

SVERIGES GEOLOGISKA AB
Division prospektering
Uppdragsgivare: NSG
Projekt: PI-projekt
R. Lilljequist m fl

RAPPORT
Datum: 1985-12-17
ID-nr: PRAP 86503
Plats: Bergslagen
Best. nr: 37/85

BERGSLAGEN
MALMGEOLOGISKA KRITERIER
FÖR DE STÖRRE SULFIDMALMERN
INTERIMSRAPPORT

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		sid
1	INLEDNING	1
2	MALMBILDNINGSPROCESSER OCH MALMSTYRANDE STRUKTURER	2
3	ALLMÄNNA IDEER RÖRANDE DEN GEOLOGISKA MILJÖN I BERGSLAGEN	3
4	STRUKTURER	5
5	KARAKTERISTISKA EGENSKAPER FÖR DE STÖRRE SULFIDMALMSFÖREKOMSTERNA I BERGSLAGEN	7
6	MALMINDIKERANDE KRITERIER	11
7	RIKTLINJER FÖR KOMMANDE ARBETEN	12
8	REFERENSER	15

"NYA GREPP I BERGSLAGEN"

1 INLEDNING

Bergslagen är Sveriges äldsta mineralprovins. Flera av fyndigheterna har bearbetats sedan 1100-talet om inte tidigare. Det finns en stor uppsjö av gamla gruvor och skärpningar. Grip (1983) uppskattar dem till flera tusen. Många av dessa finns beskrivna eller omnämnda i skrift. En lättfattlig översikt täckande hela den mellansvenska malmprovinsen finns inte - beroende på det synnerligen bristfälliga kartunderlaget. Emellertid har en del nya kartor sammanställts under de senaste åren, såväl av SGU som av SGAB på uppdrag åt NSG. Därför finns det nu ett behov av att sammanställa en geologisk karta över Bergslagen i skala 1:250 000, som kan tjäna som underlag för övergripande diskussioner nu och framöver. Ett första utkast finns sammanställt. En mer genomtänkt version skall sammanställas på LMVs nya kartunderlag i skala 1:250 000 under våren 1986.

Även om antalet gruvor som brutits i Bergslagen är stort så är de sulfidmalmsgruvor som idag kan brytas med ekonomiskt utbyte få. Samtliga sulfidmalmsgruvor med ett tonnage överskridande 1 miljon ton är påträffade före 1900 - med undantag för Grängsgruvan som påträffades 1939. Garpenberg Norra och Dammsjön är nya fyndigheter i den bemärkelsen att deras ekonomiska betydelse påvisats först under senare år. En sammanställning över större sulfidmalmsfyndigheter framgår av Tabell I.

Det faktum att så gott som ingen ny fyndighet lokaliserats i modern tid i Bergslagen kan förklaras på olika sätt. Prospekteringsaktiviteter har inte saknats. Främst Boliden har under de senaste 30 åren bedrivit en intensiv malmletning i Bergslagen. SGU/SGAB inledde sin prospektering i Mellansverige på uppdrag åt NSG först 1975, och LKAB först 1978. AB Statsgruvor hade dessförinnan en intensiv kampanj efter scheelit. Denna prospektering pågår fortfarande med avsikt att förse

anrikningsverket i Yxsjöberg med nya reserver. En av svårigheterna för malmletningen - fram till omkring mitten av 1970-talet - var det stora antalet utmål och inmutningar som ägdes av inte aktivt malmletande företag och små bolag. Malmletningen i historisk tid tycks ha varit ganska effektiv. Man har funnit så gott som samtliga mineralförekomster i fast klyft och man har påträffat alla sulfidmalmer som ligger i anslutning till järnmalmsförekomster. Under 1960-talet flögs stora delar av Bergslagen med slingramsutrustning och de flesta ledande horisonter har undersökts med grävning och borrhning. De fyndigheter som eventuellt återstår att finna, bör därför antingen ligga i anslutning till kända fyndigheter (som inte varit föremål för undersökning i modern tid), under mäktiga jordtäcken, eller sådana som inte har sitt utgående i berggrundsytan. Fyndigheter med små mängder (eller i avsaknad av) magnetit och ledande kismineral är svårare att finna med konventionella metoder. Dessa kan därför finnas kvar även i områden med relativt tunt jordtäckte.

2 MALMBILDNINGSPROCESSER OCH MALMSTYRANDE STRUKTURER

Innan det är möjligt att genomföra en så ambitiös undersökning som "Nya grepp om malmletningen i Bergslagen" måste stora mängder material och uppsatser gås igenom, för att en konstruktiv uppslagsända skall kunna skönjas. Eftersom alla insatser hittills grundat sig på traditionella grepp, krävs nya infallsvinklar på hur man skall närma sig problemen. Två begrepp är fundamentala: malmbildningsprocesser i sitt geologiska sammanhang och malmstyrande strukturer.

Med malmbildningsprocesser avses här inte endast avsättning av ekonomiska koncentrationer av komplexa sulfidmalmer utan även den geologiska miljö i vilken de avsatts i (i subduktionszon eller i intrakratona bäcken, djupmarin miljö eller shelfmiljö etc.), vilka vulkaniska processer de kan knytas till och hur omvandlingszoner och geokemisk aureoler kommer till uttryck m m.

Till malmstyrande strukturer räknas här inte den form som deformationer i berggrunden givit malmkropparna (Grip 1983) utan de mega-strukturer efter vilken vulkaniska eruptionscentra anlagts och sådana kross- och förkastningszoner utefter vilka hydrotermala processer har verkat. En sådan struktur kan vara en lineärt anordnad vulkankedja eller en större calderastruktur.

3 ALLMÄNNA IDEER RÖRANDE DEN GEOLOGISKA MILJÖN I BERGSLAGEN

Bergslagen är ett mineralbälte med ett stort antal järnmalmsförekomster och rikligt med sulfidmalmsfyndigheter. Genom åldersbestämningar har malmfältet bedömts vara tidigt Proterozoiskt (1800 - 1900 Ma). Av sulfidmalmerna är endast fem stycken tonnagemässigt betydelsefulla.

Sulfidmalmsförekomsterna ligger i de övre stratigrafiska leden av en i huvudsak vulkanogen bergartssekvens, dominerad av alkalirika, sura eruptionsprodukter, vilka i hög utsträckning omvandlats sekundärt. I främst de övre delarna av vulkanitsekvensen uppträder karbonathorisonter, till vilka de flesta sulfidförekomsterna kan knytas. Karbonathorisonterna kan ses som en exhalativ bildning av karbonat i samband med en mycket omfattande hydrotermal omvandling av ursprungsbergarterna; med nedbrytning av primära mineral, urlakning och anrikning av kemiska element. De flesta forskare tycks vara överens om att den vulkaniska verksamheten och avsättningen av karbonat skedde submarint. Detta förklarar anrikning av Mg och Na från salt havsvatten genom hydrotermal cirkulation i porösa eller uppspruckna bergarter. Stromatoliter har påträffats inom karbonatbergarterna.

Vi kan således slå fast att sulfidmalmerna till stor del bildats genom utlakning av vulkaniska bergarter och en avsättning av metallrika lösningar nära eller på havsbotten, proximalt eller distalt i förhållande till dåtida vulkancentra. Analogt med recenta förhållanden bör den hydrotermala verksamheten vara bunden till strukturer som var intimt förknip-

pade med den vulkaniska aktiviteten (extensionszoner, transformaförkastningar, koncentriskakalderabildningar eller krosszoner bildade radialt till dessa). De större sulfidmalmsförekomsterna har troligen bildats mycket nära större vulkancentra eller knutna till kalderabildningar (kollapsstrukturer) relaterade till dessa. Den ursprungliga utbredningen av denna vulkanism är osäker, beroende på senare deformationer och metamorfos. Den är också avhängig av hur stor del av de, under samma tidsrymd bildade suprakrustalbergarterna, som finns bevarade efter 2000 miljoner år av geologisk aktivitet.

Under de senaste tjugo åren har det spekulerats mycket om vulkaniska bildningars ursprungsmiljö. Diverse kemiska rekonstruktioner och diagram har fastlagt ett spektrum av olika geologiska miljöer. Den nuvarande utbredningen av nedveckade suprakrustaltråg i Bergslagen har styrt tankebanorna mot ursprungliga sedimentbassänger eller riftbildningar. Den kemiska karaktären har hänfört bildningarna till öbågetyp, "back-arc miljö" med flera stordynamiska teorimodeller. Den i stort sett likartade stratigrafiska uppbyggnaden och den genomgående och omfattande omvandlingen tyder på att de nu av graniter begränsade suprakrustalbältena en gång var delar av en och samma havsmiljö. Berggrunden uppvisade en mycket hög termal gradient som gav upphov till en omfattande hydrotermal aktivitet.

Avsaknaden av större områden med basiska och ultrabasiska lavor (som dominerar t ex Kanadas grönstensbälten) gör det mindre troligt att Bergslagens vulkaniska bildningar avsattes i en ocean av dagens karaktär. Snarare speglar den kemiska sammansättningen det troliga underlaget (granodioriter) vilket kan tyda på ett kontinentalt marginellt läge eller vulkanism i intrakratona bassänger.

Den traditionella uppfattningen av "urgraniterna" eller gnejsgraniterna är att dessa är yngre och intrusiva i förhållande till "leptiterna". Denna hypotes börjar nu ifråga-

sättas. Gnejsgraniterna omgärdar suprakrustaltrågen och deras strukturer är konforma med synklinalerna. Vi känner numera till, framför allt genom Rambergs undersökningar, att ett basement till följd av gravitativ ojämnavikt kan domna upp och intrudera sitt överlag. Därigenom kan ett kristallint underlag få en sekundär intrusiv karaktär.

Suprakrustalbältena ligger konformt runt ett större komplext massiv dominerat av granodioriter (i centrala Uppland). Ett markant tyngdöverskott har uppmätts över de centrala delarna. Detta kan tolkas så att de centrala delarna av Uppland är en äldre kärna och utgör underlaget till omgivande suprakrustalbildningar.

4 STRUKTURER

Vi kan redan nu utskilja några strukturer av fundamental betydelse för den nuvarande utbredningen av suprakrustalbältena och fyndigheter i och omkring dessa. En av dessa strukturer var tidigt uppmärksammas (se t.ex Ramsay 1931, fig 92) och stryker fram genom sjöarna Klemmingen och Sillen i Trosatrakten. Här markeras den av en rad små yngre granitintrusiv. Det västra bergartsblocket uppbyggs till stor del av gnejsgraniter medan sedimentgnejser (Mälarserien) dominerar det östra. Bergartstrykningen på ömse sidor om lineamentet är helt olika. Denna förkastningszon har av Grip tolkats som den västra begränsningen av en gravsänka. Inom denna zon uppträder de flesta av de mer betydande sulfidmalmsförekomsterna (Utö, Sala, Garpenberg och Falun). Idén har aktualiserats av Paul Hammergren (SGAB) som till samma zon vill införliva Svinbergets blymineralisering, Vassbogruvan och några norska förekomster.

En annan betydande förkastningszon löper från SSW från bladet Karlskoga NE upp parallellt med Riddarhyttfältet, Norbergsfältet och Garpenbergsfältet och förbi Sandviken. Inom och nordväst om denna förkastningszon uppträder uppskattningsvis

mer än 90 % av Mellansveriges sulfid- och järnmalmsförekomster.

Ytterligare ett betydande förkastningsstråk löper omkring N-S i de västra delarna av Bergslagen. Denna s k Ihrelinjen (vilken uppmärksammades av Per Ihre - PRAP 84529) tycks ha ett direkt eller indirekt samband med uppträdandet av scheelitmineraliseringar.

Andra mer eller mindre rätlinjiga förkastningar löper i öst-västlig riktning och kontrollerar bland annat de kambro-siluriska sedimentavlagringarna i Närke och Östergötland. De framträder mycket tydligt på en av Lantmäteriverket nyligen framställd reliefkarta över Sverige. Förkastningarna bildar trappstegsformade nedsänkningar och horstar i Mellansverige och har sin fortsättning österut in i Finska viken.

En oviss betydelse tillmätts de koncentriska strukturer som avspeglas genom suprakrustalbältenas konfiguration i Mellansverige. En större, närmast cirkulär struktur framträder tydligt på Landsatsscener (Witschards och J E Ehrenborgs lineamentkarta över Sverige). Andra mer oregelbundna koncentriska strukturer kan identifieras i de centrala delarna av Uppland från Sala över Vattholma och vidare ned över Arlanda (Fig 1). De följer relativt väl ett av H Henkel framtolkat gravimentermaxima. Det intressanta är att dessa "inre koncentriska strukturer" åtföljs av suprakrustalbälten som är mineralförande. Vissa indicier pekar på att strukturen kan ha uppkommit i samband med en mega-impakt. Tills dess mer bindande bevis framkommit finns det ingen anledning att här närmare behandla denna hypotes. Men det är viktigt att peka på att möjligheten av en sådan tolkning kan ha en viss betydelse för uppträdandet av de suprakrustala bältena och de tektoniskt anlagda mineraliseringarna.

En preliminär skiss över de mer betydelsefulla strukturdragen i Bergslagen ges i Figur 1. Det skall betonas att arbetet inte är avslutat och att bilden är preliminär.

De två huvudveckfaser som har identifierats i Mellansverige (t ex Stålhös 1975) kan säkert relateras till diapirism av de som äldre graniter och gnejsgraniter tolkade bergarterna (urgraniter) såväl inom suprakrustalbältena som marginellt till dessa. Det är möjligt att den senare veckfasen kan ha samband med horisontella förskjutningar och samtidigt bildat de ovanligt kraftigt utbildade mylonit- och krosszoner som genomkorsar Bergslagen. En senare rupturell tektonisk fas har daterats till mellan 1500 och 1600 Ma (Wickman et al 1984). De senast bildade sprickorna är fyllda av lågmetamorfa mineral och daterade till 1100 - 1250 Ma.

5 KARAKTERISTISKA EGENSKAPER FÖR DE STÖRRE SULFIDMALMSFÖREKOMSTERNA I BERGSLAGEN

En rad med karakteristiska egenskaper hos de större sulfidmalmen i Bergslagen har sammanställts för att utröna vilka faktorer som bäst identifierar dessa. En sammanställning återges i Tabell II och i Appendix 1. Avsikten är att försöka få fram just de egenskaper som karakteriserar en tonnagemässigt stor (> 5 milj t) ansamling av brytvärda malmineral. Malmbildande processer och förekomster av sulfidmineral är en allmän företeelse i Bergslagen - men vad orsakar att en större mängd sulfidmineral koncentreras till några få områden?

Tänkbara orsaker till större sulfidmalmskoncentrationer kan vara:

- en initialt hög halt av malmbildande element i de vulkaniska utbrottsprodukterna och intrusiven.
- en tidsmässigt långvarig hydrotermal aktivitet betingad av upprepade intrusioner av magma i ytnära lägen.
- en porös eller kraftig breccierad berggrund som medger ökad cirkulation av grundvatten, t ex i en förkastningszon eller i ett område med korsande strukturer.

- en kombination av ovan nämnda faktorer och andra ej angivna (salthalt, pH, Eh, redoxförhållanden, temperaturgradient m m).

Så kan till exempel en större magmakammare i ett ytligt läge ge upphov till kontinuerliga pulser av magmainjektioner i svaghetszoner i ovanliggande berggrund. Detta kan resultera i en omfattande vulkanism och en hydrotermal verksamhet under en lång tidsrymd. Bevarade tecken på kraftig vulkanisk verksamhet är agglomerat, kemiskt differentierade vulkaniska produkter, en lokalt komplicerad och mångfacetterad geologisk bild, stora omvandlingszoner och breccierad berggrund.

Målet för en riktad prospektering efter sulfidmalmer (med ett högt innehåll av zink och ädelmetaller - som idag är de element som mest markant bidrar till malmvärdet) måste vara en fyndighet av storleksordningen 5 miljoner ton eller därutöver. Endast en sådan förekomst kan ekonomiskt motivera en större insats över en längre tidsrymd. Detta utesluter naturligtvis inte att mindre, högvärdiga fyndigheter som påträffas i samband med verksamheten är intressanta att undersöka närmare för att utröna deras ekonomiska potential. En mindre fyndighet kan indikera närvaron av större mängder sulfidmineral i den närmaste omgivningen. Vi måste emellertid vara uppmärksamma på de kriterier som skiljer en större sulfidmalmskropp från subekonomiska mineraliseringar. Kostnaderna för att i detalj undersöka de bägge typerna är initialt likvärdiga.

Av samtliga sulfidmalmsfyndigheter i Bergslagen är endast 5 fyndigheter av den storleksordning och med det ursprungliga metallinnehåll att de kan bära sin egen infrastruktur (Falun, Garpenbergsgruvorna, Saxberget, Ämmeberg och Sala). Endast dessa finns därför medtagna i den genomgång som i detalj har gjorts av Bergslagens fyndigheter (Appendix 1). Ett undantag är Svärdsjö, varifrån detaljerad information är tillgänglig. Flera av de andra mindre, men högvärdiga fyndigheterna, saknar tillräckliga basdata.

Sulfidmalmsförekomsterna i Bergslagen kan grovt indelas i tre grupper:

- * Malmer bildade i nära anslutning till vulkancentra (Falun, Garpenberg, Saxberget)
- * Malmer bildade distalt från vulkancentra (Ämmeberg)
- * Tektoniskt anlagda malmer (Sala, kulmalmer i Saxberget och Garpenberg, skölmalmer)

Den sistnämnda typen kan vara mobiliserad från de förra under inverkan av en senare tektonisk händelse eller i andra fall representera tillförselkanaler (stringers).

Den förstnämnda typen av större fyndigheter (Falun, Garpenberg och Saxberget) utmärks av en mycket markerad omvandlingszon på 200-400 meters bredd och av 3 - 12 kilometers längd. Falustråkets omvandlingszon når en maximal bredd av 3000 m. Bredden av omvandlingszonerna kan vara beroende av senare tektonik och/eller erosionssnitt. Malmarean av var och en av dessa tre fyndigheter överstiger 5 000 m² i dagytan. Samtliga kännetecknas av en "infiltrationszon" (stringer zone eller rotzon), där kvartsådror med kopparkis, svavelkis, kalcit och flusspat uppträder i en mer eller mindre silicifierad och kloritiserad (eller med motsvarande metamorfa ombildningsmineral) berggrund. De kompakta sulfidmalmskropparna omges av skölar (eller begränsas av kulmalmszoner) som antingen kan ha uppstått under malmbildningsprocessen eller bildats genom senare tektoniska rörelser. Geijer (1971) jämför kulmalmerna med fluidiserade "pebble dykes". Silver och zink dominerar det ekonomiska innehållet i de massiva kropparna, medan guld bidrar till ekonomin i rotzonerna.

Malmomvandlingszonerna utmärks i första hand av gahnit, kordierit, antofyllit och granat (almandin) men även av muskovit

andalusit, sillimanit, cummingtonit, biotit, gedrit och flogopit. Gahnit kan enligt Sheridan och Raymond (1977) utnyttjas som en malmindikator (Lennart Karlsson 1978).

Uppträdandet av kordierit och antofyllit indikerar en metamorf grad av mellan 550^o och 600^o C och mineralen uppkommer genom följande reaktion:



Fyndigheterna ligger 1000 - 2000 m stratigrafiskt ovanför granitgnejserna och i direkt anslutning till karbonathorisonter. Intrusivbergarter (subintrusiv) har identifierats i omedelbar närhet till fyndigheterna. I såväl Falun som Garpenberg tyder förekomsten av agglomeratbildningar på närvaron av ett vulkaniskt centrum. Frånvaron av agglomerat i Saxberget kan bero på den dåliga blottningsgraden.

Bergarterna i alla tre områdena är i amfibolitfacies. Lagerblad (1983) antyder att de norra delarna av Bergslagen har ett areellt större inslag av intermediära vulkaniter med högre primärinnehåll av bly och zink. Detta skulle delvis kunna förklara uppträdandet av större sulfidmalmer här.

Följande huvudlineament är närvarande inom samtliga tre gruvområden: N-S, NE-SW och en riktning omkring E-W. Samtliga tre fyndigheter är belägna inom det nordvästra hörnet av Bergslagen. Berggrunden har enligt beskrivningarna drabbats av två veckfaser, en första med isoklinala veck efter flacka veckaxlar och en senare med branta veckaxlar. Malmerna är stängliga och ofta utdragna till släpveck (Grip 1983) Fyndigheterna indikeras (troligen) av magnetiska och elektromagnetiska mätmetoder.

Även Ämmebergsmalmerna har drabbats av två veckfaser, medan malmlagren i stort följer en öst-västlig trend. Området gesomsätts av nord-sydliga och NNW-liga förkastningar (Ihre-

linjen). Fyndigheten befinner sig strax norr om kraftigt migmatiserade (och äldre?) bergarter inom en kalirik "leptit". Zink-blymalmerna är relativt tunna men stratigrafiskt uthålliga. De åtföljs inte av några påtagliga omvandlingszoner. Åmmebergstypen av malm är svår att indikera geofysiskt men bör avge en kraftig geokemisk zinkanomali.

Salagruvan är knuten till tektoniska skölmalmer och breccior. Det är ovisst om skölzonerna kan indikeras med elektriska metoder. De är anomala på kvicksilver. Detta element skulle kunna användas i prospekteringen efter denna typ av förekomst. Malmskölarna liksom ett större förkastningssystem stryker i en NW-lig riktning. Leptitstråket är begränsat av NE-lig förkastningszoner och tycks vara knutet till koncentrisk strukturer som i de centrala delarna av Uppland har ett markant tyngdöverskott (Fig. 1). Fyndighetens ekonomi är avhängig av det höga silverinnehållet i blyglans.

6 MALMINDIKERANDE KRITERIER

Sammanfattningsvis anses följande kriterier vara de viktigaste när det gäller att indikera en större sulfidmalmsfyndighet i Mellansverige:

- * Fyndighetens litologiska och stratigrafiska läge
- * Förekomstens läge i förhållande till påvisbara vulkancentra
- * Malmens stortektoniska och lokalstrukturella position
- * Omvandlingsaureoloens storlek och karaktär
- * Fyndighetens geofysiska och geokemiska signaturer

Vad beträffar de större sulfidmalmsfyndigheterna i Bergslagen har de flesta av ovan nämnda kriterier varit uppmärksammade tidigare och tillför inte prospekteringsstrategin några "nya grepp". Två kriterier har enligt vårt förmenande inte beaktats i tillräcklig utsträckning. Det är betydelsen av stortektoniska

strukturer och identifiering av vulkancentra och med dessa llerade strukturer. En fortsatt utredning kommer därför att lägga sin tyngdpunkt på dessa kriterier.

De proximala sulfidmalmsfyndigheterna av Falu-typ uppvisar areellt utbredda omvandlingszoner med karakteristiska mineralassociationer, har god detekterbarhet geofysiskt och geo-kemiskt och ligger litologiskt och stratigrafiskt i väl definerade avsnitt av bergartssekvenserna. Även Sala och Ämmeberg är knutna till de övre etagerna med karbonatfacies och (Ämmeberg) kalirika vulkaniter. Fyndigheterna Falun och Garpenberg är till synes nära bundna till eruptionscentra, liksom troligen även Saxberget. Ämmeberg ligger mera distalt i förhållande till vulkancentra medan Salamalmerna tycks vara av hydrotermal verksamhet knuten till tektoniska zoner.

De malmstyrande strukturerna har ännu inte kunnat identifieras tillfredsställande. Malmerna i nordvästra Bergslagen (Falun, Garpenberg och Saxberget) och omgivande bergarter stryker i en nordostlig eller östlig riktning. Det är oklart om detta är en primär orientering eller en sekundär företeelse styrd av domstrukturer och veckningsmönster. Grip och Hammergren har uppmärksammat en nordvästlig-sydöstlig linje utefter vilken Sala, Garpenberg och Falun är belägna. Denna zon stryker parallellt med andra nordvästliga lineament (bl a Ladogazonen) som anses malmstyrande. Större fyndigheter på den finska sidan av Ladogazonen ligger på en "gravimetersluttnings" som anses ha samband med en ojämnavikt i underlaget (manteln). Malmförande lösningar har avsatts i olika litologiska enheter under olika tidsavsnitt. Ett annat alternativ är att kraftiga NE-liga eller N-S-liga störningszoner påverkat malmernas nuvarande läge.

7 RIKTLINJER FÖR KOMMANDE ARBETEN

Målsättningen med denna förberedande studie (liksom kommande fortsatta arbeten) är att finna målområden inom Bergslagen

med optimala förutsättningar för nya större sulfidmalmer med goda halter av zink och ädelmetaller.

Tillvägagångssättet har hittills varit att gå igenom kända större fyndigheter för att närmare beakta de kriterier som är specifika för dessa. Härifrån gäller det att plocka fram de väsentliga signaturer som är relevanta för fortsatta prospekteringsarbeten. Om möjligt skall Bergslagen indelas i huvud- och delområden med utskiljbara geologiska och strukturella karaktärer. Grip (1983) indelar efter Magnusson Bergslagen i 22 leptitområden (Appendix 2) och för enkelhets skull kan det vara lämpligt att följa denna indelningsgrund i de fortsatta arbetena. I förlängningen av undersökningen visar det sig kanske nödvändigt att indela Bergslagen i huvud- och delområden efter andra kriterier (strukturella, metamorfa och lithostratigrafiska). I slutändan bör en prioriteringsnorm utarbetas utifrån vilken förutsättningarna för påträffande av nya brytvärda fyndigheter skall bedömmas.

Delmål för att komma fram till det åsyftade resultatet är kartor över Bergslagen i skala 1:250 000 där utbredningen för olika bergartsgrupper framgår enligt den senast tillgängliga informationen. Kartor i samma skala som anger för geologin och malmlokaliseringen väsentliga strukturer, läget av järn- och sulfidförekomster samt geofysiska underlagskartor är likaså viktiga. Dessa sammanställningskartor kommer att tjäna som underlagsmaterial för planering av nya prospekteringskampanjer under en lång tid framöver. Underlagsmaterial skulle med fördel kunna läggas på data för att underlätta en integration av nytt material som inkommer fortlöpande.

Den tid som beräknas för att få fram ovannämnda resultat uppskattas till 4 - 6 manmånader.

Paul Hammergren, Per Ihre, Karl-Axel Sandahl och Stefan Sädbom har kontinuerligt bidragit till diskussionerna i samband

med utarbetandet av denna preliminära rapport. De delar de flesta men inte nödvändigtvis alla de framförda synpunkterna. Fortsättningsvis räknar vi med att samtliga personer inom SGAB och NSG som har insikter i Bergslagens geologi och malmfyndigheter aktivt deltar i diskussionerna kring utval av kommande prospekteringsområden.



REFERENSER

- Grip, E., 1983: Malmstyrande strukturer i Bergslagen. Svenska Gruvföreningen, gruvforskningen.
- 1975: Malmletning med hjälp av geologiska strukturer. STU-utredning nr 32.
- Geijer, P., 1971: Sulfidic "Ball ores" and the pebble dikes. SGU Ser C Nr 662.
- 1964: On the origin of the Falun type of sulfide mineralization. GFF V 86, No 516, p. 3-27
- Karlsson, L., 1978: Zinc spinel, gahnite, in the Saxberget mine. Annual report of the Ore Research Group, Stockholm University 1978.
- Koark, H.J., 1960: The geology of the Falun Mine - a brief outline on the occasion of the XXIs International Geological Congress: Stora Kopparbergs Bergslags AB, Falun.
- 1962: Zur alterstellung und Entstehung der Sulfiderze vom Typus Falun. Geol. Ransch., Bd 53, H 1, s. 123-146.
- Lagerblad, B. och Gorbatshev, 1983: Sekundära förändringar i Bergslagens vulkaniter och deras betydelse för malmbildningen. SGU Rapporter och meddelanden nr 34.
- Ridge, J D 1984: Annotated bibliographies of mineral deposits in Europe. Pergamon Press.
- Tegengren, F R 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. SGU Ser Ca No 17.
- Törnebohm, A E., 1893: Om Falu gruvas geologi. GFF Bd 15, H 7, No 154, pp 609-690.
- Schmerhorn, L J G., 1978: Epigenetic magnesium metasomatism or syngenetic chloride metamorphism at Falun and Orijärvi. Inst Min and Met. Tr. V 87, Sec B B 162-171.
- SIND 1982:2 - Berg och malm i Västmanland län.
- SIND 1983:7 - Berg och malm i Kopparbergs län.
- Sheridan, D M and Raymond. W H., 1977: Preliminary data on some Precambrian deposits of zinc-copper-lead sulfides and zinc spinel in Colorado. US Geol Surv., Open file report 77-607. 27 pp.
- Sjögren, Hj., 1910: The Falun copper mine. 11th Int Geol Congr Guidebook C4, 16 p.
- Stephansson, O., 1975: Polydiapirism of granitic rocks in the Svecofennian of Central Sweden. Precambrian Research 2, p. 189-214.
- Stålhös, 1981: A tectonic model for the Svecokarelian folding in east central Sweden. GFF nr 103.
- Vivallo, W., 1985; The geology and genesis of the Proterozoic massive deposit at Garpenberg, Central Sweden. Econ Geol V 80, pp.17-32 med referenser.

T A B E L L I

1. STÖRRE SULFIDMALMER MED TONNAGE ÖVER 5 MILJONER TON

FYNDIGHET	UTBRUTNA TON (1925-1979)	RESERVER	METALLHALTER %					ppm	METALLVÄRDE (relativt) 1/8 1985	UPPTÄCKTSÅR	DRIFTSÅR
			Cu	Zn	Pb	Ag	Au				
GARPENBERG	7.040.000	2.400.000 (1982)	0,4	4,0	2,8	86	1,0	624	1200-talet	1955 - Boliden	
GARPENBERG N	1.467.000	2.900.000	0,1	2,1	0,9	156	0,2	452	1966	1967-	
DAMMSJÖN		10-15 miljon				115		?	1938 (1979)		
SAXBERGET	4.917.000	900.000	0,9	6,8	2,1	42	0,4	710	1870	1880 -- (1955 Boliden)	
FALUN *	7.138.000	9.000.000	0,7	5,0	2,0	35	0,6	575	800-talet		
ÄMMEBERG	12.500.000 (?)	12.000.000		10,5	1,4	?		appr.795	1500-talet	1862-	
SALA	5.000.000 (?)	?			1-4	1000-4000		?	1500-talet		

*) totalt beräknas Falu gruva ha innehållit 34 miljoner ton

2. MINDRE SULFIDFYNDIGHETER MED RIKT METALLINNEHÅLL

FYNDIGHET	UTBRUTNA TON	RESERVER	METALLHALTER %					ppm	METALLVÄRDE	UPPTÄCKTSÅR	DRIFTSÅR
			Cu	Zn	Pb	Ag	Au				
RYLLSHYTAN	536.000	450.000	-	14,0	6,9	56	-		1.166	1393	1512, 1887-1951
SVARDSJÖ	973.000	100.000	0,7	4,9	2,2	111	0,5		694	1300-talet	1957-70, 1983-84.
KALVBÄCKEN	600.000		0,1	8,3	3,6	100	0,3		843	1526	-1961
SKYTTGRUVAN	257.000	96.000	0,5	6,0	2,5	100	0,2		704	1563	1898-1908

3. FYNDIGHETER AV TVEKSAM EKONOMISK BETYDELSE

KAVELTORP	1.100.000		0,5	7,2	3,7				636		
STOLLBERG	3.290.000			2,5	3,0				258	medeltid	1944-1982
LÖVÅS	308.000			3,5	2,5	30			353	< 1549	-1919
TOMTEBO	82.000		1,0	1,0					245	< 1649	1914-1919
GÅRDSGRUVAN			0,4	5,0	2,0	60			528		1965-1969
a) LJUSNARSBERG											
a) BÄCKEGRUVAN											
a) BRUSMALMEN	350.000			3,2	15,6	320			786		
a) HAKANSBODA											
a) HÄLLEFORS											
a) Ø SILVBERG											
a) V SILVBERG											
a) MÅRTANSBERG											

a) Uppgifterna skall om möjligt kompletteras

TABELL 2

FYNDIGHET	MALMZON		MALMAREA m ²	MALMTYP	MALMASSOCIERADE SILIKATMINERAL	SUPRAKRUSTALA BERGARTER	UTBREDDNING SUPRAKRUSTAL	OMVÄNDLINGS- AUREOL/m	OMVÄNDL. MINERAL	TYP KARBONATSTEN	NÄRVARO OCH AVSTÅND TILL:						metamorfosgrad	geokemiskt anomalimönster	Stringer zones	Megalineament	Lokala strukturer	övrigt	väsentliga signaturer	
	längd	bredd									gnejsgranit	Järnmalm	Amfibolit	Karbonat	Agglomerat	Intrusiv								
GARPENBERGS- FÄLTET	4000	160	-	Cu-malm Zn-Pb-Cu malm Cu-Zn-Pb malm kvarts, glimmer CaF ₂	Kvarts, glimmer, flusspat, granat, flögopit, tremolit, talk, klorit	Leptit (90% sura), karbonat, amfibolit, omvandl. bergarter	15x7 km	1000x300	Kvarts, muskovit, flögopit, kordierit, granat, gahnit, andalusit, ähtofyllit, staurolit.	Kalksten	1000	859	200 strat. und.	0-200 strat. ö.	100-800 strat. und.	500-1000 E och NNW	Amfibolitfacies 550°C, 3,5 Kb Prænit-epid- kalcitsprickor	+ Mg, K, Mn, Si, Zn - Na, Ca, Fe, Mg-halt förändras in mot malmlinerna.	Kvarts-flusspat- gångar med CuFeS ₂ , FeS ₂ och FeS	Malmfältet ligger utmed en NE-SW-lig förkastningszon. N-S ligg. lineament korsar. Dislokationer i NE-SW och NNW-ESE (norr om malmerna)	1) Isoklinala veckaxlar mot NE och SW, flacka 2) Branta veckaxlar i en andra veckfas. 3) Förkastningar i E-W, N-S, NNW-SSE.	Mn-rika järnmalmer knutna till karb- onathorizonten. Mg-rika Fe-hor- isonter stratigr. under med kis.	Stringers, omvandlings- saureol, agglomerat, subintrusiv, gahnit m fl omvandl. mineral. Läge i korsande strukt.	
FALUN	12000	400-3000	40 000	Hårdmalm Cu-ädror Au Blötmalm FeS ₂ CuFeS ₂ Skölmalm CuFeS ₂ -impr.	Kvarts i hårdmalm, biotit, klorit och talk i skölmalm	Leptit, amfibolit, agglomerat kvartsporfyr, omvandl. berg karbonatsten (camgit)	35x8 km	7000x3000	Glimmer, kordierit, skarn, andalusit, sillimanit, antofyllit, cummingtonit, gahnit, almandingranat	ofikalcit, serpentin	2000	x	3000 m S 100 m E kis	0	100 m E Skyttegruvan 3,5 km W Falun	QP intill malmen	Amfibolitfacies	-	Ädror med guldrök CuFeS ₂ och FeS ₂	1) E-W förkastningszon, NNW-ESE-lineament 2) NE-ligt lineament förbi Skyttegruvan från Väner Geofysiska NE-SW-zoner 3) 8 km N om konc. storstruktur 4) NW-lineament på landsat 5) Dränering i NNW.	Malmerna knytta till släpveck: 70° mot S Skäljar främst i NNW	Skälzoner nger de kompakta linserna. Magnetit malm i gru- var.	Stor omvandlingsaureol Gahnit + övriga omvand- lingsmineral. Agglome- rat och subintrusiv. Stringer zones.	
SAXBERGET	3000	200-400	5.200	Stringer Zn-Pb-Cu dissem. Kulmalm	CaMgFe-skarn	Leptit, amfibolit, kvarts-albit- bergart, dolomitisk kalksten	12x2 km	3000x300	Gahnit, kordierit, kvarts, biotit, cummingtonit, skarn gedrit, andalusit, sillimanit almandingranat	dolomitisk kalksten	1200	0.	880 m under	0	-	?	Amfibolitfacies >600°C, >300 mPa	-	Kvartsit m CuFeS ₂	1) E-W strykande bg och mylon- iter. 2) Inre linjen N-S 3) NE-zoner på magnetiska 4) 5 km innanför skärncirkel	Isoklinala veckning NNE-SSW, andra veckfas E-W, veckaxlar stupar 25° SE. Rift 25° SSE.	Området jordbävt med få hållar. Malm- en detekterad med magnetmetoder.	Rikligt med Gahnit i omvandlingszonen. NNW-lig anläggning och nuvarande E-W-ligt tektoniskt läge.	
SVARDSJÖ	1000	200	<100	Cu-Pb-Zn-linser	Talk, tremolit, klorit, dolomit	Leptit, arkos, omv bergarter, amfibolit, karb. sten	20x2,5	1000x200	kvarts, kordierit, cummingtonit sillimanit, flögopit, talk	dolomitisk kalksten	800	x	1100 m öst	0	-	-	Amfibolitfacies Epidot-prænit- kalci i spricka	Mg-halten uppvisar en positiv korrelation till avståndet från malmlinerna.	Kvartsit m CuFeS ₂	1) ENE-WSW lineament 2) NNW-lineament 3) NE-lig geofysisk zon - som stryker förbi Falun.	Flacka veckaxlar i E-W. Allmän strykn. riktning i N60W, urbergsblock // och stark uppkraening. Slingtektanik med branta veckaxlar SW till SE. Skälzoner i N30°E.	Bergolja i fickor.	Indikativa omv. mineral Omvandlingsaureol NE-lig anläggning. Mg-rik anrikning.	
SALA	1400	80 - 100	2.500	PbS(Ag)-ZnS i skälzoner	Diopsid, aktinolit, tremolit, serpentin, talk, klorit.	Leptit, karbonatsten	25x5 km	Svårbestämd	Tremolit, klorit, talk, serpentin	dolomitisk kalksten	0	6000 Närr om	-	0	-	500-1000	?	Hg-anomal	-	-	1) ENE-WSW lineament 2) NNW-lineament 3) NE-lig geofysisk zon - som stryker förbi Falun.	Flacka veckaxlar i E-W. Allmän strykn. riktning i N60W, urbergsblock // och stark uppkraening. Slingtektanik med branta veckaxlar SW till SE. Skälzoner i N30°E.	Bergolja i fickor.	Indikativa omv. mineral Omvandlingsaureol NE-lig anläggning. Mg-rik anrikning.
ANNEBERG	4000	3 - 15	3.600	Stratabundna ZnS-Pbs lager	Kvarts, mikroklin, biotit, klorit amfibol, diopsid, granat, muskovit, epidot	Kalileptit, kalk-skarn, amfibolit, tuff/lavor	25x3	ingen	-	-	100 m under	-	öster om	0	-	-	Amfibolitfacies migmatisering	-	-	1) ENE-WSW lineament 2) NNW-lineament 3) NE-lig geofysisk zon - som stryker förbi Falun.	Flacka veckaxlar i E-W. Allmän strykn. riktning i N60W, urbergsblock // och stark uppkraening. Slingtektanik med branta veckaxlar SW till SE. Skälzoner i N30°E.	Bergolja i fickor.	Indikativa omv. mineral Omvandlingsaureol NE-lig anläggning. Mg-rik anrikning.	

APPENDIX I

SALA

Malmzonens längd	1400 m
Malmzonens bredd	80-100 m
Enskilda malmers storlek	Största malmen 7x60 m (Vattenpelarmalmen)
Malmöarea	Svårt uppskatta - skärpningarna i dagen upptar uppskattningsvis 10.000 m ² .
Malmtyp	Skölzoner på några meters bredd med extremt silverrik blyglans jämte zinkblände. Dessutom uppträder sparsamt svavel- magnet- och kopparkis samt sällsynt geokronit, boulangerit, cinnober, gediget kvicksilver, silveramalgam, gediget silver, argentit, pyrargyrit, fahlerts och dyskrasit.
Gångmineral	Skarn i form av ljus diopsid, aktinolit och tremolit. Amorf kisel syra, talk, serpentin och klorit i skölarna.
Omvandlade värdbergarter	Sulfidfyndigheterna är bundna till dolomit och serpentinrik kalksten och skölzoner i dessa -- med ovan angivna mineral.
Omvandlingszonens storlek	Ej definierad
Suprakrustalområdets utbredning	Ett nord-sydligt suprakrustalstråk 5x25 km och ett öst-västligt ca 10x50 km
Stratigrafisk läge	Malmzonen uppträder i karbonatstenar som ligger inveckade i leptiter.

MALMERNAS LÄGE I FÖRHÅLLANDE TILL

- äldre gnejsgraniter
- järnmalm
- amfibolit
- karbonatstenar
- agglomerat
- ytintrusiv

I kontakt till Salagranit - en ljus salisk och massformig granit

Kvartsrandjärnmalmer 6 km NNV om Sala och manganförande järnmalmer i de östligaste delarna av stråket (Nickbo).

- endast en grönstensbreccia noterad

Malmerna är helt bundna till dessa, uppskattade till några hundratal m mäktiga och sammanveckade.

-

Kvartsdioritporfyrer och granofyr uppträder 0,5 - 1 km nordväst om malmerna. Bägge uppfattas av Tegengren som subintrusiv.

Karakteristika för karb-sten

Dolmiter, serpentinrik kalksten och kalkstenar

Stringer zones

- Skölarna i sig kan betraktas som "stringers"

Exhaliter

-

Metamorfosgrad

ej utrett

Övrigt

Uppträdandet av kvicksilver kan vara en god indikator vid prospektering efter malm av SALA-typ.

STRUKTURELL KONTROLL

- i förhållande till megalineament

11

Sala silverförekomster ligger utmed en deformerad rundstruktur som styrker bort mot Vattholma och troligen återkommer i Arlanda-Vidbotrakten. Sala ligger dessutom mellan två kraftiga lineament som stryker i nordostlig riktning upp mot kusten söder om Gävle. Ett mycket kraftigt förkastningsstråk löper från Trosa över Sala i nordvästlig riktning och tillmäts stor betydelse av Grip.

- malmernas inordnande
i lokala strukturer

Malmkropparna är helt bundna till skölzoner och rikast där sådana korsar varandre. Leptitformationen är isoklinalveckad efter flacka undulerande axlar och vecken står brant med överstjälpning mot N och S. Området Armanbo-Jugansbo - där riktningen svänger från nordlig till östlig tolkas som en antiklinal struktur. En intensiv uppskjutning av granitribbor föreligger. Packen stupar brant mot NV och bergarterna är isoklinal och tvärveckade.
Malmerna i Sala stryker N35W

GEOKEMISK SIGNATUR

Kanske Hg-innehållet?

GEOFYSISK SIGNATUR

Skölzonerna bör komma fram vid VLF eller slingrams-mätningar

Övriga indikationer

Malmernas bindning till strukturella zoner kan användas som en utgångspunkt vid en prospektering. De föga mäktiga zonerna kan dock vara svåra att få fram under tjocka övertäckningar.

REFERENSER

Grip 1983, SIND 1982:8, Tegengren 1924.

SAXBERGET

Malmzonens längd	≥ 3 km
Malmzonens bredd	200 - 400 m
Malmens bredd/längd	1 - 20 m (max 40m)/ 400 m
Malmarea	5.200 m ² (20 m avvägning)
Malmtyper	Enligt Grip: 1) Impregnation i kalksten+dolomit med zinkblände, blyglans och kopparkis samt underordnat svavel- och magnetkis 2) Kulmalm i förkastnings(överskjutn)zon med zinkblände och blyglans samt Cu-kis och FeS. Enligt Amcoff et al (1985) 1) Kopparrik "stringermalm" i kvartsit - låg 2) Disseminerad komplex Zn-Pb-Cu malm i skarn 3) Massiv Zn-Pb malm med lite Cu.
Silikatmineral i malmen	Ca-Mg-Fe skarnmineral i den disseminerade typen Fragment av amfibol, glimmer, pegmatit och kvartsit i kulmalmen.
Omvandlade värdbergarter	Närmast malmen kvartsit med biotit-gedrit därefter biotit-almandin och ytterst biotit-cord.-sillimanit.
Omvandlingszonens storlek	Se malmzonen ovan
Suprakrustalområdets utbredning	2000 - 2400 meter brett och ca 12 km långt
Stratigrafiskt läge	Malmzonen ligger i en dolomitisk kalksten som i sin tur är begränsad av en 200 m omvandlingzon (i ligger) och hela zonen ligger i sura metavulk.

MALMERNAS LÄGE I FÖRHÅLLANDE TILL:

- äldre gnejsgraniter 1200 meter stratigrafiskt ovanför.
- järnmalm Skarnjärnmalm i karbonathorisonten och som fragment i kulmalmen
- amfibolit 800 meter stratigrafiskt under och i Ø kontakten
- karbonatstenar dolomitiska kalkstenar med skarnomvandling
- agglomerat ej omnämnt
- ytintrusiv Ej känt med såväl granitkroppar som diorit ligger inne i leptitformationen

Karakteristiska för karb.sten Dolomitiska kalkstenar övergår i Ca-Mg-Fe rika skarn som utgör den mer betydande malmhorisonten (1 till 20 m mäktig)

Stringer zones En sådan är troligen bevarad som en kopparrik kvartsit inveckad i de östar delarna av malmen.

Exhaliter -

Metamorfos Amfibolitfacies $>600^{\circ}\text{C}$ och $\geq 300 \text{ mPa}$.

Övrigt Enligt Amcoff var den ursprungliga malmen 10 miljoner ton och reserverna nu 2 miljoner ton. Området är jordtäckt och den mesta informationen grundar sig på borrhälsor och underjordsarbeten.

STRUKTURELL KONTROLL

- i förhållande till megalin. Saxbergsfyndighetn ligger intill ett nord-sydligt strykande lineament som ingår i den sk Ihre-zonen. Själva suprakrustalformationen stryker i en öst-västlig riktning. Ett Nordostligt lineament framkommer tydligt på magnetkartan. Fyndigheten ligger ca 5 km innanför randen på den stora cirukulära strukturen.

- malmens inordnande i lokal strukturer Lagerföljden är repeterad och uppskjuten med kraftiga breccieringar. I en skärpning norr om gruvområdet stryker en mylonitzon E-W, 30-60 S och den komplexa berggrunden kring gruvan har huvudstrykriktning E-W, 35-50S.

Selkman hävdar att den tidigast igenkännbara strukturen är resterna efter ett vulkaniskt riftsystem som nu stupar 35° mot SSE. De malmförande lösningarna och hydrotermalverksamheten skulle således styras av denna struktur (en viktig information om den är riktig).

En första deformation skapade veck och förkastningar med axialplanen riktade mot NNE-SSW. Veckningen var isoklinal med vertikala axialplan och subhorisontella axlar, skapade av en hoptryckning genom en WNW-ESE stresskomponent. Veck med riktningen NNE-SSW är sällsynta och den allmänna, dominerande strukturriktningen är E-W, $35-45^{\circ}$ S. Österut vrider strukturerna av mot NNE. En senare deformationsfas veckar den första veckfasen och ger veckaxlar stupar $20-30^{\circ}$ mot SE. En stänglighetsriktning stupar 35° S, 30° E. och malmskivans (kulmalmens) västra begränsning följer denna linje.

GEOKEMISK SIGNATUR

Zn förekommer upp till 11% i bergarten, silikatbundet till spinellen gahnit. Mineralen kan

GEOFYSISK SIGNATUR

-eventuellt användas för lokalisering av malmer.

ÖVRIGA INDIKATIONER

-

REFERENSER

- Grip 1983. Malmstyrande strukturer i Bergslagen
Selkman 1985: A deformation study at the Saxberget sulphide deposit, GFF Vol 106, pp. 235-244
Amcoff et al., 1985: Distribution and zoning of silver and associated elements in the complex sulfide deposit at Saxberget. Economic Geology V 80, pp.614-626.
Karlsson, L., 1978: Zinc spinel, gahnit in the Saxberget mine. Ore Research Group 1978.
Karlsson, L., 1980: Metavolcanoclastics in Saxberget - relation to high metamorphism and intrusions. Ore Research Group, SThlm 1980.

SVÄRDSJÖ

Malmzonens längd	1000 m lång
Malmzonens bredd	200 m
Malmtyper	Linser av Cu-Pb-Zn-Fe sulfider med zinkblände, blyglans, kopparkis, svavelkis, magnetkis, och magnetit.
Silikatmineral i association till malmerna	Talk, tremolit, klorit, dolomit och kalcit.
Total malmarea	$< 100 \text{ m}^2$
Omvandlade värdbergarter	Kvartsit-breccior, klorit-talk-skölar, dolomit-skarn (tremolit) och glimmerskiffer
Omvandlingszonens storlek	40-100 m ut från malmlinserna
Suprakrustalområdets utbredning	2-3 km brett bälte, kanske 20 km långt, omgivet av gnejsgraniter och i norr gränsande till sedimentgnejser
Typ av suprakrustalbergarter	"leptit" med underordnat glimmerskiffrar, "kvartsit-amfibolit, kalksten, skarn och dolomit. leptit-arkos (metamorfa vulkanoklastiter).
Stratigrafiskt läge	Malmlinserna är helt knutna till karbonatbergarter, vilka enligt Levi överlagras icke-konformt av sura vulkaniter och vulkanoklastiter (arkos enligt tidigare nomenklatur. Beroende på en isoklinal veckning kan det vara svårt att avgöra den ursprungliga stratigrafin. Enligt Grip syns mineraliseringsarna följa en gammal landyta som diskordansyta mellan leptitformationen och överliggande sedimentformation.
Malmomvandlingsmineral	Kvarts, cordierit, cummingtonit, flogopit, sillimannit, talk: ökad halt av Mg-mineral och Mg-innehåll mot malmen, mineraliseringsintensitet och positiv korrelation till närhet till värdbergarter

Malmernas läge i förhållande till

- äldre gnejsgraniter
- järnmalmer

800 m öster om gnejsgranitkontakt

Många men små och obetydliga järnmalmer i bältet. Starkt stratabundna. 5 km NE om Svärdsjö ligger Sjögruvarn - en kalk-skarnjärnmalm, starkt skölad.

- amfibolit

I liggväggen uppträder amfibolit som sällsynta inlagringar i "leptitsekvensen". Som tunna kroppar

- karbonatstenar

Malmföremålen ligger i en dolomit-skarnbergart i alla enheter som är 15-20 m mäktig och som utåt övergår i 30-40 m malmfri kalksten

- agglomerat

ej kända

- ytintrusiv

ej kända

Stringer zones

ej kända

Exhaliter

Endast karbonatstenarna kan ev. räknas hit

Metamorfos

Amfibolitfacies överpräglade en tidigare låg hydrotermal omvandling och följd av en retrograd metamorfos (grönskifferfacies) samtidigt med förkastningar och breccieringar samt lågtemperatur-mineral som sprickfyllnader (epidot, prenit, kvarts, K-fältspat, fluorit, kalcit, laumontit och svavelkis.

Övrigt

Olja har påträffats i fickor inom skarnbreccia och kvartsit.

STRUKTURELL KONTROLL

- i förhållande till megalin.

Svådsjömalmen ligger i randen till en 130 km diameter halvcirkel och tangerar ett lineament som löper i ENE*. Ett NNV-ligt lineament löper strax väster om fyndigheten (från Avesta mot Amungen) *) mot Hamrånge

På flygmagnetiska tolkningskartan framträder ett kraftigt nordöstligt lineament, samma som löper strax förbi Falu Gruva.

- malmernas inordnande i lokala strukturer

De vulkaniska bergarterna är veckade efter flacka veckaxlar med strykning omkring E-W. Flera långsträckta urgranitblock ligger parallellt strykningens Slingtekttonik med branta till medelbranta axlar inom sektorn SW till SE. Malmzonen är starkt tektoniserad med hopskjutningar parallellt med diskordant avskurna s-tytor strykande N55°E. Norra malmen har riktnings N35°E och har enligt Grip ansamlats i en tnesion gash-spricka. NE delen av Mellanmalmen stryker N35E och N-S. Riktningen N60E är i övrigt den allmänna stryktningsriktningen i området. En stark uppkrossning omger värdbergarten.

Geokemisk signatur

Mg-halten kan positivt korreleras till avståndet till malmlinserna, mineraliseringsgrad och närhet till omgivande värdbergarter.

Geofysiska indikationer

Övrigt

Norra malmen håller mer svavel- och magnetkis än övriga och är bunden till skölzoner (N30E) och är ibland tät och gångtypsartad. Södra malmgruppen ligger i en utpräglad skölzon och håller lokalt avsevärd magnetitanrikning.

Referenser

Grip 1983, Beatrix Levi, Jan. 1978 (NFR)

GARPENBERG

Malmzonens längd	4000 m (inkl. Dammsjön och N Garpenberg)
Malmzonens bredd	160 m SAMMANLAGT 32 malmlinser!
Malmtyp/typer	<u>Cu-malm</u> (kopparkis, magnetkis, svavelkis, zinkblände, blyglans, magnetit, bornit, kopparglans - 77,6%;12,5%;4,3%;2,9%;2,7%;spår) <u>Zn-Pb-Cu-malm</u> (zinkblände, 42,4%; svavelkis,28,3%; blyglans, 13,4%; magnetkis, 11,6%; kopparkis,3,4%; magnetit, 0,6%;samt spår av argentit, arsenikkis, boulangierit, bornit, kopparglans, silver och tetrahedrit) <u>Cu-malm</u> : kvarts, glimmer, flusspat, granat <u>Cu-Zn-Pb-malm</u> (Rödgruvan):kvarts, glimmer, flogopit, tremolit, talk och sällsynt granat. <u>Zn-Pb-Cu-malm</u> (Strandgruvan, Zinkgruvan):tremolit, talk, klorit, kvarts-flogopit-klorit. Magnetit låg i malmen, hög i kontakten <u>Mullmalm</u> : lermineral med Ag, Zn och Pb samt tunna kulmalmer, troligen följande förkastningszoner. Liggväggen: kvartsgnejser och glimmerskiffrar 1000x300 m kring Garpenberg; omslutande samtliga malmkroppar. Kvarts och flogopit med varierande innehåll av: kordierit, granat, andalusit, staurolit, gahnit. 15x7 km - strykande i nordost. I karbonatstenar delvis samt nära kontakten mellan sediment (karbonatrika) och sura metamorfa vulkaniter (leptiter, gnejser) Två malmförande horisonter, den lägre dominerad av järnmalmer och den övre av sulfidmalmer. Kvarts-fältspatgnejser (leptiter) med mindre inslag av metasediment (huvudsakligen marmor och kalk-silikatgnejser), amfiboliter, och omvandlingsbergarter med malmer. Metavulkaniterna är bimodala med 90 ytprocent sura vulkaniter med 70-75% SiO ₂ .
Silikat-Mineral associerade till malm	
Värdbergart/er /omvandlade	
Omvandlingszonens storlek	
Omvandlingszonens mineral	
Suprakrustalområdets storlek	
Stratigrafiskt läge	
Suprakrustalbergarter inom stråket	

Malmernas läge i förhållande till

- äldre gnejsgraniter
- ~~h~~undre Järnmalm
- amfibolit (basiska vulk.)
- karbonatstenar
- breccior, agglomerat
- ytintrusiv (porfyriska graniter)

Ca 1000 m SE om granitkontakten(3,5)

800-900 m

200 m (stratigrafiskt under)

0-200 m (stratigrafiskt över)

ca 800 m och 400 m (strat. lägre) +100m

500 - 1000 m (öster om malmerna)

Karakteristiska för järnmalm i fältet

De stratigrafiskt underliggande järnmalmerna i stråket Botbenning-Ryllshyttan är manganfattiga skarnmalmer; Ryllshyttan har även Zn-Pb-Ag-malm. Järnmalmerna här är Mg-rika. Stråket Middagsgruvan-Tärnslätten finns magnetit -en med granatskarn och mörkt grönskarn. Stratigrafiskt högre liggande järnmalm(er(?))-Holmgruvan-Långvik är Mn-rika järnmalm knutna till karbonathorisont-er, Jälkenstråket Mn-fattiga grönskarn-järnmalm. Smältarmossen förmodas ligga i samma horisont som sulfidmalmerna och är en Mn-fattig starkt kisleförande skarnjärnmalm.

Karakteristiska för ovanliggande karbonatstenar

Normala kalkstenar

Stringer zones

Kopparmalmerna anses representera tillförselkanaler med ett nätverk av koppar-svavel- och magnetkis i kvarts-flusspatgångar som skär S-ytorna.

Exhaliter

Förutom karbonathorisonterna som kan tänkas bildade som exhaliter finns inga indikationer.

Metamorfos

M 1 i amfibolitfacies (550°C, 3,5 kb) M 2 prehnite-epidot-kalcit eller klorit-prenit som sprickfyllnader.

Strukturell kontroll

- Läge i förhållande till Megalineament

Garpenberg ligger utefter en linje som löper i NE-SW från Nora över Norberg och upp till Sandviken, detta lineament framkommer på Landsattolkningar i skala 1:1 miljon och begränsar de flesta järn- och sulfidfyndigheter, vilka påträffas inom en halvcirkel nordväst om linjen. En nord-sydlig linje går upp från Västerås över Krylbo mot det tidigare lineamentet. Norr om Garpenbergs sulfidmalmsstråk löper en linje i WNW-ESE. På den flygmagnetiska kartan framträder en tydlig dislokationslinje i NE-SW öster om sulfidmalmsstråket, begränsande järnmalmstråket Holmgruvan-Jelken. En annan tydlig dislokationslinje löper E-W till WNW-ESE norr om Garpenberg. Dessa dislokationslinjer tycks kunna korreleras med de lineament som framträder topografiskt från Landsattolkningar.

- Malmkropparnas länggutsträckning - Malmernas inordning i lokala strukturer samt fältstupning

NE-SW

Leptitkomplexet är isoklinalveckat. Ett par km SW om Garpenberg är en synklinal utbildad med veckaxel stupande flackt mot NE. Veckaxeln flackar ut mot NE och är i Garpenberg N 60° mot S. I Garpenbergsgruvan är fältstupningen brant E eller NE; i Garpenberg Norra brant sydlig. Malmerna och begränsande skölzoner uppges ha samband med ett släpveck i fälthängandet. Två deformationsfaser har utskilts, en första med veckning runt subhorisontella axlar och en andra kring brant stupande axlar. Malmerna är liksom 2/3 av Bergslagens mineralfyndigheter linjalformiga (mer än dubbelt så långa som breda), i Garpenberg i genomsnitt 5,3 ggr så lång som bred.

- Förkastningar

Enligt de geologiska karteringarna har de viktigaste förkastningarna riktningen E-W. Andra riktningar är NW, NNW och N-S.

Geokemisk signatur

En omfördelning av de kemiska elementen har ägt rum i samband med malmomvandlingarna. Sidoberget har generellt anrikats på Magnesium, Järn och metaller och urlakats på natrium och kalcium. K, Mg, Mn, Si och Zn ökar påtagligt redan 100 m från malmzonen. Mineralogiskt ökar biotit och flogopit när man närmar sig malmzonen och i dess omedelbara närhet tillkommer övriga karakteristiska omvandlingsmineral (kordierit, muskovit, antofyllit, andalusit, granat, gahnit och staurolit). Fe/Mg-halten i biotit förändras in mot malmen

GEOFYSISKA INDIKATIONER

Järnmineralinnehållet i Garpenbergsgruvan är tillräckligt för att ge en markant magnetiskt anomali. De elektriska egenskaperna kan ej avgöras eftersom tidigare ytarbeten förändrat den ursprungliga bilden. Beträffande N Garpenberg och Dammsjön - fråga Hans Cristoffersson.

ÖVRIGA INDIKATIONER

REFERENSER

Vivallo, Waldo 1985: "The geology and genesis of the Proterozoic Massive Deposit at Garpenberg, Central Sweden", Economic Geology Vol. 80, pp 17-32. samt med däri angivna referenser.

FALUN

Malmzonens längd	12 km inkluderande Skytt och Näverbergs gruvor
Malmzonens bredd	osäkert, 400 m - max 3 km. Gäller hela området
Malmtyper	<u>Blötmalm</u> - svavelkismalm med avsevärd halt av kopparkis och mer eller mindre zinkblände och blyglans. Magnetkis, arsenikkis och magnetit även närvarande <u>Hårdmalm</u> - impregnation och ådror av kopparkis i "kvartsit" eller kopparrik pyritmalm. Guld <u>Skölmalm</u> - impregnation och ådring av kopparkis i biotit-klorit-talk.
i Silikatmineral i direkt association till malmtyperna.	Biotit-klorit-talk i skölmalmerna
Malmytans totala area	40.000 m ²
Omvandlade värdbergarter	"glimmerskiffrar" = sericitomvandlade vulkaniska bergarter och "malmkvartsiter" omvandlade bergarter med codierit, andalusit (sillimanit på djupare nivåer), antofyllit, cummingtonit, almandin och zinkspinel (<u>gahnit</u>). Karbonatrika bergarter har omvandlats till forsterit och humit över till serpentin och ofikalcit. Vid mer intensiv förskarning uppträder tremolit-aktinolit och diopsid-hedenbergit med eller utan andraditgranat. I skölarna uppträder klorit, biotit och talk.
OMVANDLINGSZONENS STORLEK	12 km lång och 400 - 3000 m bred zon med en central omvandling kring Falu gruva på 3x7 km ² .
Suprakrustalområdets utbredning	35 km långt och max 8 km brett.
Suprakrustalbergarter inom stråket	Olika typer av "leptiter" och omvandlade varianter av dessa samt amfibolit. Lokalt förekommande camgiter (Ca-Mg-marmor), agglomerat och kvarts-porfyr intill malmerna.
Stratigrafisk läge	Troligen i övre delen av vulkanitformationen och i ovanliggande karbonatstenar.

MALMERNAS LÄGE I FÖRHÅLLANDE TILL

- äldre gnejsgraniter
- järnmalmer
- amfibolit (basiska vulkaniter
- karbonatstenar
- agglomerat
- ytintrusiv

2000 m norr om och 3000 m söderom

Skarnjärnmalmer av mycket ringa omfattning.

Ca 5 km ENE om Falun och 3 km söderut (små förekomster). Tunna amf.lager 100 m E kismalmen.

Ca-Mg-marmor (camgit) i direkt anslutning till kompaktmalmen och skarn i en liten förekomst ca 5 km NV om Falun.

100 m öster om Skyttgruvan och 3,5 km W om Falun.

I gruvområdets omedelbara närhet finns ett dussin-
alts kroppar med kvartsporfyr - några omgivna
av en rand av amfibolit (?), ett lite egendomligt
förhållande.

Karakteristiska för karbonatstenar

Kismalmerna tros vara en förträngning av karbonat-
sten och skarn. Dolomitiska kalkstenar har övergått
i ofikalcit, dvs serpentinefläckade karb.stenar.
Koark benämner dessa camgiter.

Stringer zones

Hårdmalmen öster om den kompakta kisen tros vara
stringerzone men även skölarna betraktas som
stringers av flera författare. De kan bli upp
till 20 m breda och stryker övervägande i NNW.

Exhaliter

-

Metamorfos

Amfibolitfacies

Övrigt

Magnetitmalm i Falu gruva indikerar att sulfid-
malmen överpräglar en järnmalms horisont.
Skölarna omger sulfidmassorna.

STRUKTURELL KONTROLL

- i förhållande till megalineament

Falun ligger i en markerad förskiffringszon som stryker E-W. Fyndigheten ligger ca 8 km norr en stor cirkulär struktur som omfattar hela Bergslagen. Ett WNW-ESE linement går igenom Falun. Ett mer ihållande NE-ligt lineament från Vänern passerar förbi Falun ung. vid Skyttgruvan. Detta tycks vara en förkastning som avgränsar olika bergartsled enligt Koarks karta (1952-54). En kraftig magnetisk dislokationslinje drar förbi i NE-SW-lig riktning strax öster om gruvan. Diabasgångar löper i NNW. NW-liga lineament antyds på Landsattolkningen i 1:250 000.

- malmernas inordnande i lokala strukturer

Sulfidmineraliseringarna i Falun och Skyttgruvan är enligt Grip knutna till två markerade släpveck. Alla dessa har tillkommit under högerrörelse. De stora kiskropparna har en oregelbunden komplex linsform. Deformationen i de förkastade blocken kan vara helt olika på ömse sidor om den förkastade skälen vilket bidrar till att förlänga malmkropparna i oregelbundna överraskande former. Drag- eller släpvecket stupar 70° mot S. Som antytts är malmkropparna begränsade av skölar och skölar uppträder även inom malmen. Enligt Koark löper många förkastningsskölar i NNW.

GEOKEMISK SIGNATUR

GEOFYSISKA INDIKATIONER

ÖVRIGA INDIKATIONER

Zinkspinell (gahnit) uppträder ställvis som karakteristiskt mineral.

REFERENSER

Grip 1983, Koark 1960, 1962, Ridge 1984. Schmermerhorn 1978., Törnebohm 1893, Sjögren 1910, Geijer 1964.

Från Erland Grip 1983

Leptitområde	leptit km ²	järnmalm m ²	sulfidmalm m ²	sulfidmalm/km ²
1 Filipstads Bergslag	1.230	68.000	6.800	6
2-3 Nora-Stråssa	300	63.000	3.200	11
4 Riddarhyttan-Norberg	320	211.000	6.200	19
5-6 Ljusnarsberg-Ställberg	450	28.000	12.000	27
7 Grängesbergstrakten	30	151.000	-	0
8 Grangärdesynklinalen	230	27.000	400	2
9 Stollbergssynklinalen	180	47.000	6.100	34
10 Vässman-Ludvika	70	74.000	100	1
11 Saxbergetområdet	60	600	6.200	103
12 Smedjebacken	90	1.500	-	0
13 Bråfall-Forsbo	140	16.500	3.400	24
14 Falun-Svärdsjö	470	3.000	69.500	148
15. Vintjärntrakten	100	12.400	-	0
16 Tomtebo-Lövås	60	600	2.400	40
17 Garpenbergsområdet	160	30.000	21.500	134
18 Hofors-Torsåker	440	34.000	5.900	13
19 Salaområdet	150	1.000	9.500	63
20 Upplandsfälten	500	27.000	400	1
21 Runmäö-Utö	120	9.000	2.000	17
22 Sörmland-Närke	3.000	28.000	10.000	3
TOTALT	8.100	832.200	164.600	20

Bergslagens totala yta är 60.000 km² varav 13% domineras av vulkaniska bergarter (leptit).

