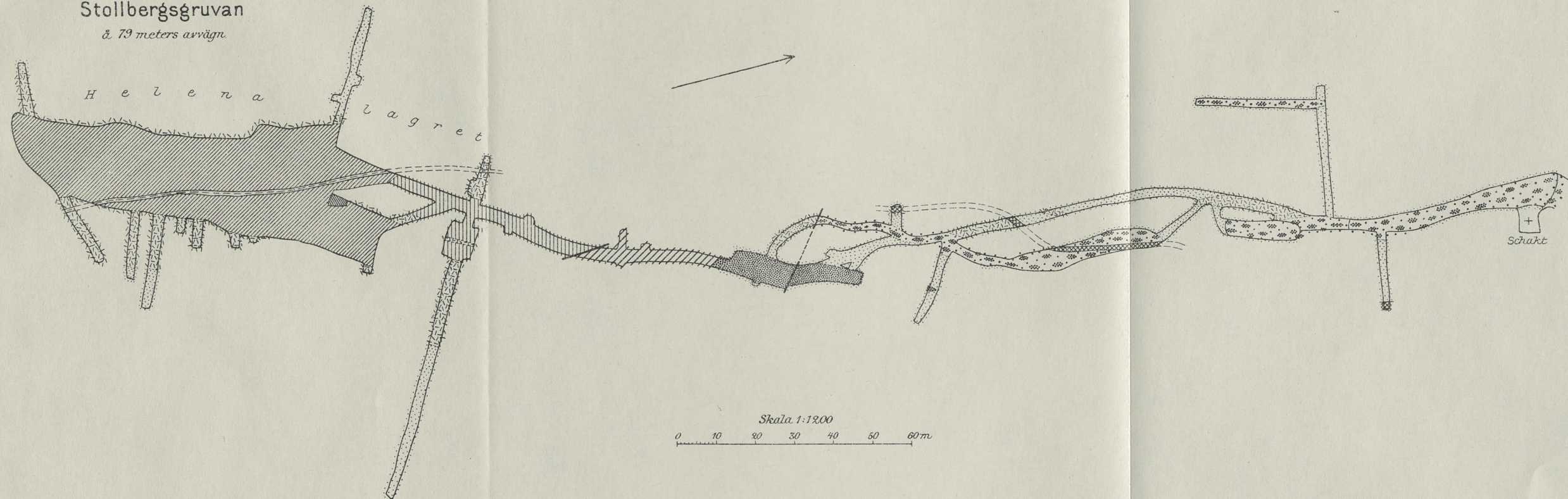
Mullmalm, Soft ore


Leptit, Leptite


Granit, Granite


Diabas, Diabase


Södra delen
av
Stollbergsgruvan
å 79 meters arvägn





 Blandad järn-bly-zinkmalm i kalksten.
Complex ore (iron, lead, zinc) in limestone.


 Magnetitmalm (kalkig), ovittrad.
Magnetite ore, unweathered.


 Magnetitmalm, porös och limonitfärgad.
Magnetite ore, porous and stained by limonite.


 "Hämatitmalm" (hård limonit-martitmalm).
Hard limonite-martite ore.


 "Limonitmalm" (lös, mullformig limonit-martitmalm).
Soft limonite-martite ore.

 Skarn.
Silicate gangue.

 Kvartsit och leptit.
Quartzite and leptite.

 Diabasporfyr, frisk.
Diabase porphyrite, unweathered.

 Diabasporfyr, kaoliniserad.
Diabase porphyrite, kaolinized.

 Förkastning.
Fault.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNINGS SENAST UTKOMNA PUBLIKATIONER ÄRO:

Ser. Aa Geologiska kartblad i skalan 1:50 000 med beskrivningar.

	Pris kr.
N:o 154 <i>Strålsnäs</i> av N. H. MAGNUSSON, G. EKSTRÖM och G. LUNDQVIST 1924	2,00
» 155 <i>Åtvidaberg</i> av R. SANDEGREN, N. SUNDIUS och G. LUNDQVIST 1924	2,00
» 156 <i>Ronehamn</i> av H. MUNTHE, J. E. HEDE och L. VON POST 1925	4,00
» 161 <i>Gotska Sandön</i> av HENR. MUNTHE 1924	2,00
» 162 <i>Karlsborg</i> av A. H. WESTERGÅRD, H. E. JOHANSSON och N. WILLÉN 1926	4,00
» 163 <i>Mariestad</i> av A. H. WESTERGÅRD, A. HÖGBOM och N. WILLÉN 1925	4,00

Ser. C.

Årsbok 17 (1923).

N:o 320 LUNDQVIST, G., Linnisk diatoméockra och dess bildningsbetingelser. 1924	0,50
» 321 GELJER, P., Some Swedish occurrences of bornite and chalcocite. 1924	1,00
» 322 HÖGBOM, A., Guldinnutningarna vid Älvsbyn. 1924	0,50
» 323 LUNDQVIST, G. och THOMASSON, H., Sjön Lekvattnet i Värmland. En limnologisk orientering. Med en tavla. 1924	1,00
» 324 GELJER, P., Eulytic iron ores in Northern Sweden. 1925	0,50
» 325 ASKLUND, B., Petrological studies in the neighbourhood of Stavsjö, at Kolmården. With one Plate. 1925	2,00
» 326 GELJER, P., Om några skiktade mangansilikatmalmer i Bergslagen. 1925	0,50
» 327 SUNDBERG, K., LUNDBERG, H. and EKLUND, J., Electrical prospecting in Sweden. With 8 Plates. 1925	5,00
» 328 HÖGBOM, A., Glacialgeologiska iakttagelser från Ångermanälvens källområde. Med 1 tavla. 1925	0,50

Årsbok 18 (1924).

» 329 HÖGBOM, A., De geologiska förhållandena inom Stekenjokk-Remdalens malmtrakt. Med 3 tavlor. English summary. 1925	2,00
» 330 LUNDQVIST, G., Utvecklingshistoriska insjöstudier i Sydsverige. Med 3 tavlor. Zusammenfassung in deutscher Sprache. 1925	2,00
» 331 MUNTHE, H., HEDE, J. E. och VON POST, L., Gotlands geologi. En översikt. Med 9 tavlor. 1925	3,00
» 332 JOHANSSON, S., Hydrogeologisk undersökning av ett lerområde vid Skara. Med 1 tavla. 1926	1,00
» 333 TAMM, O., Experimental studies on chemical processes in the formation of glacial clay. 1925	0,50

Årsbok 19 (1925).

» 334 EKSTRÖM, G. och FLODKVIST, H., Hydrologiska undersökningar av åkerjord inom Örebro län. 1926	1,00
» 337 VON POST, L., Einige Aufgaben der regionalen Moorforschung. 1926	1,00
» 338 GELJER, P. och MAGNUSSON, N. H., Mullmalmer i svenska järngruvor. With a summary: The occurrence of 'soft ores' in Swedish iron mines.	1,00
» 339 CALDENIUS, C. C:SON, Ravinbildningen i Gustavs. Med 3 tavlor.	1,00

Ser. Ca. Avhandlingar och uppsatser i 4:o.

N:o 12 AHLMANN, H. W:SON, CALDENIUS, C. C:ZON och SANDEGREN, R., Ragundasjön. En geomorfologisk, geokronologisk, växtgeografisk undersökning. Med 9 tavlor. 1924	6,00
» 17 TEGENGREN, F. R., m. fl., Sveriges ädlare malmer och bergverk. Med 32 tavlor och 91 figurer i texten. 1924	15,00
» 18 WESTERGÅRD, A. H., Sveriges olenidskiffer. I. Utbredning och lagerföljd. II. Fauna. 1. Trilobita. Med 16 tavlor. Summary of the contents. 1922	8,00

Ser. D. Torvmarkskartor med beskrivningar.

N:o 32 Kartbladet Göteborg	3,00	N:o 42 Kartbladet Vänersborg	3,00
» 33 » Borås	3,00	» 43 » Skara	3,00
» 34 » Ulricehamn	3,00	» 44 » Hjo	3,00
» 41 » Uddevalla	3,00	» 45 » Linköping	3,00
» 51 » Fjällbacka	3,00	» 52 » Upperud	3,00
» 61 » Strömstad	3,00	» 53 » Mariestad	3,00
		» 54 » Karlsborg	3,00

Distribueras genom *Generalstabens Litografiska Anstalt, Stockholm 8.*