

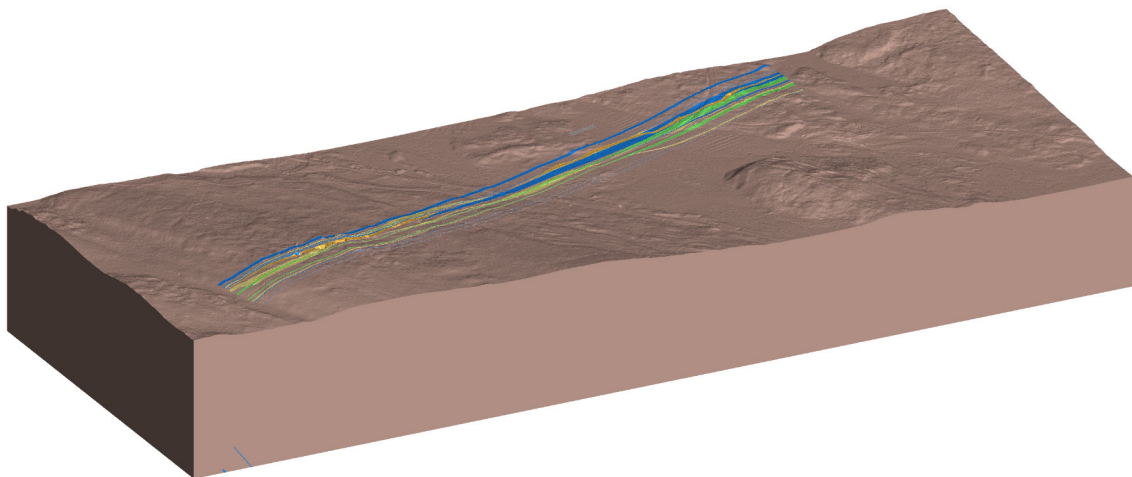
Geologisk 3D-modell

Slättbergs gruvor, Leksands kommun

Alexander Lewerentz

mars 2021

SGU-rapport 2021:16



Omslagsbild: Illustration av geologisk 3D-modell, Slättbergs gruvor.
Grafik: Alexander Lewerentz

Författare: Alexander Lewerentz

Granskad av: Stefan Luth

Ansvarig avdelningschef: Kaj Lax

Redaktör: Åsa Gierup

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Sammanfattning.....	4
Inledning.....	4
Intressenter och samarbetspartner	4
Syfte.....	5
Underlag.....	5
Kartor och databaser.....	5
Terrängläge och geologisk översikt.....	5
Modellområdet.....	6
Metoder.....	6
Geologiska antaganden	7
Modellens begränsningar och osäkerhet.....	7
Resultat.....	8
Modellerade ytor, lager och volymer.....	8
Referenser.....	10

SAMMANFATTNING

En geologisk 3D-modell har tagits fram över bergarternas och mineraliseringarnas utbredning i området kring Slättbergs gruvor, Leksands kommun, Dalarnas län. Modellens syfte är att ge en möjlig tolkning av berggrundens uppbyggnad och utbredningen av gruvfältets tidigare brutna nickelmineraliseringar, där även anomala halter av kobolt och platinagruppens metaller konstaterats. Modellen baseras på borrhålsdata från tidigare provborrningar, kombinerat med geofysiska data insamlade av SGU. Modellen kan användas som den är, eller utgöra utgångspunkt för vidare modellering, för till exempel frågeställningar rörande prospektering, infrastruktur, miljö eller föroreningar.

INLEDNING

Denna modell har tagits fram inom projektet ”Geodata i 3D” vid SGU som en del av SGUs kartläggningsinsatser i området Grycksbo-Insjön inom projektet ”Bergslagen etapp 2 – Malm-potentiell”. Projektets mål var att utveckla SGUs arbete med 3D-modellering med särskilt fokus på grundvatten och dricksvattenförsörjning. Projektet ingick till en del i regeringens uppdrag till SGU angående utökad kartläggning och karakterisering av grundvattenresurser (2018–2020).

Slättbergs gruvor upptogs år 1805 för brytning av koppar, och försök inleddes ganska snart därefter för att utvinna även nickel. År 1850 startades produktionen för nickel (Tegengren 1924). Gruvorna var sedan verksamma fram till år 1878, därefter har endast försöksbrytning upptagits i liten skala under första och andra världskriget (Ripa m.fl. 2015). Stora Kopparberg AB utförde provborrningar inom gruvfältet åren 1969–1975 (Carlsson & Jardsell 1969a, b, c; 1970a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o; 1971a, b; Jardsell 1975), vilka utgör den största delen av underlaget till den här presenterade 3D-modellen. I dagsläget innehas undersökningstillstånd av det kanadensiska bolaget Sienna Resources Inc., som under 2019 och 2020 har utfört ytterligare provborrningar (Sienna Resources 2020). Borrhålsdata från dessa är dock inte offentliga.

Utöver koppar och nickel har även anomala halter av kobolt, ett av de av europeiska kommissionen utpekade kritiska råmaterialen (Europeiska kommissionen 2020), påträffats i material från Slättbergs gruvor (Ripa m.fl. 2015). Nyligen utförda undersökningar bekräftar detta och visar dessutom på anomala halter av de kritiska råmaterialen palladium, platina och vanadin (Brolin m.fl. 2020, Sienna Resources 2020). Mer om kritiska råmaterial ur ett svenskt perspektiv kan läsas i Claeson m.fl. (2020).

Modelleringsledare har varit statsgeolog Alexander Lewerentz.

Intressenter och samarbetspartner

Modellen kan vara av intresse för företag inom olika delar av mineral-, gruv- och prospekteringsnäringarna. Ny och förbättrad dokumentation av det kringliggande områdets berggrundsgeologiska, malmgeologiska och geofysiska beskaenheter är under framtagande inom projektet ”Bergslagen etapp 2 – Malm-potentiell” (se Brolin m.fl. 2020 för preliminära resultat). Tack till Cecilia Brolin, geofysiker vid SGU, som har gjort geofysiska profilmätningar och inversionsmodellering av dessa, lineamenttolkning av flyggeofysiska data och bidragit med randvillkor för 3D-modellen.

SYFTE

Modellens syfte är att ge en översiktlig bild av berggrundens uppbyggnad vid Slättbergs gruvor, inklusive den tidigare brutna malmhorisonten. Modellen har till följd av begränsningar i tillgängliga borrhålsdata i genomsnitt ett djup på endast ca 250 m under markytan, men kan användas som underlag för eventuella framtida prospekterings- och provborrningsinsatser. Modellen kan även vara användbar för frågor som rör förorenad mark och grundvatten, då mineraliseringarna också utgör potentiella källor för lakvatten innehållande giftiga eller på annat sätt skadliga ämnen.

UNDERLAG

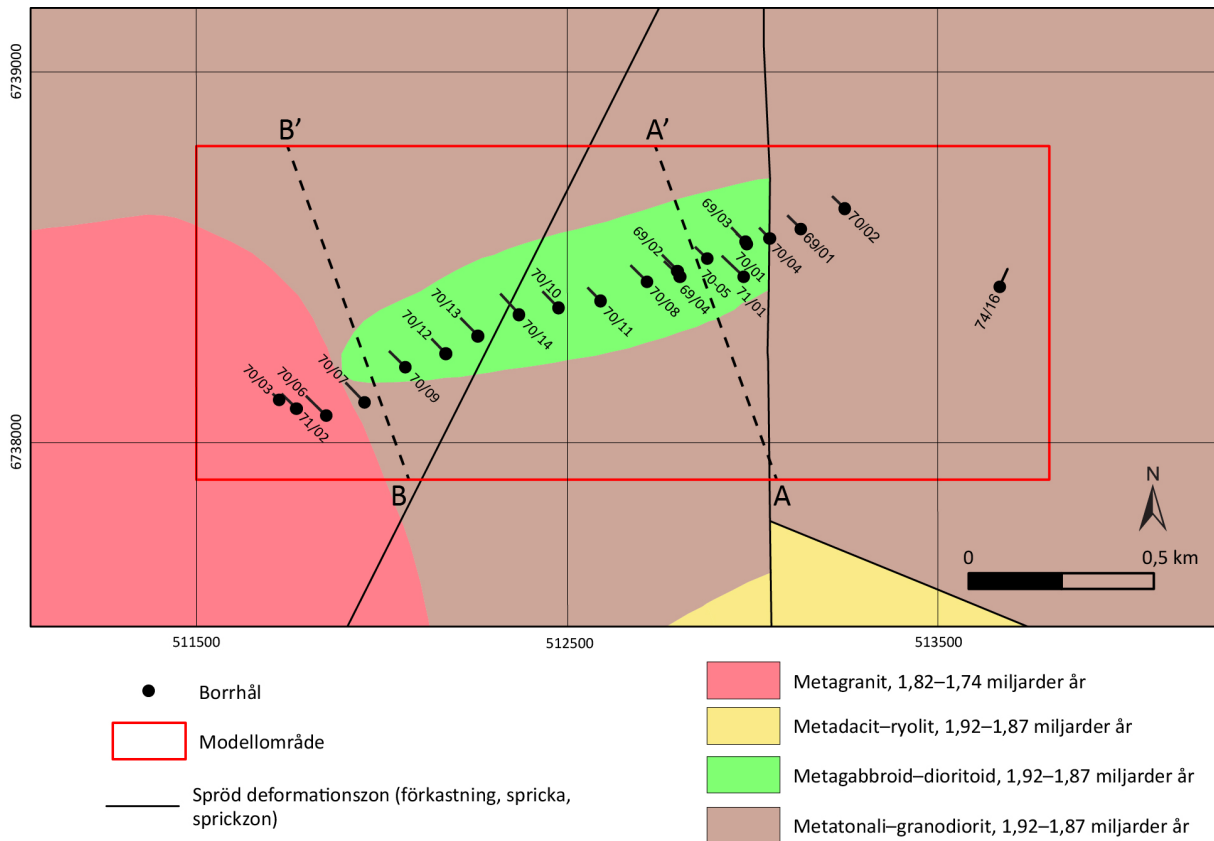
Kartor och databaser

- Befintlig berggrundskarta över området (Kresten & Aaro 1987).
- Befintliga borrhålsprotokoll från tidigare prospekteringsinsatser utförda av Stora Kopparberg AB (Carlsson & Jardsell 1969a, b, c; 1970a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o; 1971a, b; Jardsell 1975). Dessa kan laddas ned från SGUs *kartvisaren borrhålsdata*.
- Gruvkartor från Rudolfs- och Lövsjögruvan i nordöstra delen av gruvområdet (Forell 1943) hittas i SGUs söktjänst *GeoLagret*.
- Lineamenttolkning av flyggeofysiska data (Cecilia Brolin, SGU, personlig kommunikation, 2020-05-01).
- Markgeofysiska profilmätningar (VLF och magnetometri) gjorda inom projektet ”Bergslagen etapp 2 – Malmpotentiell” samt inversionsmodeller av dessa (Brolin m.fl. 2020, Cecilia Brolin, personlig kommunikation, 2020-05-01).
- Lantmäteriets höjddata GSD-Höjddata, grid 2+ (2019).

TERRÄNGLÄGE OCH GEOLOGISK ÖVERSIKT

Inom modellområdet finns fyra olika bergartsled: granitoida magmatiska bergarter, basiska intrusivbergarter, sura vulkaniska bergarter och skarn, i ordning efter minskande frekvens (Carlsson & Jardsell 1969a, b, c; 1970a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o; 1971a, b; Jardsell 1975). Dessa bildades för 1,91–1,87 miljarder år sedan och genomgick därefter deformation och metamorfos i samband med den svekokarelska orogenesisen (Stephens m.fl. 2009 och referenser däri). Preliminära resultat från fältsäsongen 2019 inom projektet ”Bergslagen etapp 2 – Malmpotentiell” beskrivs av Brolin m.fl. (2020). Beskrivning av bergarterna ur ett regionalt perspektiv kan läsas i Stephens och Jansson (2020).

Mineraliseringarna i Slättberg består av sulfidförekomster knutna till en 2–6 m bred basisk gång som intruderat en sprickzon i metagraniten. De består mestadels av magnetkis, men även magnetit, kopparkis och pyrit förekommer. Magnetkiset är nickelförande och kan ställvis klassificeras som pentlandit, andra nickelförande mineral är bravoit och millerit (Ripa m.fl. 2015). Varpmaterial från sydvästra delen av gruvområdet visar att massiv magnetkis, eller ställvis magnetit, utgör matrix i en breccia med delvis resorberade klaster av basisk bergart. Detta kan indikera att mineraliseringarna är yngre än denna, alternativt har omstöpts av senare deformation (Brolin m.fl. 2020).



Figur 1. Modellområdet vid Slättbergs gruvor, Leksands kommun. Geologiska ytor och strukturer från Kresten och Aaro (1987) och SGU (2020). Notera att ingående data är tänkta att användas i avsevärt större skala än 3D-modellens upplösning, varför den skiljer sig avsevärt mot den slutgiltiga 3D-modellen i fråga om både geologisk enhet och deformationszoner. Metagabbroidkroppen visas exempelvis i kartan som en bred gång, medan den från borrhålsdata tolkas som flera parallella och avsevärt tunnare gånger. Borrhålsdata har getts företräde vid modellering av geologiska enheter och deformationszoner, även vid markytan.

Modellområdet

Slättbergs gruvor är belägna i och omkring orten Slättberg, tidigare station längs numera nedlagda Falun–Rättvik–Mora järnväg, i nordöstra delen av Leksands kommun. Gruvområdet består av närmare 20 gruvhål av varierande storlek som ligger på en linje som sträcker sig cirka 1,5 km i ostnordostlig–västsydvästlig riktning (fig. 1). Modellområdet har viss topografisk relief med ungefär 70 m nivåskillnad mellan högsta och lägsta punkten vid markytan. Dess horisontalplan har en yta på 0,61 km². Modellens högsta punkt är 312 m ö.h. och dess lägsta 30 m under havet.

METODER

Arbetet har mestadels följt SGUs ”Översiktligt arbetsflöde vid explicit geologisk 3D-modellering” version 1.0.

Uppgifter om bergarter och mineraliseringar från borrhålsprotokoll, gruvkartor och geologiska kartor har sammanställts och matats in i modelleringsprogrammet Leapfrog Geo 5.0. Volymerna har sedan beräknats som ådror, det vill säga kontinuerliga kroppar som följer en angiven strukturriktning om inte borrhålsdata visar något annat. För att inte överdriva malmkroppens

storlek har den antagits kila ut där data saknas. Inversionsmodeller i 2D av VLF- och magnetometridata från markprofiler har använts för att ytterligare förfinas malmkroppens utbredning där borrhålsdata saknas (se avsnittet *Underlag*). Detta förfarande gäller för alla volymer av metagranitoiderna som modellerats som sidoberg och som alltså fyller ut det utrymme som inte upptas av någon annan volym. Deformationszoner har modellerats som plana ytor vars orientering fastställts genom en kombination av lineamenttolkning av flyggeofysiska data och inversionsmodellering av geofysiska markprofildata (se avsnittet *Underlag*).

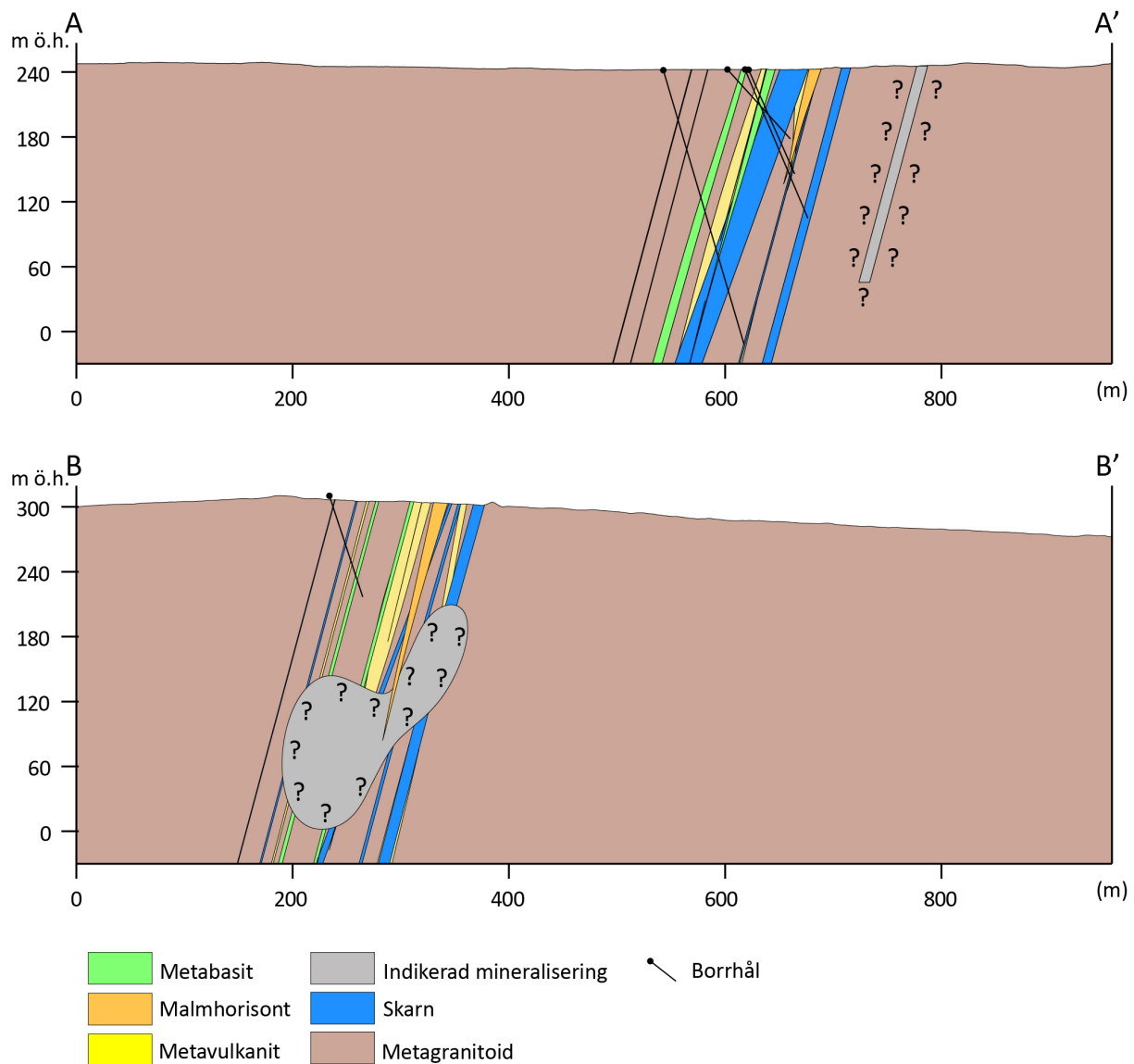
Geologiska antaganden

Följande antaganden har gjorts för extrapolering av volymer där data saknas:

- Samtliga volymer följer områdets generella strukturtrend (070/75, strykning/stupning), fastställd genom sammanvägning av Kresten och Aaro (1987) och tillgängliga borrhålsprotokoll, och fortsätter kontinuerligt med konstant mäktighet, om de inte skärs av deformationszoner eller att utkilning indikeras i borrhålsdata.
- Deformationszoners läge i markplanet har hämtats från lineamenttolkning av flyggeofysiska data (VLF och magnetometri). Deras utbredning i djupled har i ett fall tolkats från tvådimensionella inversionsmodeller av profildata från geofysiska markmätningar, i det andra antagits vara vertikal eftersom data saknas.
- Jordtäckets är mestadels tunt och överstiger enligt tillgängliga borrhålsprotokoll inte 15 m, detta har under modelleringen ignorerats och underliggande bergart antagits vara i dagen.
- Geofysiska mätningar (magnetometri) indikerar möjlig förekomst av en ytterligare malmkropp nordost om den som påträffats i borrhål (A–A' i fig. 2). I 3D-modellen representeras denna av en kropp med antagen magnetisk susceptibilitet på 0,01 SI-enheter vars volym uppfyller den uppmätta magnetanomalin. Dess strykning och stupning antas vara samma som omgivande bergarters.
- I gruvfältets västra del indikerar VLF-mätningar att malmkroppen djupledes kan ha större utbredning än vad som är känt från borrhål. Lågresistiva områden från tvådimensionell inversionsmodellering av VLF-data har i 3D-modellen modellerats som indikerad mineralisering (B–B' i fig. 2).

MODELLENS BEGRÄNSNINGAR OCH OSÄKERHET

- Malmkroppens utbredning har modellerats efter data från borrhålsprotokoll och gruvkartor, med vissa justeringar utifrån geofysiska data. För att inte överdriva malmkroppens utbredning kilar den ut där data saknas, framför allt mot djupet. Det är alltså möjligt att malmkroppen i verkligheten fortsätter på djupet, något som också möjligen indikeras av de geofysiska inversionsmodellerna.
- De indikerade mineraliseringarnas utbredning är mycket osäker eftersom dessa modellerats endast baserat på tolkning av geofysiska data.
- Nästan alla borrhål är belägna längs gruvfältets nästan helt linjära västsydvästliga–ostnordostliga utbredning, vilket innebär att borrhålsdata helt saknas i områdets nordvästra och sydöstra delar. I dessa områden är i stället bergarternas modellerade utbredning ett resultat av extrapolering.



Figur 2. Genomsnitt av modellen från sydost till nordväst, belägen ungefär i mitten av modellområdet i figur 1. Koordinater för start och slut är angivna i SWEREF99TM. Höjdskalet anges i meter över havet. Borrhål inom 100 m (A–A'), respektive 50 m (B–B'), från profilerna har projicerats på genomsnittningsplanet.

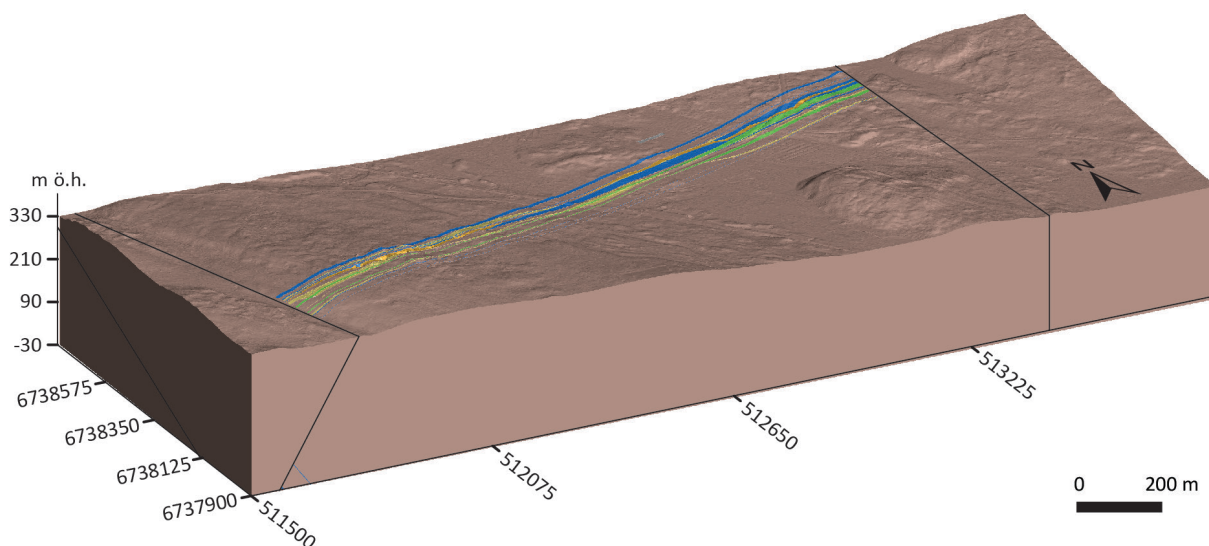
RESULTAT

Modellerade ytor, lager och volymer

Modellens bergartsindelning (se ”Bergart” i tabell 1) följer med vissa förenklingar SGUs berggrundskarta över området (Kresten & Aaro 1987, SGU 2020). Ingen hänsyn har tagits till variationer inom respektive huvudtyp av bergart, utan alla vulkaniska bergarter har modellerats som bergarten metavulkanit, alla tidigsvekokarelska intrusivbergarter som bergarten metagranitoid, och så vidare. Den färdiga modellen presenteras i figur 3.

Tabell 1. Modellerade volymer enligt en generaliserad bergartindelning.

Bergart	Kod enligt SGUs ramverk	Beskrivning	Kommentar
Metagranitoid	204 granodiorit–granit 205 tonalit–granodiorit	Bergarter av intrusivt ursprung med granitoid sammansättning. Deformerade och metamorft omvandlade.	Har modellerats som sidobergart, dvs. fyller ut den volym av modellen som inte upptas av någon av de andra bergarterna.
Metabasalt	209 gabbroid–dioritoid	Metamorfa bergarter av intrusivt ursprung med basisk sammansättning.	Har modellerats från borrhålsprotokoll.
Metavulkanit	101 vulkanisk bergart	Sura vulkaniska bergarter som genomgått deformation och metamorfos.	Har modellerats från borrhålsprotokoll.
Skarn	316 kalksilikatbergart	Bergart rik på kalksilikatmineral, troligen bildad genom omvandling av karbonathorisonter.	Har modellerats från borrhålsprotokoll.
Malm	503 sulfidmineralisering	Malmhorisont rik på framför allt sulfidmineral men ställvis även magnetit.	Har modellerats från borrhålsprotokoll och justerats efter geofysiska data.
Indikerad mineralisering	Inte tillämpligt	Potentiell malmhorisont.	Har modellerats enbart utifrån geofysiska profilmätningar (magnetometri och VLF).



Figur 3. Berggrundsgeologisk 3D-modell över området kring Slättbergs gruvor. Höjd angiven som meter över havet, koordinater enligt SWEREF99TM.

REFERENSER

- Brolin, C., Lewerentz, A. & Ripa, M, 2020: Bergslagen, etapp 2: Berggrundskartering i området Grycksbo-Insjön. *SGU-rapport 2020:08*. Sveriges geologiska undersökning, 16 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1969a: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1969, hål 2/69*. Stora Kopparberg AB, 3 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1969b: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1969, hål 3/69*. Stora Kopparberg AB, 3 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1969c: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1969, hål 4/69*. Stora Kopparberg AB, 3 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970a: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 1/69*. Stora Kopparberg AB, 2 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970b: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 1/70*. Stora Kopparberg AB, 4 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970c: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 2/70*. Stora Kopparberg AB, 2 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970d: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 3/70*. Stora Kopparberg AB, 3 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970e: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 4/70*. Stora Kopparberg AB, 3 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970f: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 5/70*. Stora Kopparberg AB, 4 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970g: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 6/70*. Stora Kopparberg AB, 3 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970h: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 7/70*. Stora Kopparberg AB, 5 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970i: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 8/70*. Stora Kopparberg AB, 4 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970j: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 9/70*. Stora Kopparberg AB, 2 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970k: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 10/70*. Stora Kopparberg AB, 3 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970l: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 11/70*. Stora Kopparberg AB, 5 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970m: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 12/70*. Stora Kopparberg AB, 2 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970n: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 13/70*. Stora Kopparberg AB, 3 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1970o: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 14/70*. Stora Kopparberg AB, 3 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1971a: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 1/71*. Stora Kopparberg AB, 4 s.
- Carlsson, E. & Jardsell, Å., 1971b: *Protokoll över diamanthörning vid Slättberg år 1970, hål 2/71*. Stora Kopparberg AB, 2 s.

- Claeson, D. (red), Bakker, E., Bergman, T., Hallberg, A., Hedin, P., Jönberger, J., Ladenberger, A., Lewerentz, A., Morris, G., Reginiussen, H., Ripa, M. & Wedmark, M., 2020: Rapportering av regeringsuppdrag: Innovationskritiska metaller och mineral i Bergslagen. RR 2020:02. Sveriges geologiska undersökning, 77 s.
- Europeiska kommissionen, 2020: Critical raw materials, Europeiska kommissionen. <ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en> åtkommen den 11 november 2020.
- Forell, G., 1943: Karta över Rudolfs- och Löfsjögruvorna inom Slättbergs gruvfält i Leksands socken av Kopparbergs län, *Grvfkarta 578*. Sveriges geologiska undersökning, 12 s.
- Jardsell, Å., 1975: *Protokoll över diamanthörsning vid Slättberg år 1974, hål 16/74*. Stora Kopparberg AB, 2 s.
- Kresten, P. & Aaro, S., 1987: Berggrundskartan 13F Falun NV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 15*. Ripa, M. (red.), Sundberg, A., Wik, N.-G., Bergman, T., Claeson, D., Hallberg, A., Hellström, F., Kübler, L. & Nysten, P., 2015: Malmer, industriella mineral och bergarter i Dalarnas län. *Rapporter och Meddelanden 139 Del 1*. Sveriges geologiska undersökning, 312 s.
- SGU, 2020: Berggrund 1:50 000–1:250 000 – databas. Falun NV. 2020-10-01.
- Sienna Resources, 2020: Slättberg Platinum-Palladium-Nickel Project, Sienna Resources. <www.siennaresources.com/projects/slattberg/> åtkommen den 5 oktober 2020.
- Stephens, M.B. & Jansson, N.F., 2020: Chapter 6, Paleoproterozoic (1.9–1.8 Ga) syn-orogenic magmatism, sedimentation and mineralization in the Bergslagen lithotectonic unit, Svecokarelian orogen. I Stephens, M.B. & Bergman Weihed, J. (red.): Sweden: lithotectonic framework, tectonic evolution and mineral resources. *Geological Society of London Memoirs 50*, 105–206.
- Tegengren, F.R., 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. *Sveriges geologiska undersökning Ca 17*, 444 s.