

Bergslagen, etapp 2

Berggrundskartering och geofysiska undersökningar i området Grycksbo-Insjön

Magnus Ripa, Cecilia Brolin & Alexander Lewerentz

augusti 2022

SGU-rapport 2022:09



Omslagsbild: Metabasaltisk lava med brottstycken av sur metavulkanit (6728843/519200).
Metabasaltic lava with xenoliths of felsic metavolcanic rock.
Fotograf: Alexander Lewerentz

Författare: Magnus Ripa, Cecilia Brolin och Alexander Lewerentz

Granskad av: Erik Jonsson

Ansvarig enhetschef: Ildikó Antal Lundin

Redaktör: Lina Rönnåsen

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Sammanfattning/Abstract.....	4
Inledning.....	4
Tidigare arbeten.....	6
Fältarbeten.....	6
Berggrunden.....	7
Huvudsakliga ändringar av tidigare kartbild.....	7
Sammanfattning av observationer.....	7
Metavulkaniter.....	7
Metasedimentära bergarter.....	9
Äldre intrusivbergarter.....	10
Yngre granit och granitpegmatit.....	12
Diabas.....	12
Varp.....	12
Strukturer.....	13
Metamorfos och omvandlingar.....	14
Petrografi.....	17
Geofysik.....	18
Tolkning av det jordmagnetiska fältet från flygmätningar.....	19
Konnektionstolkning.....	19
Lineamentstolkning.....	20
Tolkning av VLF-data från flygmätningar.....	20
Tyngdkraft.....	21
Gammaspektrometri.....	22
Petrofysik.....	23
Geofysiska markmätningar.....	25
Område 1 – Slättbergs gruvor och 3D-modell.....	25
Område 2 – Markmätningar över lagerföljd.....	27
Område 3 – Vallarvsberget.....	31
Område 4 – Högmagnetiskt område.....	32
Område 5 – Storskalig deformationszon.....	33
Område 6 – Väster om Rexbo.....	34
Litogeokemi.....	34
Åldersbestämning.....	39
Referenser.....	40
Bilaga 1. Bergartskemisk analys (utom REE).....	42
Bilaga 2. Halter av sällsynta jordartsmetaller.....	48

SAMMANFATTNING

Sveriges geologiska undersökning har under åren 2019–2021 utfört geologiska och geofysiska undersökningar i syfte att förbättra den berggrundsgeologiska kartbilden över ett område nordväst om Falun i Dalarnas län. Den reviderade kartbilden presenteras här tillsammans med sammanställningar av underliggande fältobservationer, petrografiska observationer, litogeokemiska och geofysiska data samt sammanvägda tolkningar av de olika datamängderna. Därutöver presenteras även resultaten från två bestämningar av metamorfa tryck- och temperaturförhållanden samt en radiometrisk åldersbestämning. Den uppdaterade kartbilden och alla insamlade data finns tillgängliga via SGU:s olika karttjänster och geodataprodukter.

ABSTRACT

During the years of 2019–2021, the Geological Survey of Sweden has conducted geological and geophysical investigations in an area northwest of Falun, Dalarna County, with the aim to improve the bedrock map of the area. The revised map, the collected field observations, petrographic observations, lithogeochemical and geophysical data, as well as integrated interpretations, are presented in this report. Moreover, two estimates of metamorphic pressure and temperature conditions are presented, as well as the result from one radiometric age determination. The revised map along with all collected data are available through the map and geodata services of the SGU.

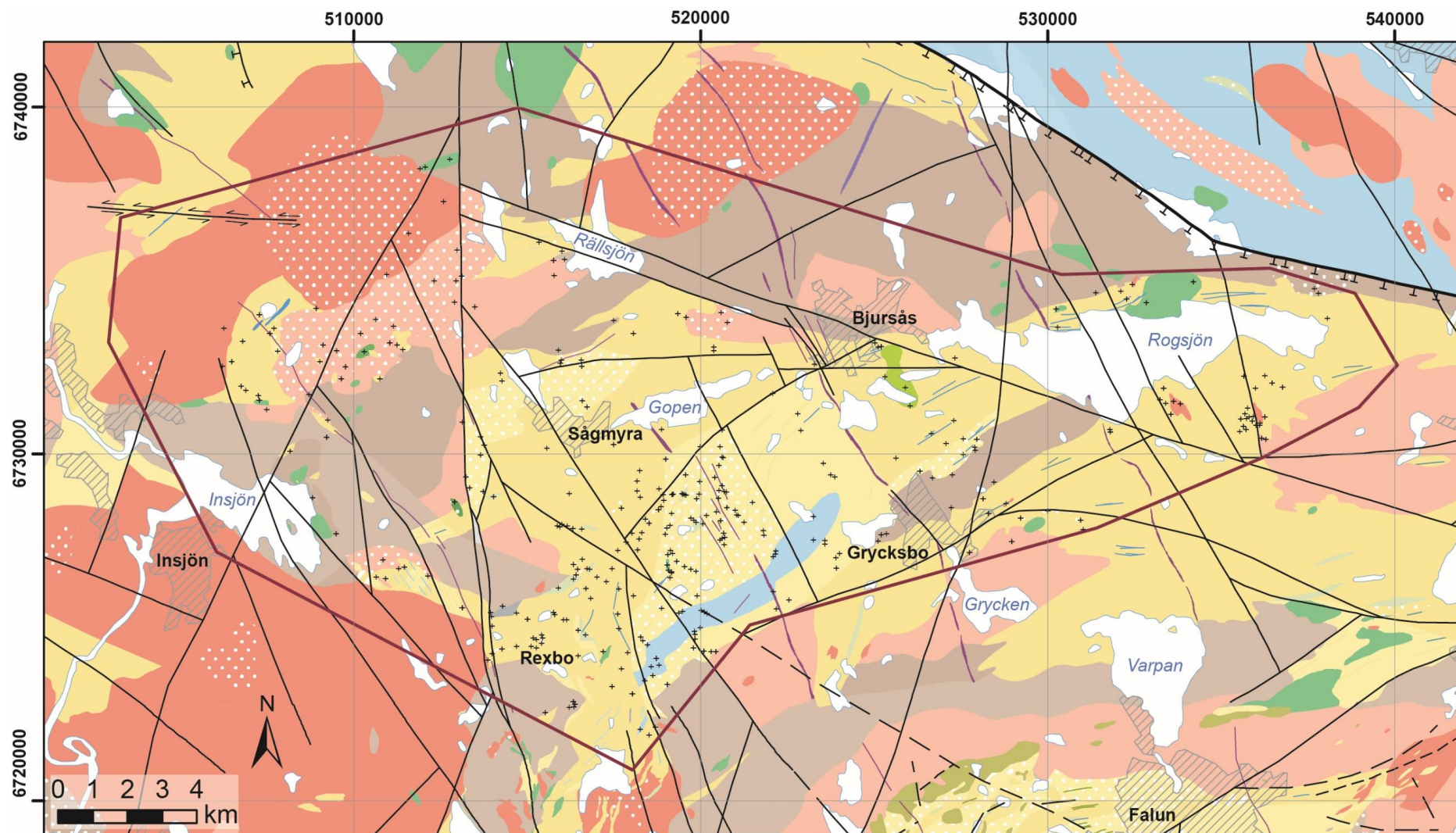
INLEDNING

Denna rapport beskriver berggrundsgeologiska och geofysiska undersökningar som utförts i Grycksbo-Insjönområdet under 2019, 2020 och 2021 (fig. 1). Projektet är en del av det övergripande SGU-projektet *Bergslagen, etapp 2, malmpotentiell* som inleddes 2018. Projektområdet ligger i Dalarnas län och omfattar delar av Leksands och Falu kommuner.

Anledningen till att undersökningarna förlagts hit är att befintligt berggrundsgeologiskt underlag bedömts vara bristfälligt i delar av området. Undersökningen har bedrivits yttäckande på de metavulkaniska och metasedimentära bergarterna (fig. 1); fokus har legat på lagerföljd, strukturell uppbyggnad och utveckling. Dock har även kontakter mot och karaktären hos omgivande bergarter i viss mån beaktats och dokumenterats.

► **Figur 1.** Reviderad berggrundsgeologisk kartbild, förenklad från SGU:s kartdatabas. Projektområdet Grycksbo-Insjön inom lila ram. Observationer av berggrunden gjorda i detta projekt markeras med plustecken. Vit prick på bottenfärg avser porfyrisk textur. Sjöar och tätorter, vita respektive streckade ytor, enligt Lantmäteriet. Rutnät och koordinater enligt SWEREF 99 TM.

Simplified bedrock map from the SGU database. The project area is within the purple polygon. Observations in this project are marked with black crosses. White spot denotes porphyritic texture. Geographical information according to the Swedish Mapping, Cadastral and Land Registration Authority. Coordinates according to the national grid SWEREF 99 TM.



Strukturer

- Regional spröd deformationszon med stupningsriktning
- Spröd deformationszon, sinistral
- Spröd deformationszon
- Spröd till plastisk deformationszon

Geologisk enhet, linjer

- Kalksten 1,92-1,87 Ga
- Kalksilikatbergart, 1,92-1,87 Ga
- Amfibolit, 1,87-1,66 Ga
- Diabas, 1,60-1,47 Ga
- Diabas, 1,00-0,91 Ga

Geologisk enhet, ytor

- Ryolit, 1,92-1,87 Ga
- Dacit-ryolit, 1,92-1,87 Ga
- Basalt-andesit, 1,92-1,87 Ga
- Hydrotermalomvandlad bergart, 1,92-1,87 Ga

- Vacka, arenit, skiffer, 1,92-1,87 Ga
- Kalksten, 1,92-1,87 Ga

- Granit, 1,92-1,87 Ga
- Granodiorit-granit, 1,92-1,87 Ga
- Tonalit-granodiorit, 1,92-1,87 Ga

- Gabbroid-dioritoid, 1,92-1,87 Ga
- Gabbroid-dioritoid, 1,87-1,84 Ga
- Gabbroid-dioritoid, 1,84-1,77 Ga

- Granit, 1,82-1,74 Ga
- Tonalit-granodiorit, 1,82-1,74 Ga

- Diabas, 1,28-1,20 Ga
- Diabas, 1,00-0,91 Ga
- Mylonit, okänd ålder

Observationer

- Berggrundsobservationer 2019-2021

Tidigare arbeten

De mest moderna och detaljerade berggrundsgeologiska kartorna i området är de av Kresten & Aaro (1987a, b, c). Delar av området undersöktes även i samband med ett bergkvalitetsprojekt (Döse & Kübler 2011). Berggrunden i det strax söder om här liggande Falunområdet beskrevs av Ripa m.fl. (2018). En karta och beskrivning över berggrunden i dåvarande Kopparbergs län gjordes av Hjelmqvist (1966). En regional geologisk beskrivning av hela Bergslagenområdet utfördes av Stephens m.fl. (2009). En inventering av områdets mineralfyndigheter gjordes av Ripa m.fl. (2015). En del prospekteringsrapporter rörande vissa delar av området finns också, se <https://apps.sgu.se/geolagret/>.

Flyggeofysiska mätningar över projektområdet har utförts av SGU och LKAB i olika kampanjer mellan 1976 och 1983. Under 2019 gjordes nya flyggeofysiska mätningar av SGU som täcker hela projektområdet. Förutom SGU:s och LKAB:s flygmätningar finns det geofysiska mätningar utförda av Sveriges Geologiska AB (SGAB) och geofysiska data som kommit SGU tillhanda från prospekteringsbolag efter utlupen sekretess.

Preliminära resultat från fältsäsongerna 2019 och 2020 av detta projekt har rapporterats av Brolin m.fl. (2020) respektive Lewerentz m.fl. (2021a). En tredimensionell (3D) modell över Slättbergsgruvor gjordes av Lewerentz (2021).

Fältarbeten

Fältarbetena omfattade totalt cirka 15 veckors geologisk kartering och fyra veckors geofysiska mätningar. Karteringen utfördes av Alexander Lewerentz och Magnus Ripa, de geofysiska mätningarna av Cecilia Brolin. Provtagningen för litogeokemi, tunnslipstillverkning, åldersbestämning och petrofysiska mätningar utfördes av Alexander Lewerentz och Cecilia Brolin.

De geologiska förhållandena har dokumenterats vid totalt 274 observationspunkter (fig. 1) och geofysiska observationer har utförts vid 50 lokaler. Totalt har 70 nya petrofysiska prover samlats in och gammastrålningsmätningar har utförts på 49 lokaler. Informationen finns lagrad i SGU:s databaser och är tillgänglig för uttag genom beställning av SGU:s olika geologiska och geofysiska dataprodukter. SGU:s kartdatabas har uppdaterats baserat på den nyinsamlade informationen och den reviderade kartbilden ligger till grund för figur 1 och finns tillgänglig via SGU:s kartprodukter och kartvisare.

BERGGRUNDEN

Berggrunden i området består av den för Bergslagen normala (se t ex Stephens m.fl. 2009, Stephens & Jansson 2020), det vill säga att den domineras av svekofenniska ytbergarter, lokalt med järn- och sulfidmineraliseringar, metabasitgångar, äldre och yngre plutoniska intrusivbergarter samt diabasgångar.

Huvudsakliga ändringar av tidigare kartbild

De största förändringarna gentemot tidigare analog kartbild (Kresten & Aaro 1987a, b, c) är att utbredningen av bergarter med ett sedimentärt ursprung är mindre och att en del av deras omkristalliserade vulkaniter nu tolkats vara subvulkaniska intrusioner. Vidare är förekomsten av metabasitgångar större än vad som framgår av de äldre kartorna. Den iögonfallande, nordsydligt strykande mylonitzonen strax väster om Rexbo (Kresten & Aaro 1987a) tolkas nu huvudsakligen som en brecciezon. När det gäller utbredningen av metasedimentära bergarter har den redan reducerats i SGU:s kartdatabas efter undersökningarna av Stephens m.fl. (2009) och Döse & Kübler (2011).

En del av det som Kresten & Aaro (1987a, b, c) betraktade som metasedimentära bergarter tolkas nu som hydrotermalt omvandlade vulkaniter. Det måste dock framhållas att den tolkningen inte är helt enkel i en del fall; möjligen finns lokalt även omvandlade sedimentära bergarter. Samtliga förekomster av metasedimentära bergarter strax öster och sydöst om sjön Insjön (Kresten & Aaro 1987a) har strukits då endast äldre intrusivbergarter med xenoliter av vulkanit kan hittas här. Någon observation av xenolit av glimmerskiffer i dessa intrusivbergarter gjordes dock i samband med undersökningen av Döse & Kübler (2011).

Berggrunden i ett område väster om Rällsjön tolkades av Kresten & Aaro (1987a) som bestående av omkristalliserade, förgrovade vulkaniter. Här finns lokalt litologier som verkligen är mycket finkorniga till finkorniga metavulkaniter, men majoriteten av dem har en annan karaktär: dels är de finkorniga, dels intruderar de lokalt andra bergarter och dels innehåller de xenoliter snarare än klaster. De tolkas därför som subvulkaniska intrusioner. De förekomster av mineraliseringar som finns i området torde ligga i antingen xenoliter av metavulkaniter eller i rester av metavulkaniter (s.k. *roof pendants*).

Sammanfattning av observationer

Metavulkaniter

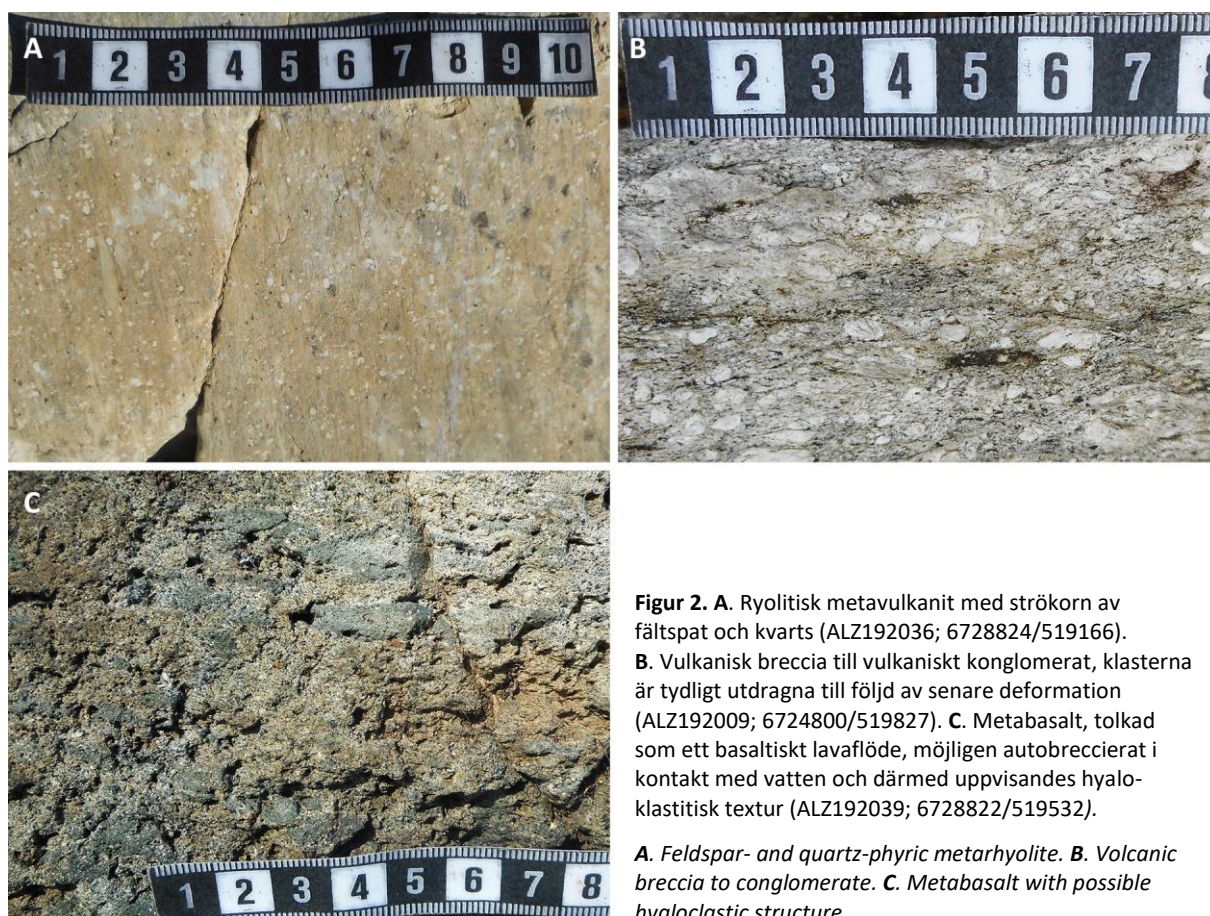
Områdets metavulkaniter varierar med avseende på sammansättning, textur och struktur. Vanligt förekommande är ryolitisk (till möjligen dacitisk), metavulkanisk silt- till sandsten, lokalt med enstaka strökorn, med varierande grad av tektonisk foliation och stänglighet. Mer strökorrika, övervägande ryolitiska metavulkaniter är också vanliga (fig. 2A). Ställvis förekommer bergarter tolkade som matrixstödda vulkaniska konglomerat, som utöver strökorn även innehåller litiska klaster (fig. 2B). Vid två lokaler har basaltiska metavulkaniter påträffats, vilka har ett utseende liknande hyaloklastit, en bergart som uppkommer genom autobrecciering av basisk lava som kommer i direktkontakt med vatten eller våta sediment (fig. 2C; jfr McPhie m.fl. 1993).

Metavulkanisk silt- till sandsten är grå, gråröd eller rödgrå och kornstorleken varierar skiktvis från silt till sand. Den är övervägande jämnkornig, men kan innehålla enstaka strökorn av kvarts och fältspat. Vulkanisk sandsten växlar på något ställe i sammansättning från ryolitisk till mer mafisk, antagligen skiktvis. Omvandling förekommer i form av amfiboler vid kontakt mot metabasitgångar samt brun glimmer, järnsulfider, magnetit och skarnmineral i anslutning till

områdets järn- och sulfidmineraliseringar. Skarnmineral är i detta sammanhang bland andra epidot, kvarts, färglös amfibol? och ett svart oxidliknande mineral. Strukturellt är bergarterna lagrade, folierade, veckade och lokalt även stängliga där lineationen är en vågighet i foliationen. Lagringen är ofta parallell med foliationen. Kvartsläta sprickor är vanliga och kvartsläkning av breccior förekommer lokalt.

Kvartsporfyrisk metavulkanit är grå, röd eller rödgrå och har en finkornig eller mycket finkornig grundmassa. Kvartsströkornen är oftast ganska glest förekommande och från <1 till 2 mm i storlek; lokalt definierar de en lineation i bergarten. Den kan ha enstaka, cm-stora, litiska klaster och graderar där mot vulkaniskt konglomerat. En bandning eller tydlig lagring, liksom lineation och foliation, är vanliga strukturer. Kvartsläta sprickor är vanliga och kvartsläkning av breccior förekommer lokalt.

Fältspat- och kvartsporfyrisk metavulkanit är röd, gråröd, rödgrå eller grå, grundmassan är finkornig. Mängden strökorn och proportionen mellan fältspat och kvarts i dessa varierar, både regionalt och i hållskala; allt från glest fältspatporfyrisk till rikligt fältspat- och något kvartsporfyrisk förekommer; på någon lokal dominerar dock kvarts- över fältspatströkorn. Fältspatströkornen varierar i form och storlek (vanligen 1–2 eller 2–5 mm), medan kvartsströkornen är 1–2 mm. Bergarten har ofta en tydlig tuffkaraktär och på många ställen cm- till dm-stora, litiska klaster av mer än ett slag och är där ett vulkaniskt konglomerat. Lokalt finns glimmerrikare aggregat, möjligen ursprungliga pimpstenar, vilka innehåller mm-stora, röda granater. Strukturer är lagring, lineation, både av mineral och aggregat, och foliation. Epidot förekommer som sprickfyllnader.



Figur 2. A. Ryolitisk metavulkanit med strökorn av fältspat och kvarts (ALZ192036; 6728824/519166). **B.** Vulkanisk breccia till vulkaniskt konglomerat, klasterna är tydligt utdragna till följd av senare deformation (ALZ192009; 6724800/519827). **C.** Metabasalt, tolkad som ett basaltiskt lavaflöde, möjligen autobreccierat i kontakt med vatten och därmed uppvisandes hyaloklastitisk textur (ALZ192039; 6728822/519532).

A. Feldspar- and quartz-phyric metarhyolite. **B.** Volcanic breccia to conglomerate. **C.** Metabasalt with possible hyaloclastic structure.

Metasedimentära bergarter

Områdets klastiska metasedimentära bergarter är kornstorleksmässigt väl sorterade och saknar helt primära strömkorn. Omväxlande lager av ursprunglig sandsten och silt- till lersten utgör troligtvis delar i en sedimentär gråvackesekvens. Bergarten är grå, underordnat grön, och silt till sand i grovlek. Ställvis finns strukturer som kan tolkas som korsskiktning eller annan flödesrelaterad struktur (fig. 3A). Centimetertunna, magnetitrika lager förekommer. De finare skikten är glimmer- och klorithaltiga samt på några ställen grovt (10–100 mm) cordieritporfyroblastiska (fig. 3B). De senare mineralen är pretektoniska och sinistralt vridna i relation till den dominerande foliationen. Alla litologier här, inklusive cordieritförande lager, är i sin tur fint (<1 mm) granatporfyroblastiska; lokalt är dock granaterna cm-stora (fig. 3C). På en del ställen finns stark kvartsådring till -brecciering, lokalt associerad med sulfider.

Det är inte överallt uppenbart om bergarten har ett sedimentärt eller vulkaniskt ursprung. På någon plats ser bergarten amfibolitisk ut och kan representera hydrotermalt omvandlad gråvacka (fig. 3D).

Utifrån denna kartering tolkas preliminärt de klastiska metasedimentära bergarternas utbredning vara avsevärt mindre än vad befintliga SGU-kartor visar (Kresten & Aaro 1987a, b, c).



Figur 3. A. Metasedimentär bergart med omväxlande, sorterade lager av lersten till sandsten, uppvisar möjligen kors-skiktning (ALZ192010; 6724894/519813). Foto: Alexander Lewerentz. B. Cordieritporfyroblastisk metasedimentär bergart (CMR200152; 6724495/518472). Foto: Magnus Ripa. C. Rikt granatporfyroblastisk metasedimentär bergart (ALZ192014; 6725489/520020). Foto: Alexander Lewerentz. D. Amfibolförande, möjligen hydrotermalt omvandlade, lager i metasedimentär bergart (CMR200205; 6724112/518728). Foto: Magnus Ripa.

A. Metasedimentary rock with alternating beds of clay- and sandstone, possibly showing cross-bedding. **B.** Cordierite-porphyroblastic metasedimentary rock. **C.** Metasedimentary rock with abundant garnet porphyroblasts. **D.** Amphibole-bearing, possibly hydrothermally altered beds in a metasedimentary rock.

Karbonatsten uppträder som lager i den vulkaniska sekvensen. Den är grå, vit, röd eller grön, det senare i skarnomvandlade varieteter, finkornig, jämnkornig och bandad eller lagrad. Lokalt är sammansättningen kalcitisk.

Äldre intrusivbergarter

Äldre metagraniter till metatonaliter och metabasitgångar av GDG-typ (se Stephens m.fl. 2009) förekommer inom området. Väster om Rällsjön är de förra lokalt tämligen vulkanitlika, och på kartan av Kresten & Aaro (1987a) är delar av dem tolkade som omkristalliserade och metamorft förgrovade vulkaniter. Dock finns i närheten även bergarter som utan tvekan är vulkaniter och som visar att de inte drabbats av så hög metamorfosgrad att de förgrovats. Tillsammans med bergarternas texturer, relativt grova grundmassa (finkornig) samt att de dels lokalt graderar mot uppenbar granit, dels ser ut att brecciera sitt sidoberg och dels innehåller enstaka xenoliter av vulkanit, gör det att en tolkning som subvulkaniska intrusioner eller randfacies till plutoniter är mer trolig.

Subvulkanisk metagranit är grå eller gråröd och finkornig. Den är porfyrisk med lokalt runda kvartsströkorn (1–2 och 2–5 mm), ställvis med antydning till korrosionsbukter, och enstaka fältspatströkorn (1–2 mm). Strukturellt dominerar en (brant) lineation. Sprickfyllnader av kvarts och laumontit förekommer.

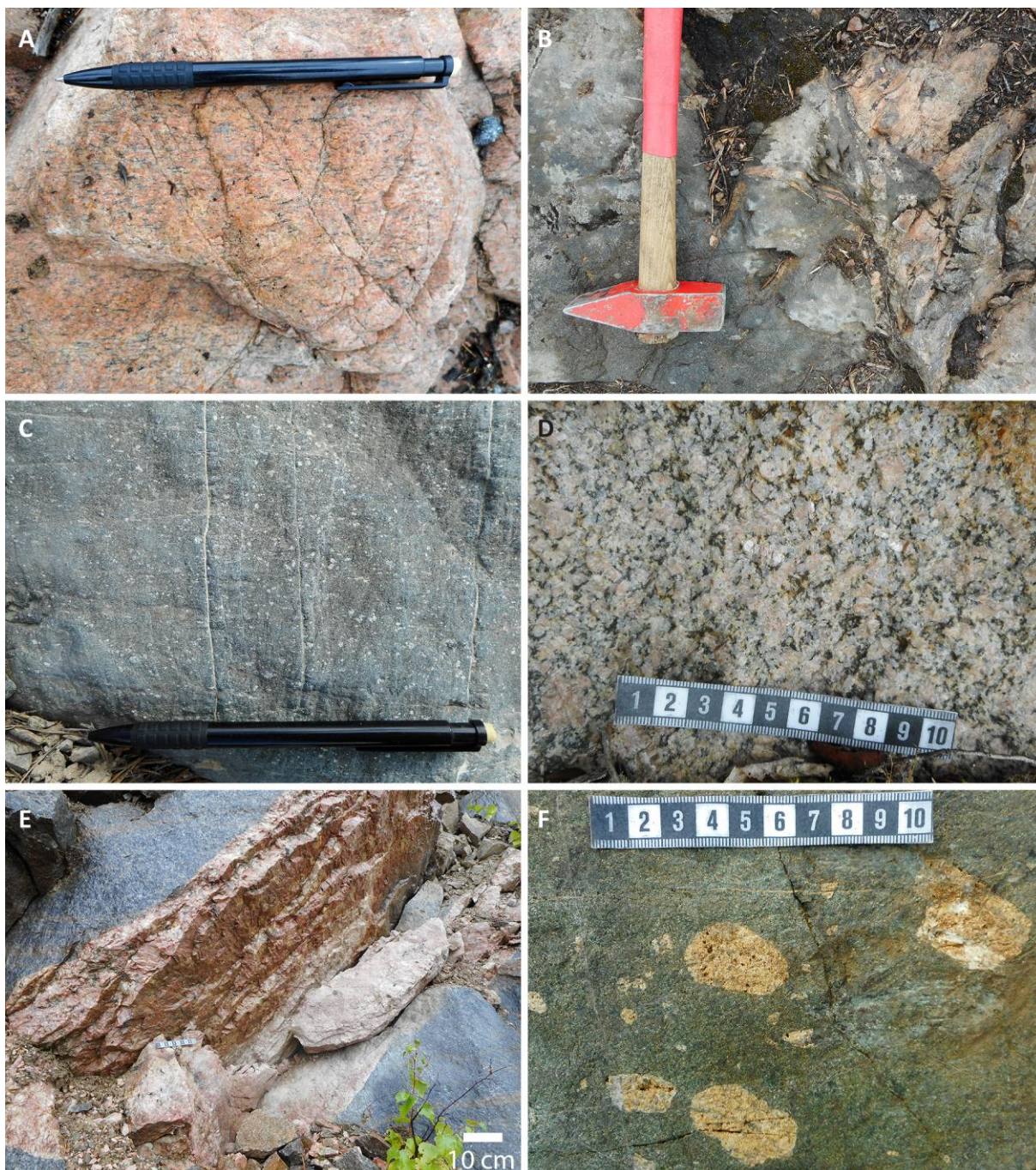
Metagranit är grå, rödgrå, gråröd eller röd (fig. 4A). Kornstorleken är finkornig, finkornig till fint medelkornig eller medelkornig och texturer som jämnkornig, ojämnkornig, porfyrisk och omkristalliserad har noterats. Finkornig och glest kvartsporfyrisk varietet är tämligen vulkanitlik. Enstaka cm-stora inneslutningar av okänt ursprung förekommer. Bergarten är mest stänglig, men även folierad lokalt. Kvarts- eller epidotläkta sprickor är vanliga. Lokalt ses bergarten intrudera i basiska led (fig. 4B).

Metagranodiorit är rödgrå, medelkornig, jämnkornig till ojämnkornig, hornbländeförande och brant stänglig.

Metatonalit finns längs vägen öster om Insjön. Den är fint medelkornig, enklavförande, porfyrisk med mafiskt mineral (5–10 mm), folierad och stänglig. Den övergår lokalt mot att vara metadioritisk. Längs fina väghällar här ser man att tonaliten genomslås av dels granitgångar, dels metabasit med kylkontakt och sannolik så kallad *back-veining* i form av granitådror samt att den innehåller xenoliter av metavulkanit.

Metabasit är grå och mycket finkornig till finkornig, finkornig eller fint medelkornig (fig. 4C). Texturen är omkristalliserad men primärt allt från jämnkornig via ojämnkornig till porfyrisk, med plagioklas (1–2 eller 2–5 mm), amfibol (<1 mm) och ett odefinierat mafiskt mineral (2–5 mm) som strökorn. Sammansättningen övergår lokalt till dioritisk eller kvartsdioritisk. Lokalt finns pyrit i bergarten. Strukturellt är metabasiten massformig, stänglig eller folierad. Den visar på många ställen kylkontakt mot omgivningen och det är där ingen tvekan om att den företrädesvis bildar gångar i ovan nämnda bergarter. Lokalt är den grövre centrala delen av en gång även porfyrisk med amfibol eller pyroxen. Sprickfyllnader av kvarts, epidot eller amfibol samt ådror av fältspat förekommer.

Metabasiterna förekommer inom metavulkaniterna som decimeter- till flera metermäktiga gångar till synes parallella med lagringen. Detta skulle kunna indikera att de är lagergångar men efter deformation är det dock fullt möjligt att det i stället rör sig om gångar som transponerats. Det faktum att både lagring och gångkontakter på de flesta ställen är parallella med den dominerande foliationen gör att den senare tolkningen är sannolik. Ställvis förekommer både finkorniga och fint medelkorniga varieteter inom samma håll, med skarp kontakt dem emellan, vilket kan tolkas som förekomst av flera generationer av gångar som intruderat i varandra. Basiten har lokalt även



Figur 4. A. Folierad metagranit (ALZ200061; 6727470/528958). **B.** Metagranit med intrusivkontakt mot metabasit (ALZ200061; 6727470/528958). **C.** Plagioklasporfyrisk metabasit (ALZ200063; 6728089/530941). **D.** Posttektonisk, små- till grovporfyrisk granit av GP-typ (se Stephens m.fl. 2009) med rektangulära fenokrister av K-fältspat (ALZ192001; 6738683/521520). **E.** Odeformerad granitpegmatitgång som skär foliationen i metagranodiorit (ALZ192055; 6722922/522584). **F.** Posttektonisk, porfyrisk diabas, utseendemässigt lik gångar av de så kallade Tunadiabaserna (ALZ192060). Foto: Alexander Lewerentz.

A. Foliated metagranite. **B.** Metagranite with intrusive contact towards metabasic rock. **C.** Plagioclase-phyric metabasic rock. **D.** Post-tectonic, K feldspar-phyric granite. **E.** Dyke of massive pegmatite cross-cutting foliated metagranodiorite. **F.** Post-tectonic, feldspar-phyric dolerite dyke.

inneslutningar av annan basisk bergart. I vissa områden ser metabasit ut att volymsmässigt dominera, och skulle där kunna vara del av en pluton, men den generellt fina kornstorleken gör det troligare att det är gångbergarter. Som nämnts ovan orsakade intrusionen av den basiska magman lokal uppsmältning av dess sidoberg, vilket gav upphov till så kallad *back-veining*.

Generellt har dessa bergarter långt större utbredning än vad som visats i tidigare kartor (jfr Kresten & Aaro 1987a, b, c).

Yngre granit och granitpegmatit

Området uppvisar också ett antal icke deformerade bergarter. **Granit** av GP-typ (se Stephens m.fl. 2009) är grårod eller rödgrå, fint medelkornig till medelkornig, jämnkornig eller små- till grovporfyrisk (<1 dm) med strökorn av kalifältspat (fig. 4D) och övervägande massformig. På något ställe finns dock en stänglighet och tillsammans med en lokalt delvis omkristalliserad textur kan detta tolkas som att vissa intrusioner bildats i nära anslutning till den svekokarelska orogenesisen. Kvarts förekommer som sprickfyllnad.

Granitpegmatitgångar, upp till några meter mäktiga, eller dito ådror har observerats slå genom områdets övriga bergarter utom diabaser (fig. 4E). Gångarna och ådrorna är massformiga och skär övriga bergarters foliation. De kan lokalt vara starkt antingen kvarts- eller fältspat-dominerade.

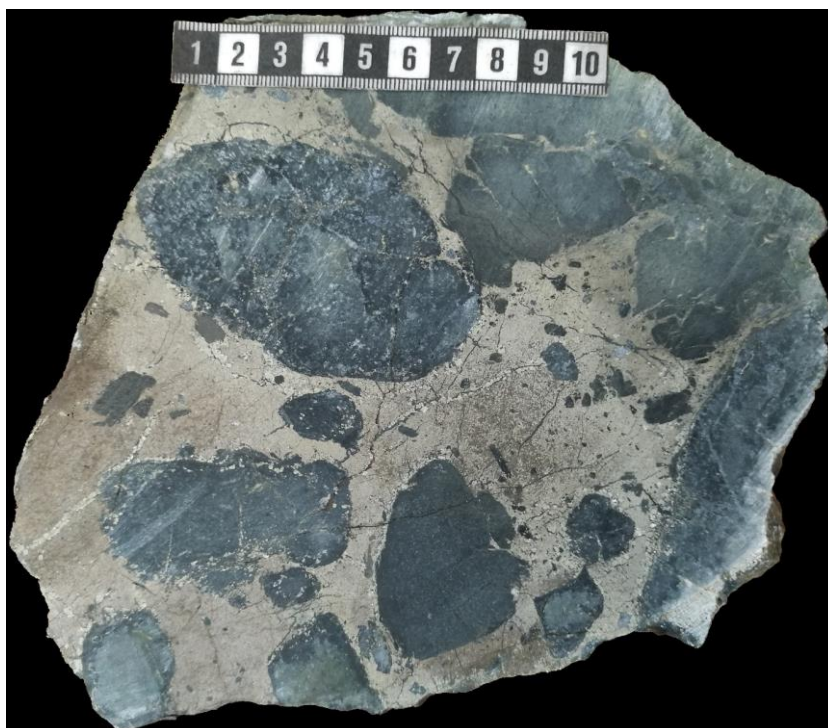
Diabas

Diabas är grå eller rödgrå och finkornig, finkornig till fint medelkornig eller medelkornig. Texturen är jämnkornig eller porfyrisk med fältspat och mafiskt mineral som strökorn (1–2 mm). Strukturen är massformig även om det på något ställe har observerats en brant lineation. Sammansättningen är övervägande gabbroid men lokalt är bergarten mer fältspatrik (dioritisk) och till och med tonalitisk.

Diabaserna uppträder som gångar som mestadels stryker nordnordvästligt och antas tillhöra de så kallade Blekinge-Daladiabaserna (BDD) bildade cirka 0,98–0,95 Ga (Söderlund m.fl. 2005). Vid ett par lokaler har dock grovt plagioklasporfyrisk diabaser påträffats (fig. 4F), vilka textuellt påminner mer om de så kallade Tunadiabaserna (Hjelmqvist & Lundqvist 1953).

Varp

Utöver rena karteringsinsatser har även varp provtagits från några av områdets nedlagda järn- och sulfidmalmsgruvor, nämligen Flobergsgruvorna, Oxbergsgruvan, Vallsarvsgruvorna och Slättbergs gruvor. Järnmineraliseringarna är generellt sett skarniga och amfibolrika med magnetit som huvudsaklig Fe-bärande fas. Sulfidmineraliseringarna förekommer mestadels i amfibol- och granatförande skarn inom vulkaniterna, med magnetkis, pyrit, kopparkis, zinkblände och blyglans som huvudsakliga sulfidmineral. Från detta skiljer sig Slättbergs gruvor: här återfinns mineraliseringen som matrix i en matrixstödd breccia med resorberade klaster av mafiskt material (fig. 5). Matrix består av massiv endera magnetkis eller magnetit och därtill mindre inslag av andra sulfidmineral; kopparkis verkar framförallt förekomma i anslutning till de mafiska klasternas resorptionskanter. Analysresultat av denna varp visar, förutom höga halter av Fe₂O₃, upp till över 80 %, halter på upp till cirka 1% Cu, 1% Ni, 0,1% Co och 0,1% V samt 0,2 respektive 0,5 ppm Pt och Pd.



Figur 5. Sågad yta av varpprov från Slättbergs gruvor (ALZ192051A; 6738230/511911). Värdbergarten är breccierad, klasterna av mafiskt material är ställvis uppspruckna och delvis resorberade längs kanterna. Matrix består uteslutande av finkorniga sulfidmineral, mestadels magnetkis men även pyrit och kopparkis förekommer. Foto: Alexander Lewerentz.

Cut dump sample from the Slättberg mines. The mafic host rock is brecciated, forming in part veined and resorbed clasts in a matrix of mainly pyrrhotite and minor pyrite and chalcopyrite.

Strukturer

Några utifrån geofysiska data tolkade strukturer i projektområdet framgår av figur 1. Deras karaktär har inte specificerats närmare, men de torde representera såväl spröda som sprödplastiska och plastiska deformationszoner. Av zonerna är främst den västnordvästligt strykande längs Rogsjöns sydvästra strandlinje av regional betydelse då den metamorfa graden generellt sett är högre norr om denna.

En sammanställning av i fält uppmätta foliationer visar att de i stort stryker i ostnordostlig riktning, utom i området norr och nordväst om Oxberg, där den är nordnordvästlig. Tolkningen är att den dominerande foliationen beskriver ett s-veck i semiregional skala; s-veck och tecken på sinistral skjuvning finns också i hållskala (fig. 6A och B).

Deformationen är olika mycket utpräglad inom området, men alla pre- till synorogena bergarter uppvisar någon form av penetrativ struktur. Ställvis förekommer två mot varandra skärande foliationsgenerationer (fig. 6C), dessa representerar antagligen S0/S1 respektive S2. Lokalt har småskaliga skjuvzoner observerats, där foliation och metabasitgångar böjer in mot och parallelliseras med deformationen (fig. 6D). Boudinage har observerats vid lokaler med bergarter av kontrasterande kompetens, t.ex. relativt kompetenta metabasitgångar i mindre kompetent metavulkanit. Som nämnts ovan, är foliation och lagring parallella på de flesta ställen. Även kontakten mot metabasitgångar är ofta parallell med dessa, vilket tyder på transponering.

Den nord-sydligt strykande, tämligen mäktiga mylonitzon som markerats av Kresten & Aaro (1987a) väster om Rexbo uppfattas nu företrädesvis som en sprödtekonisk zon dominerad av breccior; i huvudsak kvartsläkt breccia, men även klorit och ett oidentifierat mineral ingår i brecciorerna. Lokalt ser man att breccieringen skett i åtminstone tre faser. I de flesta fall är det svårt att tolka exakt vilken bergart som breccierats. I det här området finns dock även distinkta, plastiska skjuvzoner i decimeterskala.



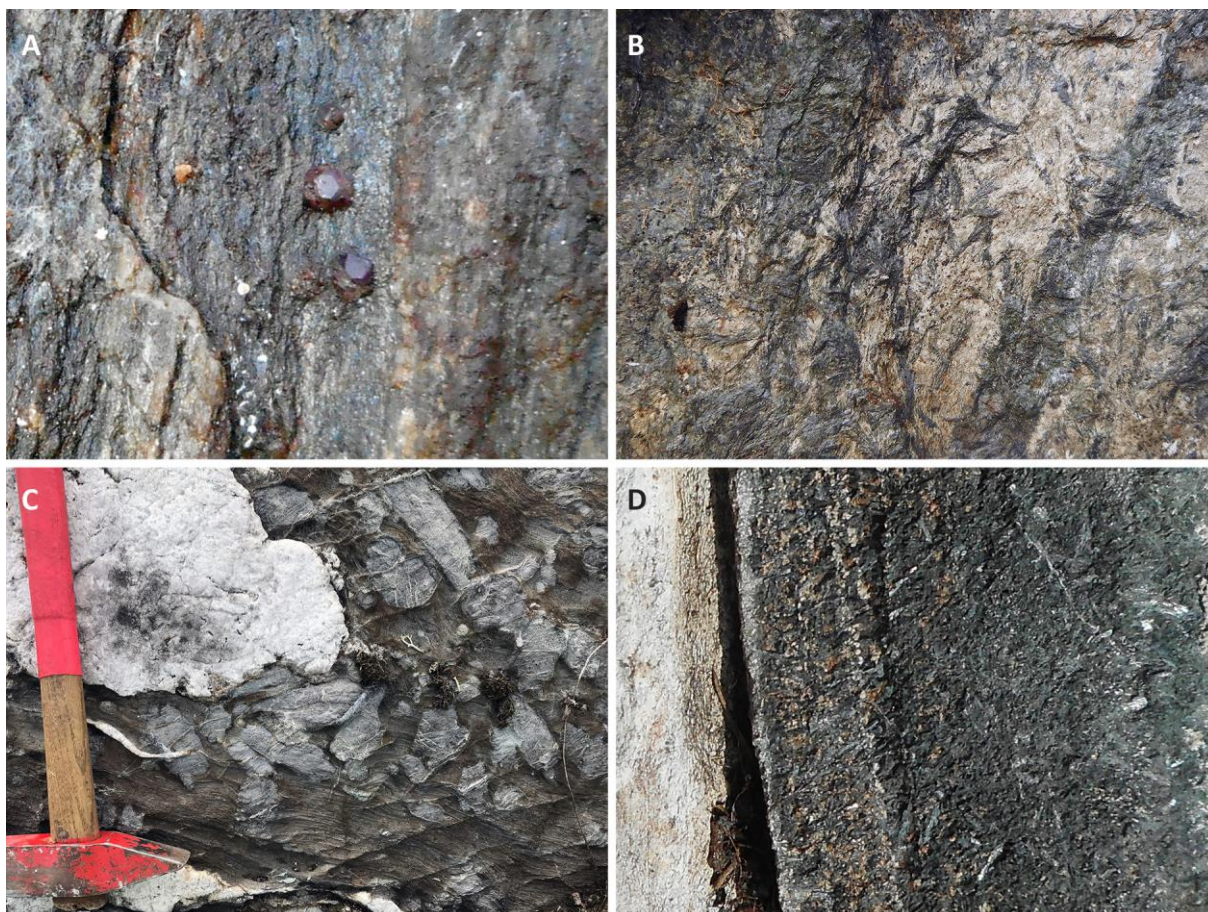
Figur 6. A. S-veck i foliation i metavulkanisk bergart, horisontell hälllyta (CMR190141; 6737524/504476). Foto: Magnus Ripa. B. Sinistralt roterade cordieritporfyroblaster i metasedimentär (?) bergart, horisontell hälllyta (CMR200152; 6724495/518472). Foto: Magnus Ripa. C. Hälllyta av metavulkanit som uppvisar två olika, mot varandra diskordanta, foliationer (ALZ192071; 6728230/521084). Foto: Alexander Lewerentz. D. Kvartsläkt, småskalig sinistral skjuvzon i metavulkanit (ALZ192060; 6728076/520573). Foto: Alexander Lewerentz.

A. S-fold in foliation in metavolcanic rock, horizontal surface. **B.** Sinistral rotation of a cordierite porphyroblast in meta-sedimentary (?) rock, horizontal surface. **C.** Metavolcanic rock showing two foliations. **D.** Quartz-healing in mesoscale, sinistral shear zone.

Metamorfos och omvandlingar

Metamorfa parageneser innehållandes porfyroblaster av granat (fig. 7A), amfibol (fig. 7B) och cordierit (fig. 7C) indikerar en metamorf grad i amfibolitfacies för området sydväst om Rogsjön (se även Stephens m.fl. 2009). Norr och öster om Rogsjön är den metamorfa graden högre med gnejsiga och partiellt uppsmälta samt lokalt svårtolkade granoblastiska bergarter.

I ett fall har en särskild metamorf omvandlingszon identifierats längs kanterna av en boudinerad basisk gångbergart (fig. 7D). Gångbergarten förekommer som upp till meterlånga och ett par decimeter breda linser i den omgivande metavulkaniten. Mellan linserna, och i något fall även i kontakten mellan metabasit och metavulkanit, förekommer ställvis upp till 1 dm breda sprickfyllnader av kvarts. Sammantaget tyder dessa observationer på infiltration av fluider i samband med boudineringen, vilka främjat en icke genomträngande, metasomatisk omkristallisation av metabasitlinsernas kanter (jfr Dokukina & Konilov 2011, Raith m.fl. 2016).



Figur 7. A. Porfyroblaster av granat i hydrotermalt omvandlad metavulkanit (ALZ192072; 6728599/521491). B. Kärvar av nålformade amfibolkristaller i metavulkanit (ALZ192047; 6730207/520552). C. Cordieritporfyroblastisk metasedimentär bergart (CMR200152A; 6724495/518472). D. Omvandlingszon där metamorf mafisk gångbergart är särskilt amfibolitiserad längs kontakten mot metavulkanit och granat förekommer endast inom 2–3 cm från densamma (ALZ192008; 6724664/519828). Foto: Alexander Lewerentz.

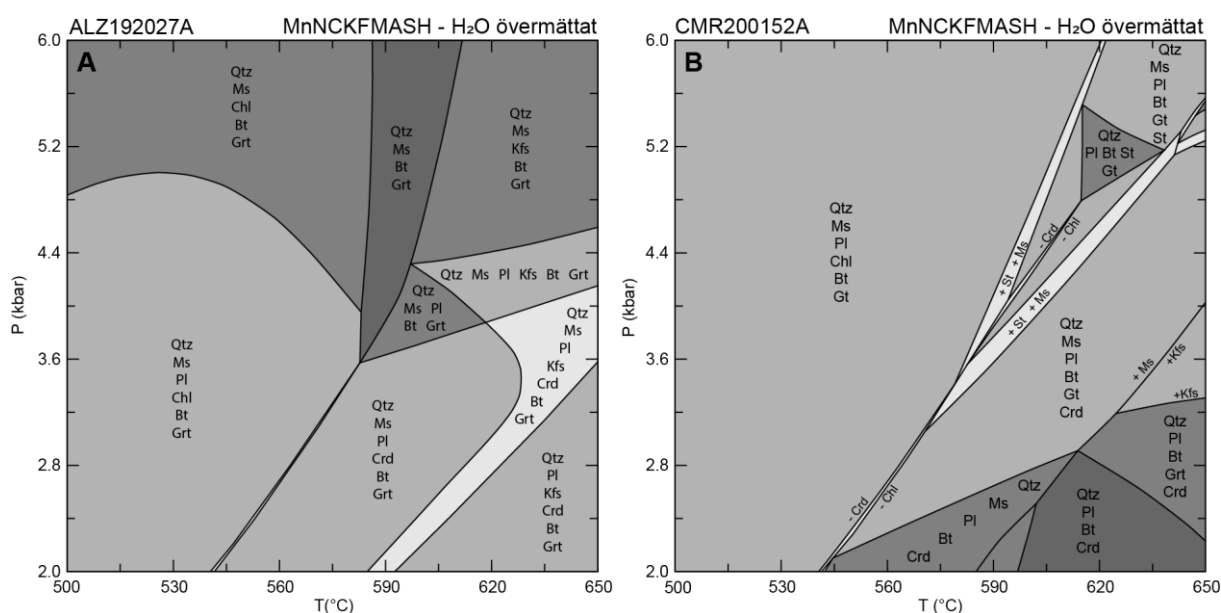
A. Porphyroblasts of garnet in hydrothermally altered metavolcanic rock. **B.** Bundles of acicular amphiboles in metavolcanic rock. **C.** Cordierite-porphyroblastic metasedimentary rock. **D.** Alteration zone in mafic dyke showing stronger amphibolitisation as well as garnet formation along and adjacent to the contact with the metavolcanic country rock.

Metamorfa tryck- och temperaturförhållanden kan uppskattas med så kallade *pseudosections*, det vill säga diagram som visar olika metamorfa paragenesers stabilitet vid olika tryck och temperaturer för en specifik bergartskemisk sammansättning. Dessa har konstruerats genom termodynamiska beräkningar i niokomponentssystemet MnNCKFMASH (MnO-Na₂O-CaO-K₂O-FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O) under antagande av ett system i kemisk jämvikt med en övermättad, unimodal vattenlösning. För detta användes mjukvaran Perple_X 6.8.8 (Connolly 2009) och det termodynamiska datasetet ds622 (Holland & Powell 2011), liksom aktivitets-sammansättningsmodeller för vit glimmer (White et al. 2014), biotit (Powell & Holland 1999), klorit (Holland et al. 1998), granat (White et al. 2014), ternär fältspat (Holland & Powell 2003), staurolit (Holland & Powell 1998) och cordierit (White et al. 2014).

Från projektområdet har två bergarter med för denna typ av tryck- och temperaturuppskattningar särskilt gynnsamma metamorfa parageneser valts ut: ALZ192027A som uppvisar paragenesen kvarts-muskovit-biotit-granat (fig. 8A) och CMR200152A med kvarts-biotit-granat-cordierit-fältspat (fig. 8B). Båda dessa prover har insamlats från området sydväst om Rogsjön och bör utifrån fältobservationer och petrografi uppvisa likvärdig metamorf grad. Paragenesen i

ALZ192027A är stabil vid temperaturer om ca 580–610 °C och tryck >3,6 kbar. För prov CMR200152A är den metamorfa paragenesen stabil vid temperatur >610 °C och tryck om ca 2,4–4 kbar, tryckintervallet ökar förvisso mot högre temperaturer men en temperatur över 650 °C anses osannolik då delsmältning ej observerats i området (jfr Chen & Grapes 2007). Dessa uppskattningar kan preciseras ytterligare genom modellering av paragenesernas ingående specifika mineralsammansättningar, vilka dock inte har analyserats under detta arbete.

Stabiliteten för de två parageneserna överlappar i tryck men inte i temperatur, vid 3,6–4,0 kbar är den uppskattade minimumtemperaturen för CMR200152A 45–55 °C högre än maximumtemperaturen för ALZ192027A. Under antagande att den metamorfa graden faktiskt är högre vid CMR200152A kan diskrepansen möjligen förklaras av att de provtagna lokalerna är belägna 3 km från varandra, vilket ger en högst rimlig geotermisk gradient om >17 °C/km, med innebörden att den metamorfa graden ökar från norr till söder. Ytterligare detaljerat arbete krävs dock för att kunna bekräfta eller avfärda denna spekulering. En annan förklaring kan vara att något av de ingående antagandena, det vill säga ett system i jämvikt, att litogeokemiprovet är representativt för mineralogin i tunnslipet, inte till fullo uppfylls vilket i så fall påverkar resultaten av modelleringen. Sammantaget ger de två modelleringarna likväl en översiktlig uppskattning av regionala metamorfa tryck- och temperaturförhållanden till ca 600 °C och ca 3,6–4,0 kbar.



Figur 8. Diagrammen visar olika metamorfa paragenesers stabilitet för de specifika kemiska sammansättningarna (A) hydrotermalomvandlad vulkanit (ALZ192027A) och (B) metasedimentär bergart (CMR200152A). De två parageneserna, kvarts-muskovit-biotit-granat och kvarts-biotit-granat-cordierit-fältspat, är stabila vid ca 580–610 °C och >3,6 kbar respektive >610 °C och 2,5–4 kbar. Mineralförkortningar enligt Warr (2021).

Metamorphic stability conditions for a metavolcanic (A) and a metasedimentary (B) rock. Mineral abbreviations according to Warr (2021).

Petrografi

Ett antal tunnslip gjorda på prov av områdets bergarter har undersökts med petrografisk mikroskopi.

Fältspat- och kvartsporfyrisk metavulkanit ($n = 4$) visar en grundmassa på 0,03–0,5 mm och strökor av kvarts och kalifältspat som är 0,5–4 mm. Övriga mineral är biotit, epidot, opakmineral och muskovit samt granat och magnetit som porfyroblaster. Klorit förekommer som retrograd nedbrytningsprodukt. Accessoriska mineral inkluderar apatit, turmalin, zirkon. Kvartsen är undulös och uppvisar subkornsbildning, fältspaten är sericit- eller saussuritiserad. Glimmern uppträder delvis i aggregat som kan vara ursprungliga pimpstenar.

Jämnkornig sur metavulkanit ($n = 2$) visar en grundmassa med kornstorlek om 0,01–0,1 mm och tolkas som vulkanisk siltsten till sandsten. Mineralogiskt dominerar kvarts, men även fältspat och opakmineral förekommer underordnat. Porfyroblaster av biotit, upp till 0,6 mm stora, är ställvis retrograderade till klorit.

Intermediär metavulkanit ($n = 2$) visar en grundmassa med en kornstorlek om 0,005–0,05 mm bestående av företrädesvis plagioklas och strökor av hornblände, ställvis även klinopyroxen och epidot, mellan 0,1 och 3 mm stora. Epidoten är ställvis kloritiserad.

Basisk metavulkanit ($n = 2$) visar en grundmassa med en kornstorlek om 0,01–0,05 mm som består av plagioklas och hornblände samt 0,1–1 mm stora strökor av hornblände. Interstitiell kalcit förekommer ställvis. Underordnad biotit tolkas som ett metamorft omvandlingsmineral. Inneslutningar av en kvartsporfyrisk bergart förekommer ställvis och deras karaktär överensstämmer med ovan beskrivna fältspat- och kvartsporfyriska metavulkaniter.

Vad som tolkats som hydrotermalt omvandlad metavulkanit ($n = 2$) visar i ett fall omväxlande kvartsrika och biotitrika lager. De kvartsrika lagren har en grundmassa på 0,03–0,2 mm och består förutom kvarts av lika finkornig biotit och muskovit. På en skala om några mm är lagren pygmatiskt veckade men bildar S-veck på tunnslipsskala, vilket tolkas som att lagringen är primär. De biotitrika lagrens grundmassa består nästan uteslutande av 0,07–1 mm långa biotitkristaller samt jämnt fördelade 1–3 mm stora porfyroblaster av granat. Biotitkristallernas orientering varierar i relation till S-vecket, vilket indikerar metamorf bildning eller omkristallisation. Granaterna är fattiga på inneslutningar och en relativ bildningssekvens är därmed svår att fastställa, men förekomsten av kvartsförande tryckskuggor exkluderar dock en posttektonisk bildning. I ett annat fall är grundmassans mineralogi mer lik den hos metavulkaniter förväntade, men förekomst av porfyroblaster av cordierit och tremolit indikerar Mg-omvandling innan metamorfosen.

Metagråvacka ($n = 2$) visar en kornstorlek på 0,05–0,3 mm. Mineral är kvarts, biotit, muskovit, klorit (sekundärt efter biotit), fältspat, opakmineral och apatit. Cordierit respektive andalusit uppträder som porfyroblaster. Det var i fält inte alldeles självklart om bergarten ursprungligen är vulkanisk eller sedimentär, men i slip ser man att en hel del korn är rundade och att den nog är det senare.

Skarn ($n = 5$) visar varierande provspecifik karaktär. I ett fall har skarnbergarten en kornstorlek på 0,03–0,3 mm och består av en magnetit, aktinolit, kalcit, talk och granat. Mer grovkorniga partier förekommer också, speciellt då i fall med magnetitrika associationer. I ett annat fall är grundmassans kornstorlek 0,1–5 mm och består av epidot (kraftigt kloritiserad), ortoamfibol, biotit och kvarts samt ställvisa stråk av kopparkis, zinkblände och blyglans. En ytterligare variant består av företrädesvis cummingtonit-grunerit och granat med disseminerad magnetit samt underordnad kvarts och turmalin, samtliga med en kornstorlek om 0,1–1 mm. En fjärde variant domineras av klinopyroxen och granat med disseminerade sulfidmineral.

Metagranit (n = 4) visar dels en ojämnkornig till seriat textur i en grundmassa som i huvudsak är 0,1–0,4 mm men där enstaka korn av kalifältspat kan vara 10–20 mm, dels en kvartsporfyrisk (2–5 mm) textur med liknande grundmassa. Förutom kalifältspat och kvarts finns plagioklas (oligoklas, osäker bestämning, lokalt också strökorn), epidot, klorit, muskovit och opakmineral. Accessoriskt förekommer zirkon. I ett slip tolkades närvaron av två fältspater baserat på olika grad av sericitisering eller saussuritisering. I fält bedömdes bergarterna på vissa hålltytor som vulkanitlik metagranit.

Metabasit (n = 3) visar en grundmassa med en kornstorlek på 0,03–0,1 eller 0,04–1 mm. Texturen är jämnkornig till porfyrisk med strökorn av plagioklas (0,5–1,5 mm). Övriga faser är hornblände och opakmineral. I några fall förekommer biotit och muskovit som metamorfa mineral, den förstnämnda ställvis retrograderad till klorit. Fältspaten är lokalt sericit- eller saussuritiserad. Kvarts och ett oidentifierat mineral förekommer som sprickfyllnader.

Diabas (n = 1) visar jämnkornig, magmatisk textur med en grundmassa på 0,4–1,5 mm bestående av plagioklas, ortopyroxen, epidot, olivin och magnetit. Epidoten är kloritiserad och olivinen serpentiniserad. Strukturen är massformig.

Gabbroid (n = 1) är ojämnkornig med 0,5–9 mm stora kristaller av ortopyroxen, plagioklas, olivin, biotit och magnetit. De större kristallerna utgörs företrädesvis av ortopyroxen. Olivinen är delvis serpentiniserad.

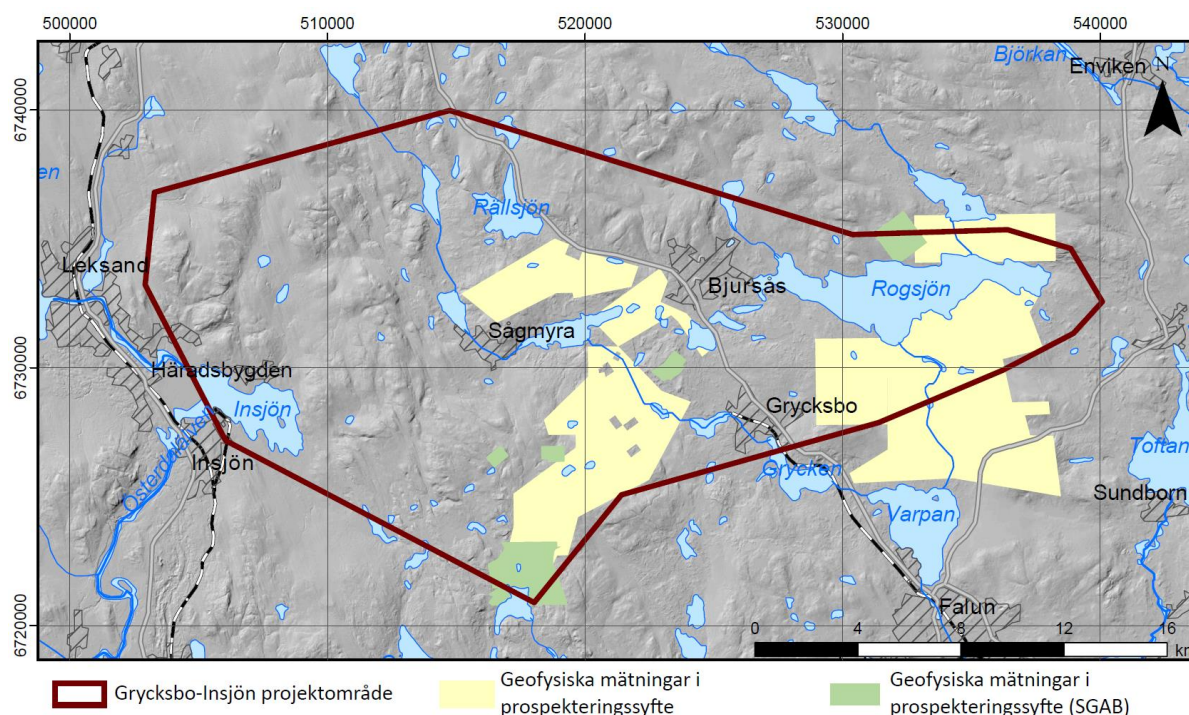
Kulmalm från Slättbergs gruvor (n = 1) uppvisar bollar av starkt omvandlad metabasit som till stor del består av klorit med enstaka biotitkristaller, där kloriten varierar mellan ömsom extremt finkorniga aggregat och ömsom mer utvecklade kristallformer. Bollarna uppträder i en grundmassa av opakmineral, främst pyrit, med underordnad magnetkis, magnetit och kopparkis med inneslutningar av oidentifierade sulfidmineral. Ådror av kvarts och klorit genomkorsar såväl bollarna som deras grundmassa.

GEOFYSIK

Det geofysiska arbetet bestod av mätning av markgeofysiska profiler, geofysiska observationer, insamling av petrofysikprover och tolkning av flyggeofysiska data. För några utvalda lokaler upprättades geofysiska modeller. Under projektets gång utfördes 2019 nya geofysiska flygmätningar av SGU i en för området mer optimal riktning. Resultaten från dessa mätningar ger ett förbättrat underlag av flygmagnetiska data och strukturer kan nu upplösas i en högre detaljeringsgrad än tidigare. De nya mätningarna inkluderar också tvåvägs VLF-data, och yttäckande resistivitet- och strömtäthetskartor har tagits fram. En förbättrad noggrannhet fås också för de gammaspektrometriska mätningarna.

De nya flyggeofysiska data samlades in med en flygriktning på 310/130 grader, linjeseparation på 200 m och en nominell flyghöjd på 60 meter ovanför markytan. Mätintervallet längs flyglinjerna är cirka var sjunde meter. Det använda insamlingssystemet består av en Scintrex CS-2 magnetometer, en Radiation Solutions RSX-5 gammaspektrometer och ett av SGU byggt två-frekvens VLF-instrument.

Inom projektområdet finns också andra geofysiska data. Dels data som har kommit SGU tillhanda genom inrapportering till Bergstaten och vars sekretess löpt ut, dels historiska data från Sveriges Geologiska AB (SGAB). I figur 9 visas täckningen av dessa dataunderlag. Inom projektet har dock detta underlag endast använts i begränsad utsträckning då flera osäkerheter föreligger gällande positionsbestämning, kring själva insamlandet och datakvaliteten.



Figur 9. Polygoner som visar områden vari geofysiska mätningar gjorts i prospekteringssyfte. Bakgrunden är höjddata från Lantmäteriets databas (bearbetad med lutningsanalys).

Location of areas where geophysical investigations for prospecting purposes have been performed.

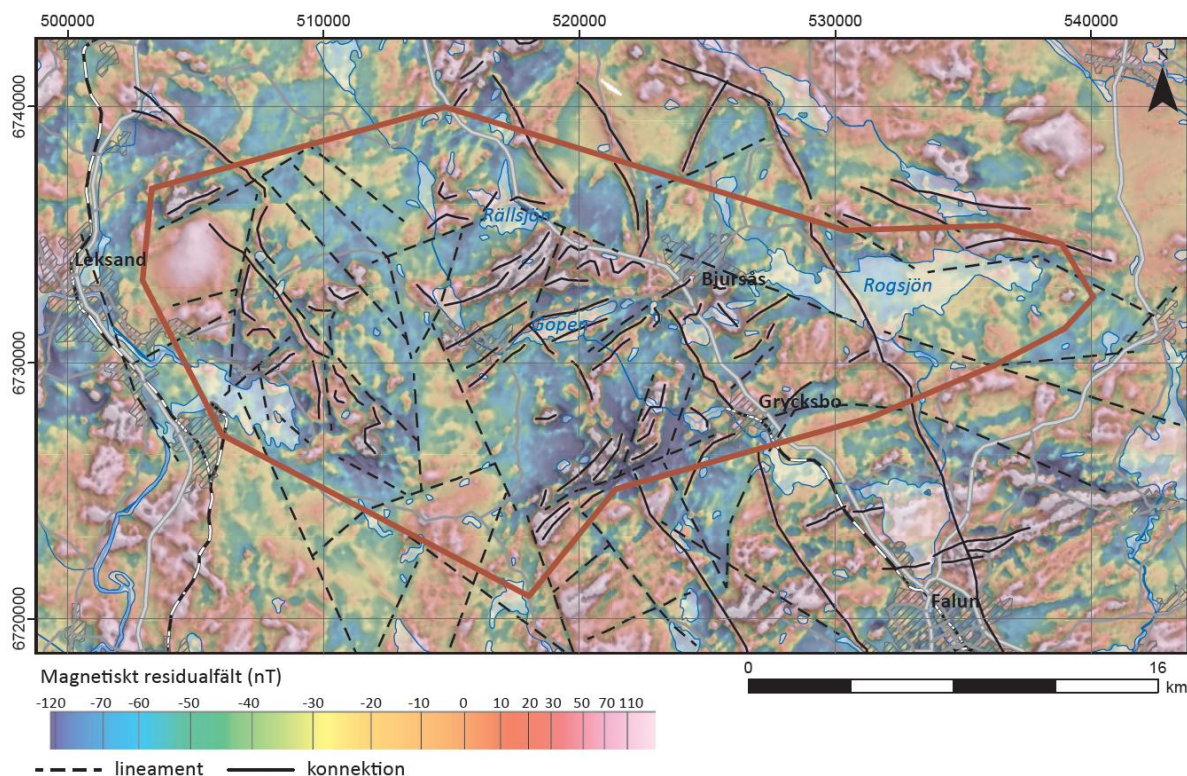
Tolkning av det jordmagnetiska fältet från flygmätningar

De i avsnittet beskrivna tolkningarna baseras på den regionala bilden av det flygmagnetiska fältet i en skala om ca 1:150 000. De består av konnektions- och lineamentstolkning. Med konnektions-tolkning menas identifikation av strukturmönster i data, vilka främst återspeglar någon form av veckning, bandning eller plastiska strukturer. Lineamentstolkning innebär en tolkning av avbrott i struktur eller mönster. Dessa lineament representerar främst spröda strukturer så som förkastningar eller sprickor. En nyligen publicerad regional strukturanalys över hela Bergslagenområdet baserades på lineamenttolkning från topografiska och geofysiska data (Luth & Bergman 2020). En tolkning av geofysiska data ur ett regionalt perspektiv och en sammanställning av petrofysiska data i området gjordes också av Aaro (1982).

Konnektionstolkning

Konnektionstolkningen utfördes baserad på filtrerade och bearbetade data för att framhäva även magnetiskt lågintensiva strukturer. Data är också ”uppåtberäknade” vilket innebär att främst strukturer från den översta kilometern är representerad.

De mest iögonfallande och ihållande konnektionerna i området är de nordväst–sydostliga stråken som går genom hela området (fig. 10). Dessa har sin förklaring i de högmagnetiska (i medeltal ca 2500×10^{-5} SI-enheter) postorogena diabaserna. Övriga tolkade konnektioner är främst relaterade till de metavulkaniska bergarterna och förekomsten av magnetiska mineral inom dessa. En tydlig korrelation syns mellan förekomsten av järnoxidmineraliseringar och högmagnetiska stråk och områden. Dock förekommer också ett stort antal högmagnetiska stråk och områden som inte kan korreleras med kända mineraliseringar.



Figur 10. Magnetisk residualanomali. Den magnetiska residualen är uttryckt som skillnaden mellan det polreducerade totalfältet och en analytisk uppåträkning till 1 km. För att förstärka linjära strukturer i data har gridden 50 procent transparens med en underliggande svart-vit grid av första vertikaldervatan.

Magnetic residual anomaly map representing the upper kilometre of the crust. To enhance linear structures, the map is partly transparent and also showing an underlying image of the first vertical derivative.

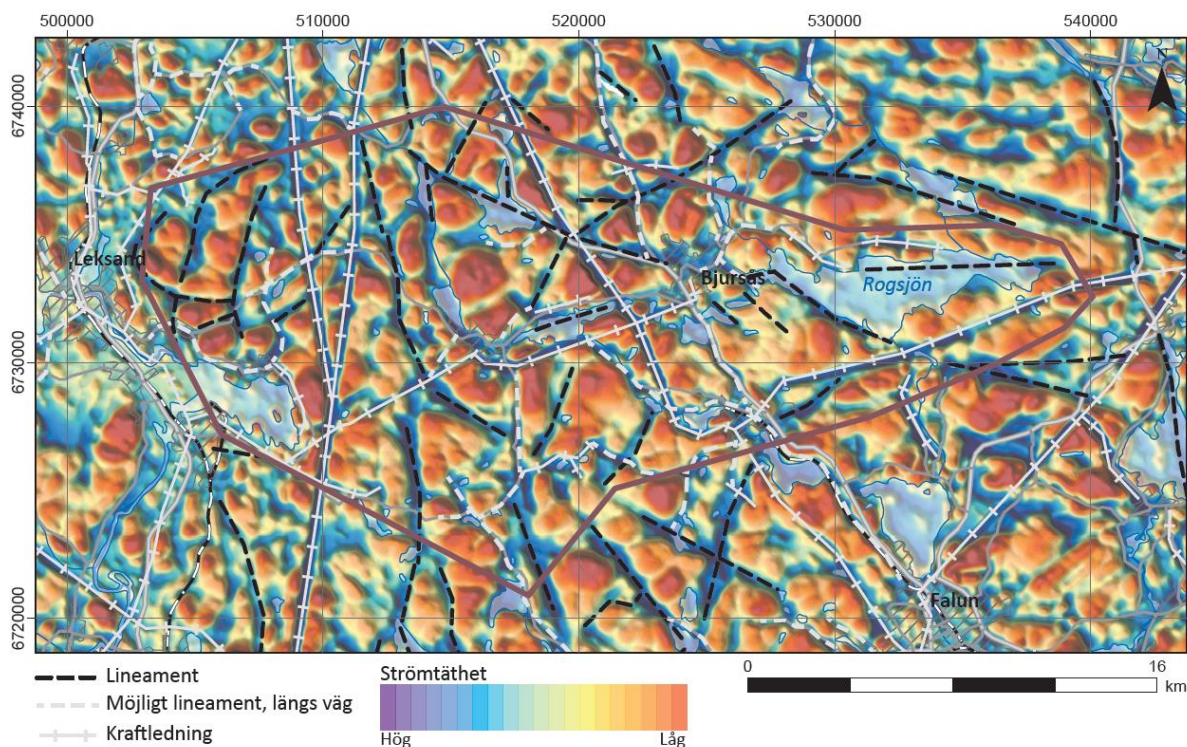
Lineamentstolkning

Avbrott i magnetfältsmönster kan vara kopplade till flera olika orsaker, men de som är intressanta är de som möjligen kan förklaras av deformation, så som spröda förkastningar och sprickzoner eller plastiska skjuvzoner. Här avses endast att identifiera möjliga sådana strukturer. De tolkade lineamenten inom projektområdet presenteras i figur 10.

Tolkning av VLF-data från flygmätningar

VLF-metoden är en elektromagnetisk mätmetod som använder sig av sändare i VLF-frekvensområdet (eng. *Very Low Frequency*, 15–30 kHz). Sändarna används för olika typer av radio-kommunikation men kan också utnyttjas i geofysiska mätningar. Genom att registrera störningar i fältet kan markens elektriska resistivitet från ytan till ett djup om maximalt ca 200 m kartläggas. Generellt är massiva plutoniska bergarter högresistiva medan mineraliserade zoner och vattenförande sprickzoner är lågresistiva (dvs. med hög elektrisk ledningsförmåga). Metoden är mycket känslig för infrastruktur så som kraftledningar och järnvägsspår. Ofta ses också lågresistiva stråk längs vägar, dessa är ur tolkningssynpunkt lite mer problematiska. Om det är stora vägar kan man anta att det finns ledningar parallellt med dessa. En annan orsak kan vara att det faktiskt finns en svaghetszon (sprickzon) som går längs vägens sträckning. En sprickzon kan ge upphov till en dalgång i topografin längs vilken vägar ofta anläggs.

I figur 11 redovisas lineament tolkade inom detta projekt. De lågresistiva stråken som antas ha sitt ursprung från vägar är vita och streckade men kan alltså ha sitt ursprung i en svaghetszon i berggrunden.



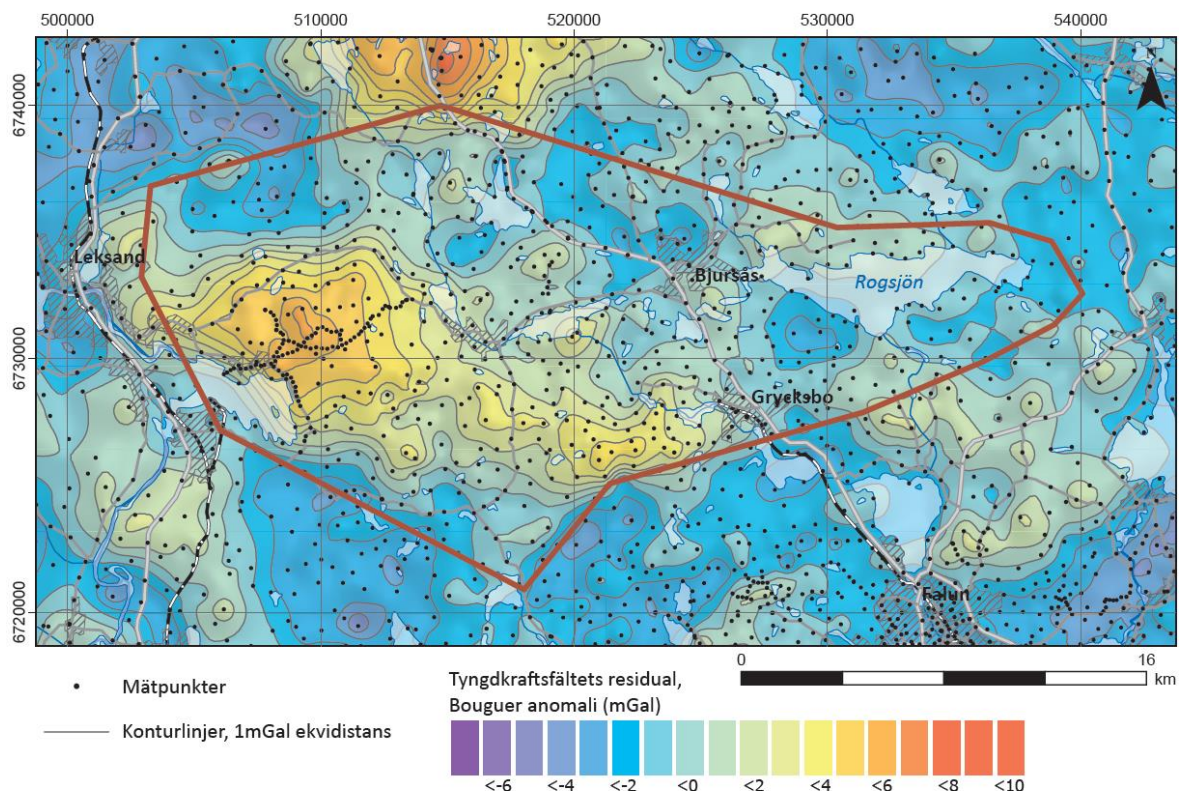
Figur 11. Strömtäthetskarta beräknad från flygburen VLF-mätning med tolkade lineament. Blå färger visar en hög strömtäthet vilket innebär elektriskt ledande zoner. Låg strömtäthet, det vill säga högresistiva områden, visas med röda färger.

Electric current density map calculated from airborne VLF measurements with interpreted lineations as black hatched lines. White hatched line denotes possibly antropogenic lineament along a road. White line with cross bars denotes electric powerline. Red colour denotes low conductivity, blue high conductivity.

Tyngdkraft

Tyngdkraftsmätningar ger information om densitetsvariationer i berggrunden. Under 2019 samlades det in 340 mätpunkter i projektområdet och dess omnejd. Mätningarna utfördes med en Scintrex CG-5-gravimeter. Den genomsnittliga punkttätheten inom projektområdet förbättrades från 1,05 till 1,50 punkter per kvadratkilometer (exklusive profilmättningspunkter). Ytterligare mätningar inom området bestod av profilmätningar med ett mätpunktsavstånd på ca 200 meter över det centrala området med ett massöverskott (fig. 12). Detta är också ett område som uppmärksammades av Aaro (1982) och två möjliga förklaringsmodeller upprättades av honom (hans profil PG3, kap 6).

Precis norr om undersökningsområdet förekommer också ett område med massöverskott, detta har troligen sin förklaring i de basiska bergarter med hög densitet som finns här (jfr fig. 1). Ett mindre massöverskott observeras även väster om Grycksbo. En möjlig förklaring kan vara att här finns en större andel metabasiter inom metavulkaniterna, men vidare undersökningar, provtagning och modellering krävs för att testa denna hypotes.



Figur 12. Det residuala tyngdkraftsfältet över projektområdet. Residualfältet är uttryckt som skillnaden mellan Bouguer-anomali och en analytisk uppåträkning till 4 km.

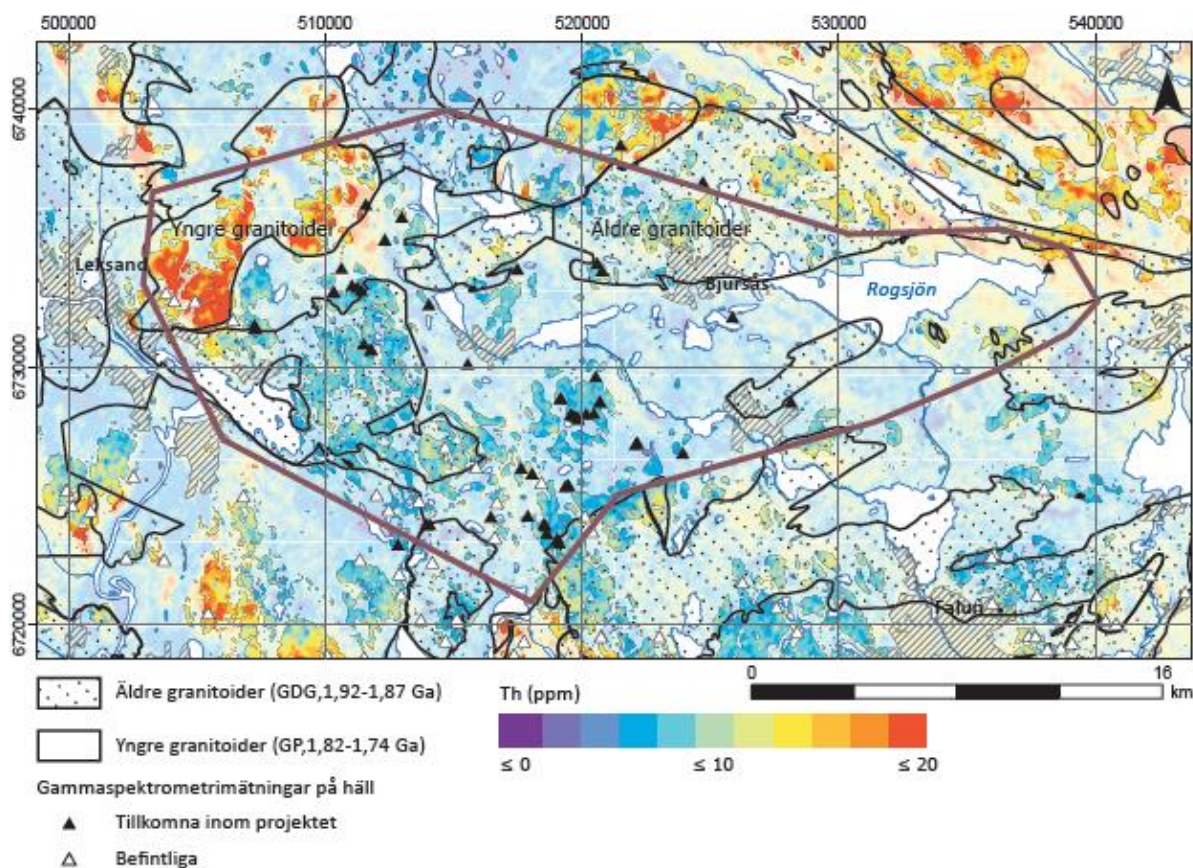
Residual gravity map. The residual is expressed as the difference between the Bouguer-anomaly and an upward continuation to 4 km.

Gammaspektrometri

Gammastrålningsmätningar ger information om halterna av uran, torium och kalium i det översta marklagret. Markmätningar görs direkt på hållar för att mäta berggrundens egenskaper medan flygmätningarna representerar halten i jordart eller i berggrund beroende på marktäcke. Flygmätningarna påverkas också av vegetation och andra förhållanden på marken. Över vattendrag och sjöar dämpas all strålning från underliggande jord och berg och är därmed noll.

Fördelningen av uran, torium och kalium följer i huvudsak varandra inom projektområdet och visar på högre halter i de yngre graniterna av GP-typ. Den rumsliga fördelningen av torium redovisas i figur 13, här är områden med ett jorddjup större än en meter rasterade för att framhäva mönstret från berggrunden. Filtreringen baseras på jorddjup beräknade i SGU:s jorddjupsmodell (Daniels & Thunholm 2014).

Vid mätningar direkt på håll utförs i allmänhet tre mätningar per observationsplats och bergart, men det kan variera beroende på hur stor blottad hållyta som finns. Den rumsliga fördelningen av gammaspektrometrimätningar på håll visas i figur 13.



Figur 13. Halten torium i det översta marklagret. Områden med jorddjup större än en meter är rasttrade (vit skugga) för att framhäva mönster orsakade av berggrunden. Områden med granitoida bergarter är också markerade i figuren. Hällmätningar med gammaspektrometer är markerade med trianglar.

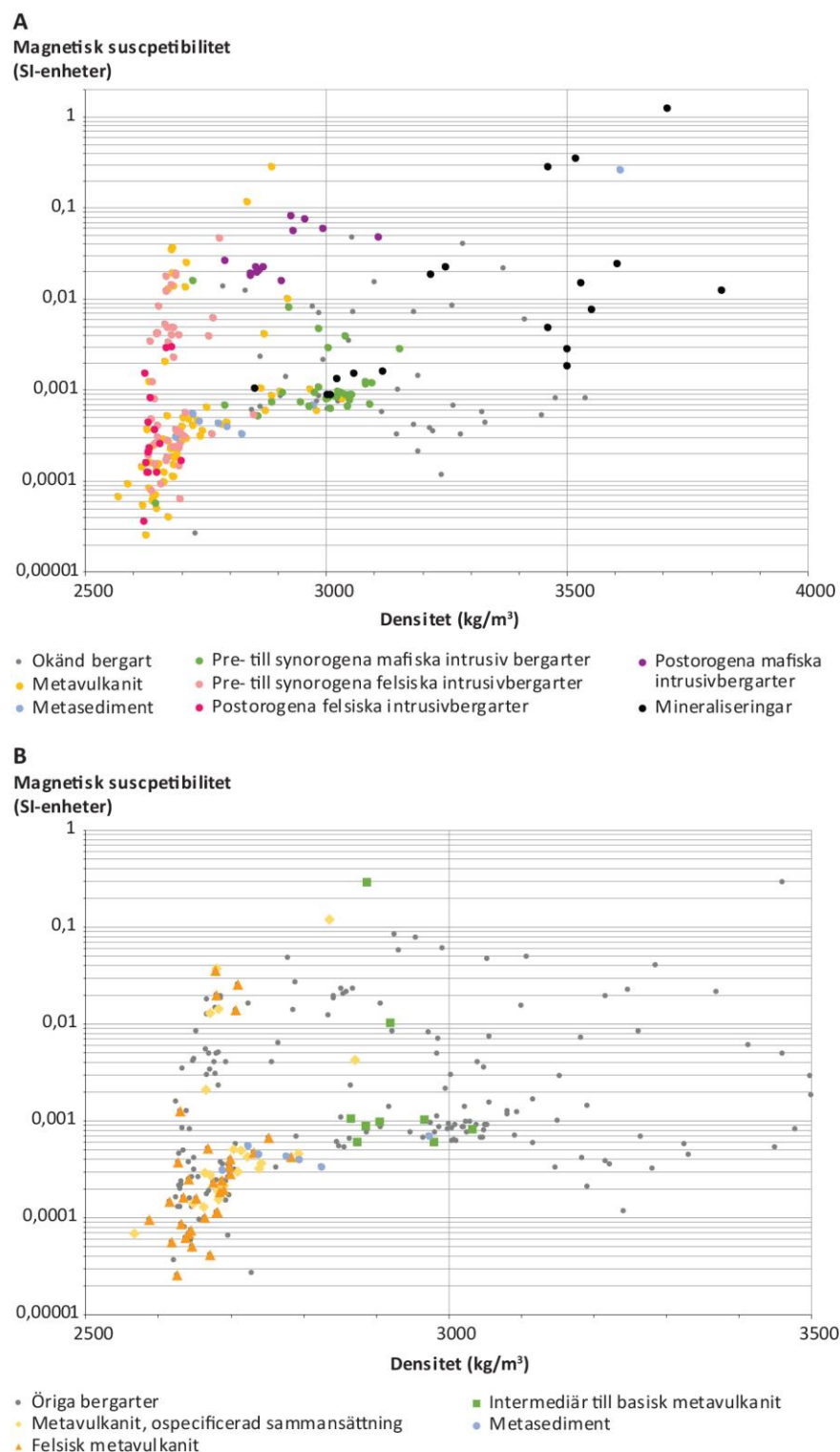
Map showing thorium content in the upper ground layer. Areas with more than one metre soil cover have overlying white colour. Areas with old and young granitoid rocks, respectively, are also marked. Triangles (black and white) show sites of gamma spectrometric measurements on outcrops.

Petrofysik

Mätningar av en bergarts egenskaper (petrofysik) från ett bergartsprov (stuff) är en essentiell länk mellan det geofysiska underlaget och dess koppling till de faktiska bergarterna. Ett bra petrofysiskt underlag är avgörande för att upprätta kvalitativa geofysiska modeller. Vid SGU:s petrofysiska laboratorium mäts de insamlade stuffernas densitet och magnetiska egenskaper i form av susceptibilitet och remanens. Totalt finns inom projektområdet 209 bergartsprover med uppmätta petrofysiska egenskaper, både i form av historiska och inom ramen för detta projekt insamlade prov.

Vid varje provtagningslokal för petrofysikprov görs en enklare geologisk beskrivning och bergartsbestämning. Då sättet att benämna bergarter har varierat över tid och för att möjliggöra jämförelser och analyser mellan olika berggrundsenheter har de olika stuffernas ursprungliga bergartsbenämningar delats in i sju klasser. Indelningen baseras främst på den karterade benämningen av bergarten men också dess geografiska position och petrofysiska egenskaper. För 62 prov finns ingen benämning av bergart alls och dessa har, i den mån det varit möjligt, klassats efter dess geografiska position och petrofysiska egenskaper. Det förekommer dock fortfarande stora osäkerheter i underlagsmaterialet.

I figur 14A presenteras de olika klassernas förhållande mellan densitet och magnetisk susceptibilitet. I figur 14B visualiseras på samma sätt underklasser för de metavulkaniska och de metasedimentära bergarterna. I figur 15 visas den rumsliga fördelningen av de ingående proverna i analysen och deras klassificering.



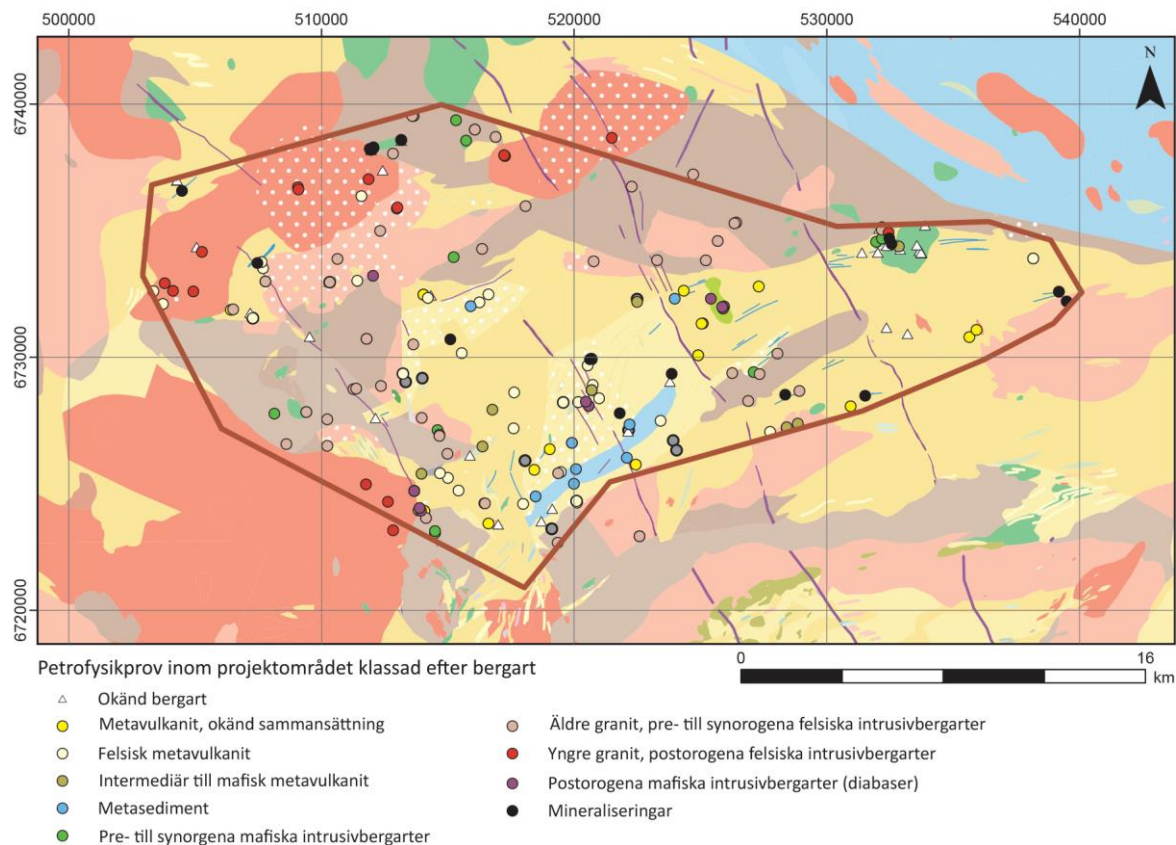
Figur 14. Förhållandet mellan magnetisk susceptibilitet och densitet för bergartsprover inom projektområdet med indelning i olika klasser.

A. Alla bergarter.

B. De metavulkaniska bergarterna, indelade i ytterligare underklasser, och de metasedimentära bergarterna.

Plots showing relation between magnetic susceptibility and density for all petrophysical samples within the project area.

A. All rocks. **B.** The meta-volcanic rocks and meta-sedimentary rocks.



Figur 15. Petrofysiska prov och dess indelning i olika klasser. Bakgrunden är den berggrundsgeologiska kartan enligt figur 1.

Map showing the sites of samples taken for petrophysical measurements, colours denote different classes. The background is the bedrock map of Figure 1.

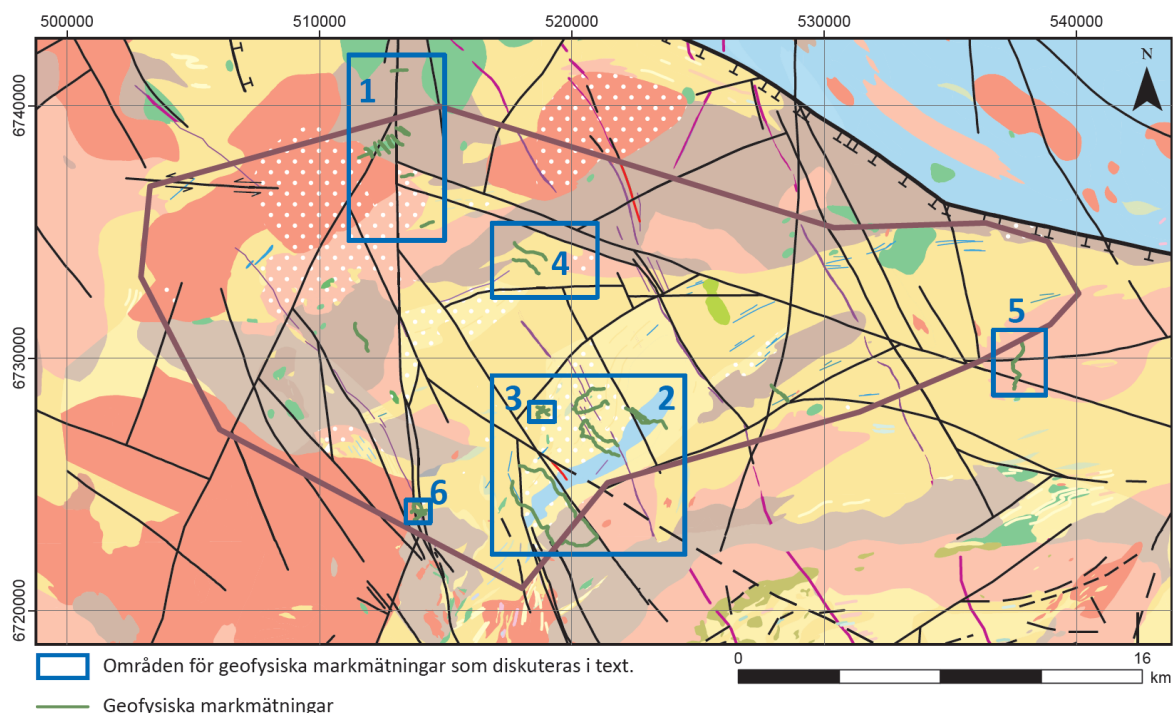
Geofysiska markmätningar

Geofysiska markmätningar har utförts för att undersöka ett antal geologiska och geofysiska frågeställningar. Mätningarna kan delas in i sex områden utifrån dess huvudsakliga syfte eller frågeställning (fig. 16).

Område 1 – Slättbergs gruvor och 3D-modell

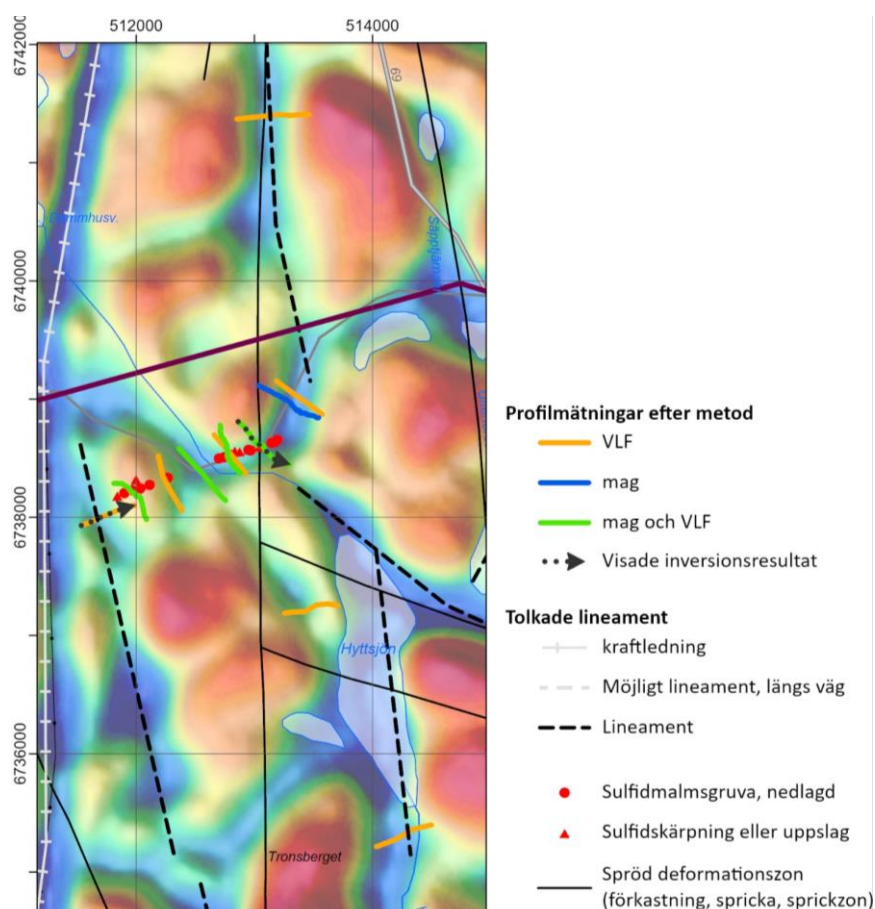
Inom område 1 syftade alla mätningar till att kartlägga området kring Slättbergs gruvor och ge underlag för den geologiska 3D-modell som upprättats där. Nio profiler med magnetometer och VLF-instrument mättes i mineraliseringens direkta närhet. Ytterligare tre VLF-profiler mättes på ett längre avstånd från själva mineraliseringen med syfte att undersöka de deformationszoner och tolkade lineament som har betydelse för modellområdet. Figur 17 visar lokaliseringen av profilmätningar samt tolkade lineament från VLF-data och deformationszoner. Inversionsresultat och tolkning visas för två profiler i området i figur 18. En tydlig, bred lågresistiv zon syns i den västligaste delen av profil A; denna zon tolkas som en spröd deformationszon och sammanfaller med ett tolkat lineament från flygmätta VLF-data. Den antas begränsa mineraliseringens utbredning västerut. Profil B visar ett mycket lågresistivt område i mitten av profilen. Detta tolkas som förekomsten av sulfidmineralisering, vilket kan korreleras med observationer i borrhälsdata från området.

Den geologiska 3D-modell som har upprättats inom området utgör en sammanvägd tolkning av information från äldre provborrningar, observationer gjorda i håll och varp samt de geofysiska markmätningarna inom detta projekt. Ytterligare detaljer om denna 3D-modell finns beskrivna av Lewerentz (2021) och själva modellen kan visualiseras i SGU:s 3D-visare (apps.sgu.se/sgu3d).



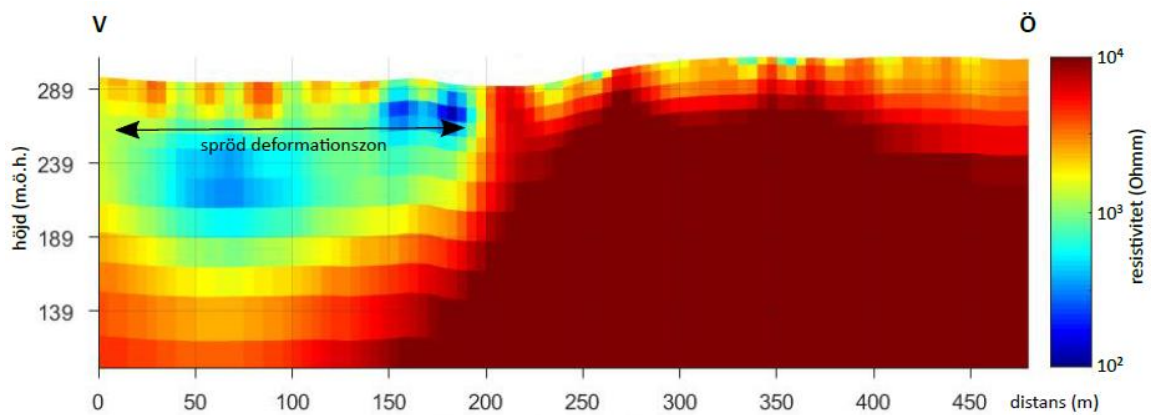
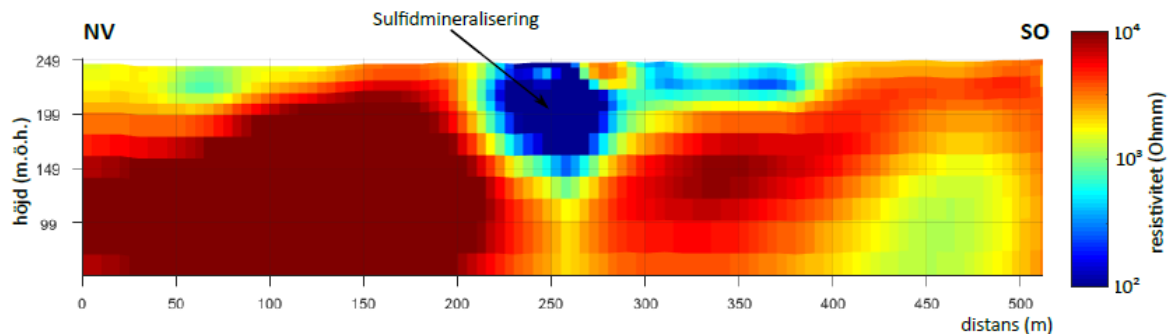
Figur 16. Geofysiska markmätningar och dess indelning i olika områden, 1-6. Bakgrunden är den berggrundsgeologiska kartan enligt figur 1.

Geophysical measurements on the ground in different subareas, numbered 1 to 6. The background is the bedrock map of Figure 1.



Figur 17. Geofysiska markmätningar med VLF-instrument och magnetometer inom område 1. Underlagskartan visar beräknad strömtäthet från flygmätta VLF-data med samma färgskala som i figur 11. I figuren visas också tolkade lineament, sulfidmineraliseringar och deformationszoner.

Geophysical VLF and magnetometer measurements on the ground in subarea 1. The background map shows electric resistivity calculated from VLF data from airborne measurements. Colours as in Figure 11. Included in the figure is also interpreted lineament, sulphide mineralizations and brittle deformation zones.

A**B**

Figur 18. Markens resistivitet beräknad från markmätta VLF-profiler. **A.** Den västligaste profilen i figur 17, markerad som prickade pilar. **B.** Den östligare profilen i figur 17, markerad som prickade pilar.

Ground resistivity modelled from ground VLF measurements. **A** The westernmost traverse in Figure 17, noted as a dotted arrow. **B.** The eastern traverse in Figure 17, noted as a dotted arrow.

Område 2 – Markmätningar över lagerföljd

Inom område 2 mättes flera profiler med magnetometer tvärs över lagerföljden eller tvärs över komplexa högmagnetiska anomalier. Syftet med mätningarna var att undersöka om det gick att urskilja bergarternas magnetiska signatur och på så sätt kunna bidra till en bättre gränsdragning mellan dem. Mätningarna syftade också till att kartlägga olika strukturer inom berggrunden. Frågeställningar kring de karterade bergarterna och deras utbredning förekommer i detta område, speciellt de metasedimentära bergarternas utbredning. Gränsdragningen i sig är svår då övergången mellan olika bergarter är gradvis och dessutom svårtolkad från fältobservationer (se avsnitt *Sammanfattning av gjorda observationer*). I figur 19 visas det magnetiska residualfältet (a) och olika kartunderlag (b–d) där de olika tolkningarna av bergarternas utbredning framgår. Figur 19D visar den uppdaterade kartbilden efter detta projekts karteringsarbete.

I figur 20 visas uppmätt och modellerad respons av det magnetiska totalfältet längs profil MP19CJO1014 (fig. 19). De modellerade kropparna och deras magnetiska susceptibiliteter framgår av figuren. I den nordvästligaste delen av profilen uppmätts ett lågmagnetiskt och homogent mönster, vilket sammanfaller väl med vad som är karterat som metavulkaniter. Vid övergången till de metasedimentära bergarterna ändras mönstret markant med flera hög-

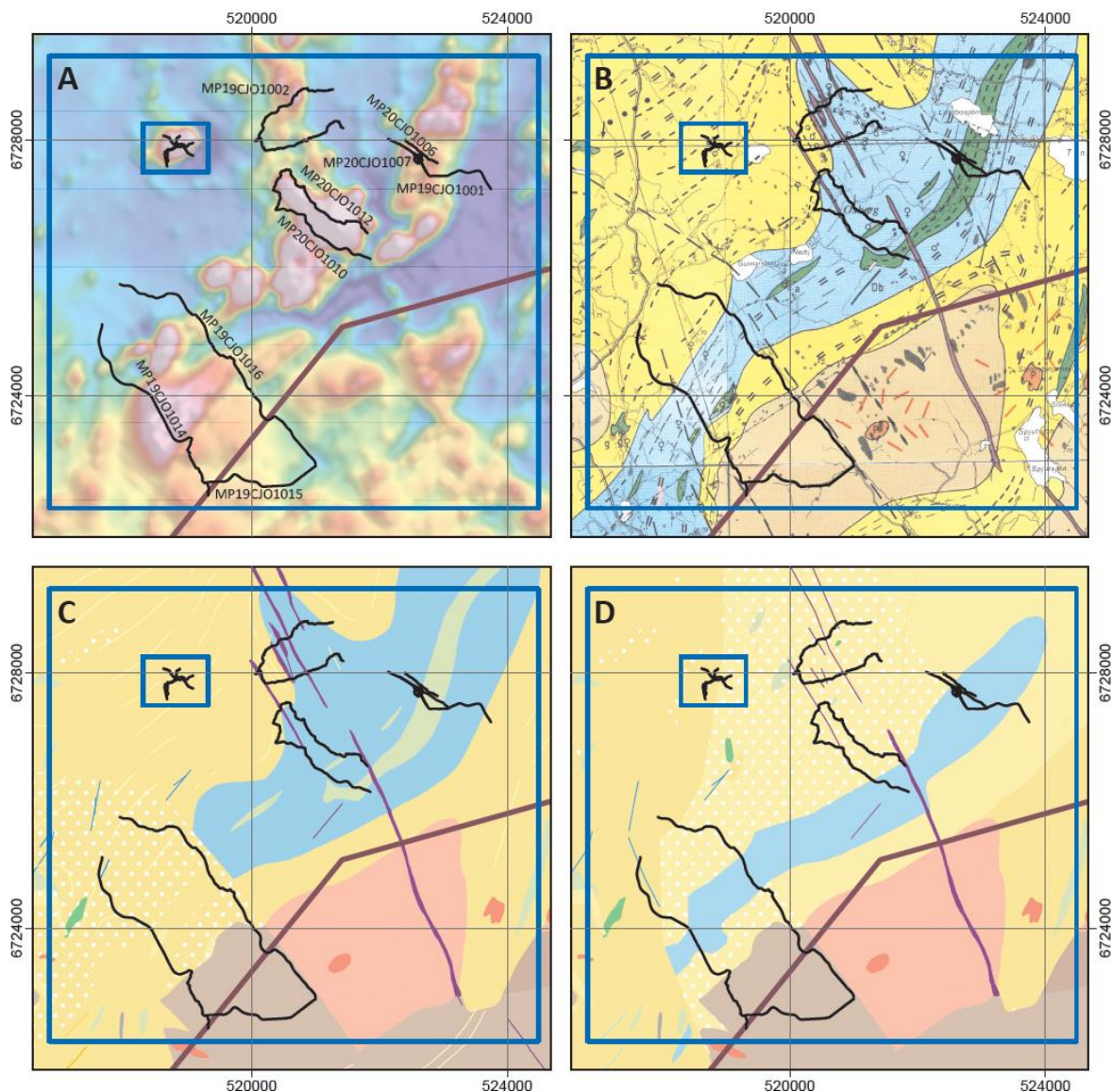


Figure 19. Markmätningar med magnetometer inom område 2. **A.** Magnetiskt residuelfält som underlagskarta, färgskala enligt figur 10. **B.** Berggrundskarta enligt SGU-kartorna Ai 16 och 17 (Kresten & Aaro 1987b och c). **C.** Berggrundsytor och -linjer från kartdatabasen innan revidering. **D.** Berggrundsytor och -linjer från efter detta projekt uppdaterad kartdatabas. C och D har samma färgkodning som figur 1.

Ground based magnetometry measurements in subarea 2. A. Magnetic residual map as background, colours as in Figure 10. B. Bedrock map according to SGU publications Ai 16 and 17. C. Bedrock according to the SGU database before the present revision. Colours as in Figure 1. D. Bedrock according to the revised SGU database. Colours as in Figure 1.

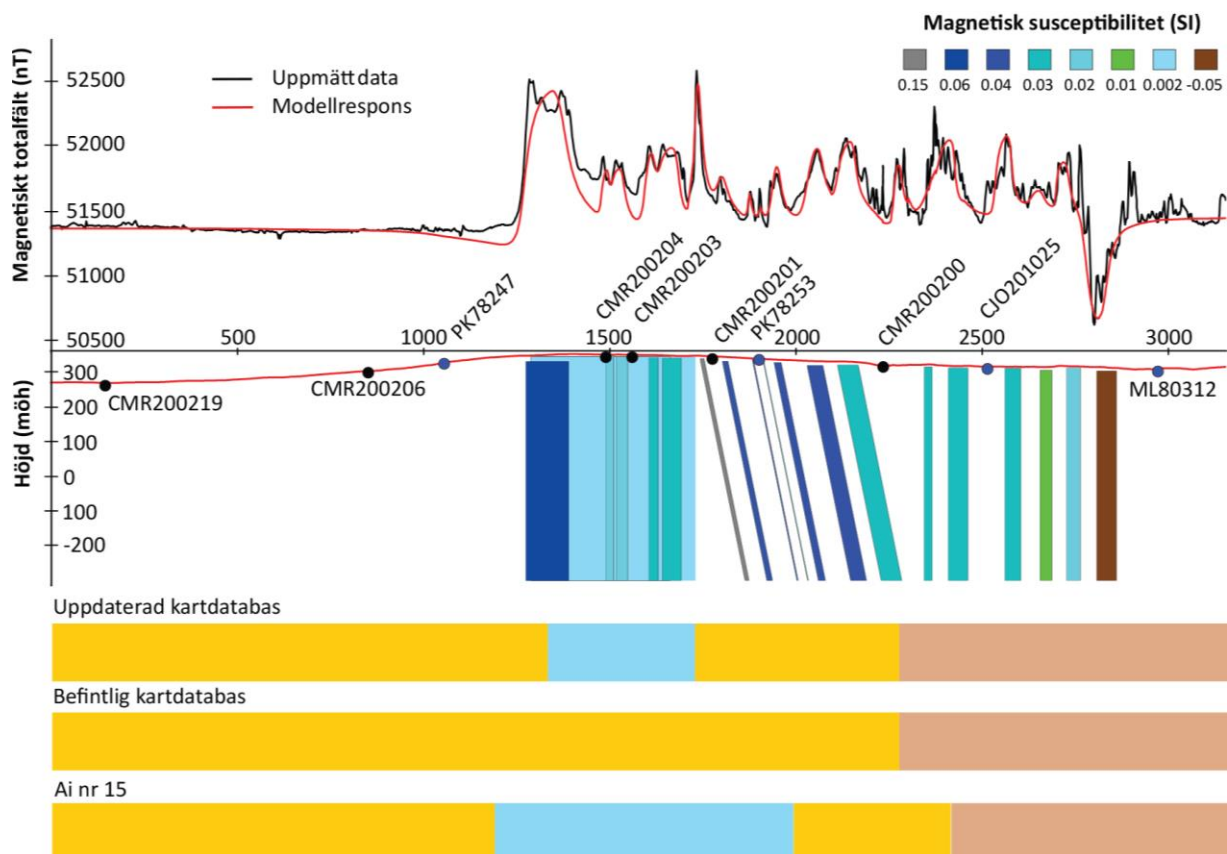
magnetiska horisonter/band med varierande tjocklek. Vidare sydost längs profilens sträckning, genom vulkaniter och granitoida bergarter, återfinns samma mönster.

Vid upprättandet av modellen har följande antaganden gjorts:

- Kropparna har en enkel geometri i form av rätblock.
- Startvärden för den magnetiska susceptibiliteten sattes till de högsta uppmätta värdena i fält och från petrofysiska mätningar på stoff.
- Remanent magnetisering har inte tagits hänsyn till i modellen. De (få) petrofysikprov som finns från området tyder på att den remanenta magnetiseringen inte är framträdande.

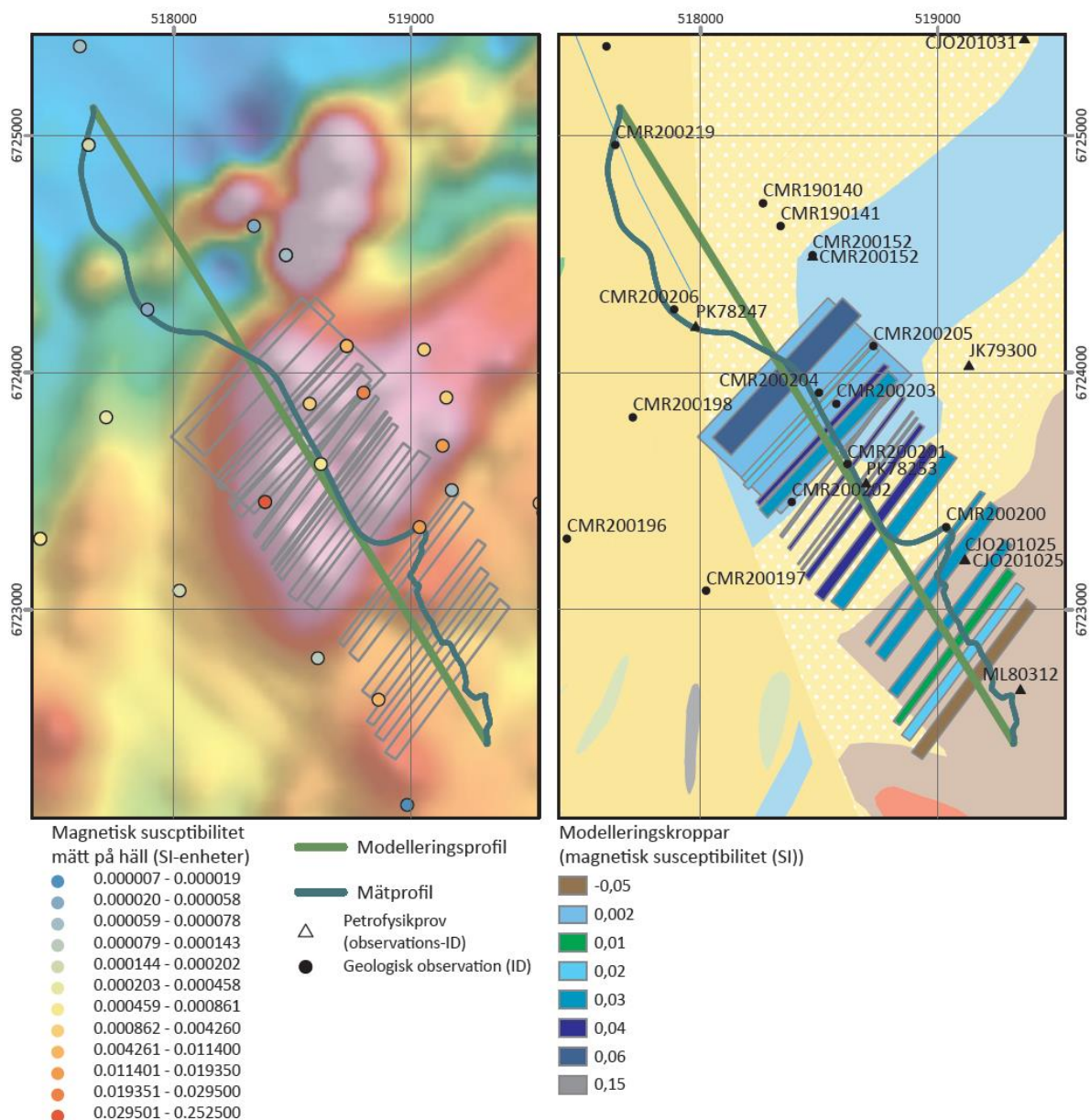
- De modellerade kropparnas strykning och stupning har anpassats efter strukturmätningar i fält.
- De modellerade kropparna antas ligga nära ytan, ha en utbredning i strykningsriktningen på ca 800 meter och ett djupgående på ca 1 km.

Bredd, position och den magnetiska susceptibiliteten har anpassats för att matcha uppmätta data, och resultaten framgår i figurerna 20 och 21. Resultatet visar *en* möjlig lösning där en enkel geofysisk förklaringsmodell har valts. Området är troligen mer komplext, och ytterligare geologiska och geofysiska undersökningar krävs för att utreda förhållandena mer ingående samt för att synkronisera den geologiska tolkningen med den geofysiska modelleringen. Resultatet visar dock att vulkaniterna nordväst och sydöst om det metasedimentära stråket skiljer sig avsevärt. Resultatet visar också att det generellt inte går att urskilja olika bergartsenheter utifrån deras magnetiska signatur i det här området. Mätningen visar också på att det kan finnas remanent magnetisering av betydelse i området då en kraftig negativ anomali uppmäts inom den granitoida bergarten. En kropp med negativ susceptibilitet på 0,05 SI har valts för att anpassa modellen till uppmätta data. Detta är inte en rimlig modell då också remanent magnetisering behöver tas i beaktande för att erhålla en fysikaliskt rimlig förklaringsmodell.



Figur 20. Profil MP19CJO1014 från NV (vänster) mot SO. Figuren visar uppmätta och modellerade magnetfältsdata, de modellerade kropparnas geometri och magnetiska susceptibilitet. Längst ner i figuren visas olika kartunderlag längs profilen (motsvarande fig. 19 D, C och B).

Traverse MP19CJO1014 (NW to SE) in Figure 19. Measured and modelled magnetic field data, as well as the geometry of modelled rock units and magnetic susceptibility are presented. The lower three bars of the figure denote the bedrock along this traverse according to the maps in Figure 19D, C and B, respectively.



Figur 21. Mätprofil MP19CJO1014, modelleringsprofil och modellerade kropparnas utbredning på ytan (figur 20). Till vänster visas det residuala magnetfältet (samma färgskala som i fig. 10) samt mätpunkter och medelvärden för magnetisk susceptibilitet mätta på håll. Till höger visas berggrunden (enligt fig. 1) och de geologiska och geofysiska observationer som gjorts i området. I båda figurerna visas mätprofilens och modelleringsprofilens lägen samt de modellerade kropparnas utbredning på ytan.

The positions of measured and modelled traverses, as well as the 2D shapes of modelled rock units (figure 20). The left map shows the magnetic residual (colours as in Fig. 10), with sites for in situ measurements and average magnetic susceptibility. The right map shows the bedrock (according to Fig. 1), as well as sites of geological and geophysical observations.

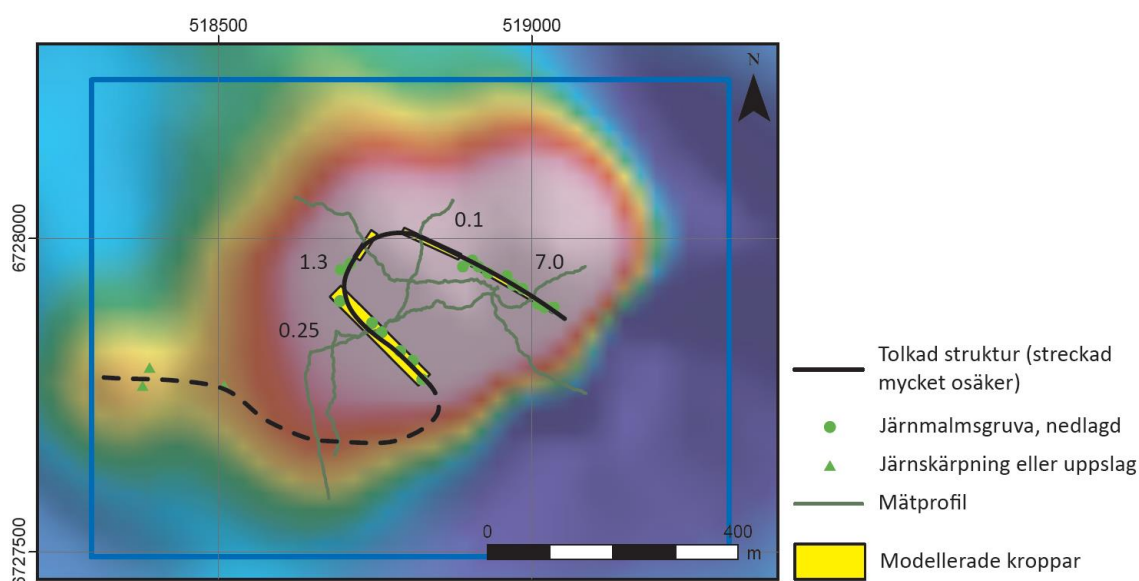
Mätprofil MP19CJO1002 går i SV–NO riktning tvärs över ett högmagnetiskt stråk tidigare karterat som metasedimentära bergarter och med diabaser med nordväst–sydöstlig strykning (fig. 19A, B och C). Från mätningen framkommer diabaserna mycket väl i data. Från modellering har deras utbredning på ytan mer noggrant kunnat kartläggas och en uppdatering av kartbilden utifrån detta har gjorts (fig. 19D). Mätningen visar också att de högmagnetiska anomalierna som inte beror på diabaser genereras av mycket tunna band av magnetiska mineral i metavulkaniska bergarterna, enligt uppdaterad kartbild.

För profil MP19CJO1001 (fig. 19) mättes en mycket hög positiv anomali (totalintensitet på 73 000 nT). Vid mer detaljerade markmätningar (MP20CJO1007) framkommer att denna anomali har sitt ursprung i något som är lokalt mycket avgränsat. Vid lokalen hittades ett gammalt gruvhål men utan någon blottad håll eller några högmagnetiska bergartsstycken från tidigare brytning. Lokalen har lagts till som en järnoxidmineralisering i SGU:s databas över fyndigheter.

Profilerna MP20CJO1010 och MP20CJO1012 är mätta i nordväst-sydöstlig riktning över det högmagnetiska området kring Oxberg (fig. 19A). Mätningen visar att den högmagnetiska anomalin observerad från flygmagnetiska data består av ett fåtal tunna och högmagnetiska kroppar. Här uppmättes också positiva anomalier på upp till 73 000 nT. Några av anomalierna tolkas att kunna följas mellan profilerna vilket tyder på en delvis bandad struktur. En nedlagd gruva och en skärpning med magnetitmineralisering förekommer i området (Ripa m.fl. 2015).

Område 3 – Vallarvsberget

Kring Vallarvsberget förekommer flertalet gruvhål med järnmineraliseringar. Gruvhålens placering kan indikera ett s-veck och flera markmätningar utfördes för att undersöka den eventuella strukturen. Utifrån 2D-modellering visar mätningarna på en möjlig omböjning av det högmagnetiska mineraliserade stråket enligt figur 22.

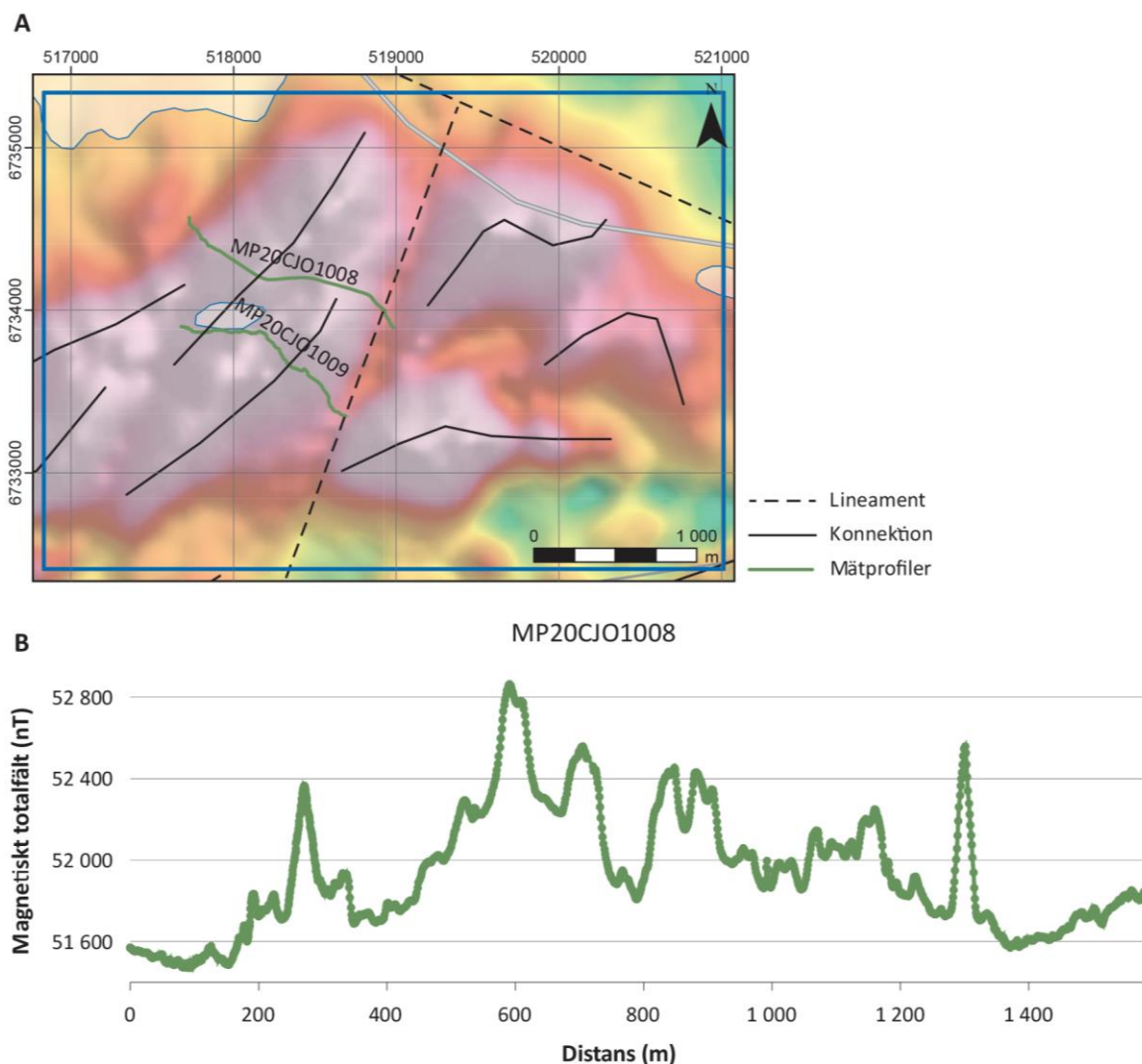


Figur 22. Område 3 med tolkad struktur (svart streck) utifrån markburna magnetiska mätningar (gröna linjer) och järnoxidmineraliseringar (gröna punkter och trianglar). De modellerade kropparna som har utgjort underlaget för tolkningen visas som gula rektanglar, siffrorna i figuren anger den magnetiska susceptibiliteten (i SI-enheter) för kropparna. Underlagskartan visar magnetisk residualanomali från flygmätningar.

Subarea 3 with interpreted structure, black line, based on ground-based magnetometry measurements (green lines). Green point symbols denote abandoned iron mines and iron prospects. Modelled bodies are shown in yellow and labelled with their respective magnetic susceptibilities (in SI units). The background map shows the magnetic residual based on airborne measurements.

Område 4 – Högmagnetiskt område

I område fyra mellan Rällsjön och Gopen (jmf fig. 10 och 16) förekommer ett stort högmagnetiskt område som inte har någon förklaring i befintlig berggrundskarta eller utifrån kända mineraliseringar. Två profiler gjordes tvärs över det högmagnetiska området för att upplösa dess geometri bättre. Resultatet visar på ett i allmänhet förhöjt magnetiskt område som också består av flera tunnare anomalier (fig. 23). Vidare modellering krävs för att analysera anomaliernas ursprung. Inom området finns ett lineament tolkat från både magnetfälts- och VLF-data som skär genom den högmagnetiska strukturen.



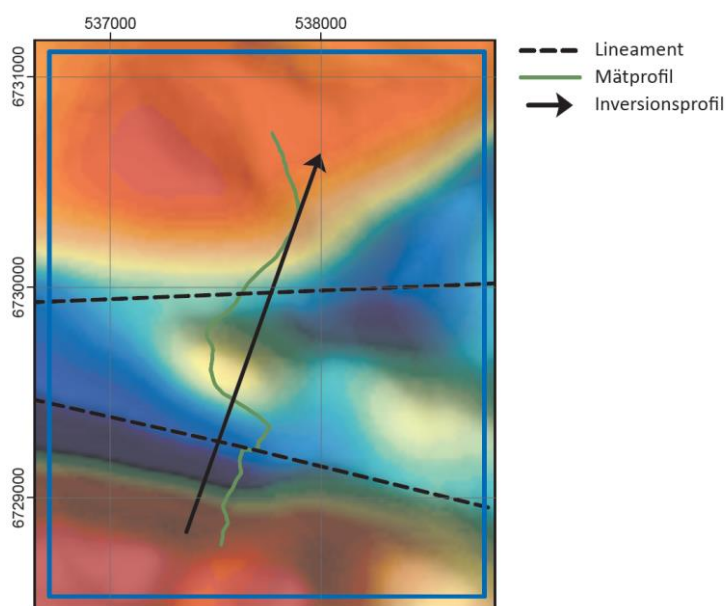
Figur 23. Område 4. **A.** Karta med läget för markburna magnetometrimätningar samt tolkade lineament och konnektioner från flygburna magnetfältdata. Underlagskartan visar magnetisk residualanomali från flygmätningar. **B.** Uppmätt magnetiskt totalfält längs profil MP20CJO1008 från NO (vänster) till SV.

Subarea 4. A. Map showing ground-based magnetometry measurements, as well as interpreted lineaments and connections from airborne measurements. The background map shows the magnetic residual based on airborne measurements. B. Magnetic total field data along traverse MP20CJO1008 (NE to SW, from left to right).

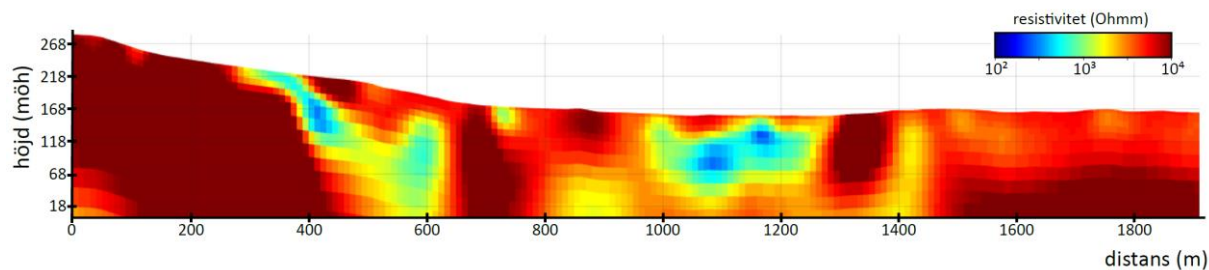
Område 5 – Storskalig deformationszon

En VLF-profil uppmättes strax utanför projektområdets östligaste del (område 5, fig. 16). Denna mätning gav en bättre upplösning och information om den deformationszon som går i NV–SO-lig riktning genom hela projektområdet och som sammanfaller med att en högre metamorf grad observerats nordost om denna. Inversionsresultat av VLF-mätningen visar på två lågresistiva stråk vilka sammanfaller med de tolkade lineamenten från flygmätta VLF-data (fig. 24). Det sydligaste av dessa (distans 400–600 i profilen) är den del av lineamentet som går tvärs genom hela området. Här stupar den spröda zonen åt nordnordväst.

A



B



Figur 24. VLF-data i område 5. **A.** Karta som visar mätprofilens och modelleringsprofilens lägen. Underlagskartan är strömtäthetskarta beräknad från flygburna VLF-mätningar (jfr fig. 11). Inkluderade i profilen är också tolkade lineament från detta underlag. **B.** Markens resistivitet beräknad från markburen VLF-profil. Tvärsektionen visas från SV (vänster) mot NO.

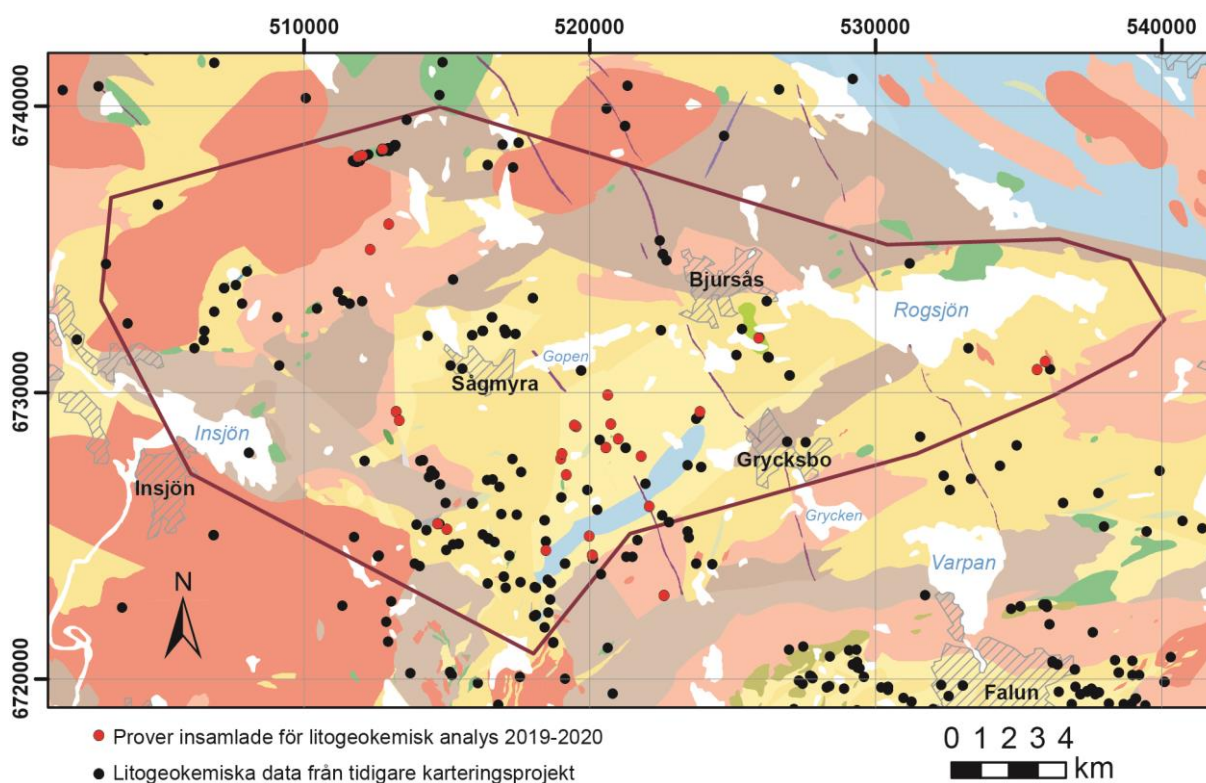
*VLF data in subarea 5. **A.** Map showing the position of the measured VLF traverse and the corresponding modelled section. The background map shows electric resistivity based on airborne VLF data (cf. Fig. 11). Interpreted lineaments are also included. **B.** Ground resistivity modelled along the traverse from SW (left) to NE (right).*

Område 6 – Väster om Rexbo

I område 6, strax väster om Rexbo förekommer en nord-sydlig zon som tidigare har tolkats som en mylonitzon men som efter detta projekts kartering tolkas som i huvudsak en brecciezon. Mitt i denna deformationszon förekommer en avgränsad positiv magnetisk anomali som sammanfaller med flertalet mineraliseringar inom området för Enmyregruvorna (Ripa m.fl. 2015). De mark-geofysiska mätningarna syftade till att upplösa den högmagnetiska anomalin i området och om möjligt ge någon information om deformationszonen. Resultatet från mätningarna visar på ett komplext område där de utförda mätningarna, både profilmätningar och observationer, bedömdes otillräckliga för modellering och vidare tolkning av området.

LITOGEOKEMI

I samband med karteringen provtogs 32 bergarter för kemisk analys (fig. 25). Resultaten av analyserna lagras i SGU:s litogeochemidatabas och tillgängliggörs på SGU:s hemsida via kart-visaren Bergartskemi. Vissa resultat visas i bilagorna 1 och 2.

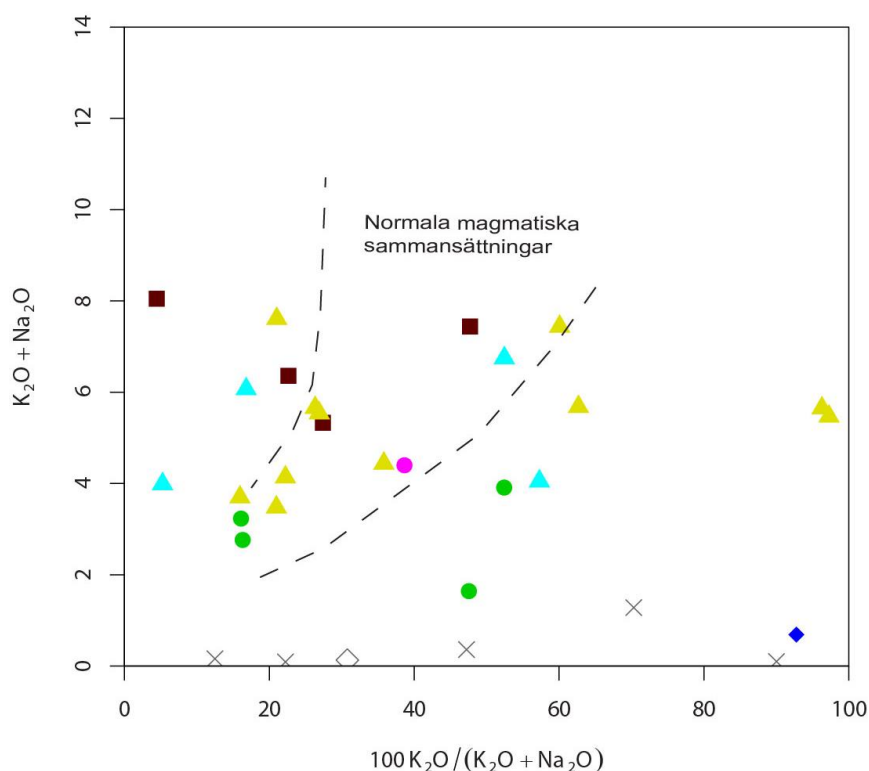


Figur 25. Provtagningspunkter för litogeochemisk analys. Utöver analyser relaterade till detta projekt visas även äldre litogeochemiska data tillgängliga i SGU:s litogeochemidatabas. Det bör dock noteras att äldre data i många fall har högre detektionsgränser och innefattar färre spårämnen än de inom detta projekt utförda analyserna. Endast proverna från det här projektet har använts vid framställandet av följande diagram. Geologisk bakgrund förenklad från figur 1. Koordinater enligt SWEREF 99 TM.

Sampling sites for lithogeochemical analyses. Red dot = this project, black dot = historical data in the SGU database. Note that the latter in many cases have fewer elements per sample analysed and that detection limits may be higher. Only data from this project have been used in plotting the following diagrams. The background is the bedrock map of Figure 1.

I figur 26 visas bergarternas alkalirelationer enligt Hughes (1973). Diagrammet avser bara att användas för magmatiska bergarter men även de som tolkats som metasedimentära eller som ospecificerade ytbergarter har plottats. De flesta bergarterna, utom diabas, visar tecken på antingen Na- eller K-omvandling eller båda. Noterbart är att skarn och andra mineraliseringar har låga halter av $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, vilket beror på att de "spätts ut" genom utfällning av malmmineral, medan när de gäller skarnbergarten torde den dessutom från början varit i kontakt med karbonatsten.

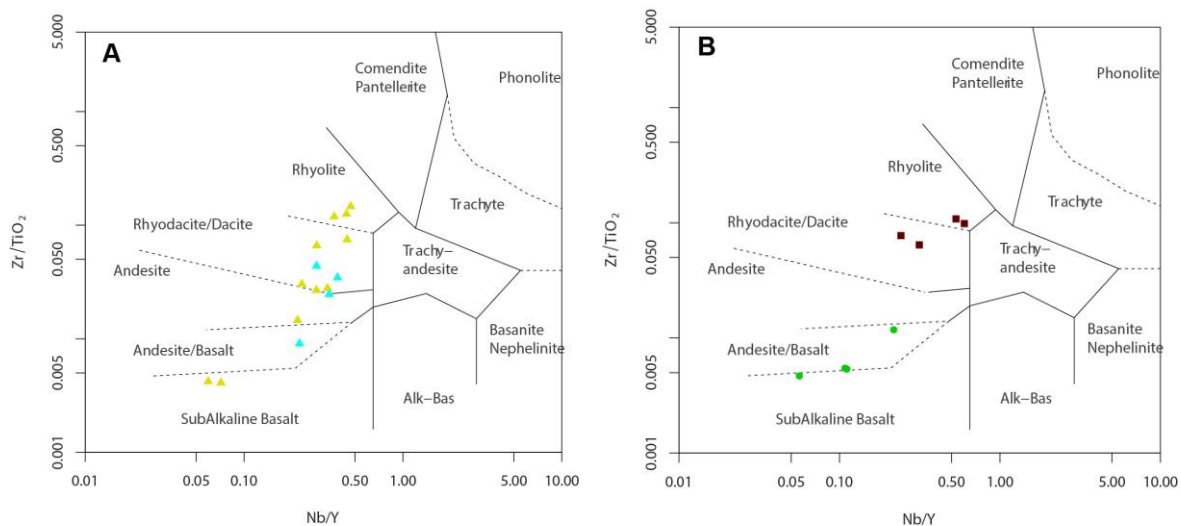
Om man trots den dokumenterade alkaliomvandlingen (fig. 26) plottar sammansättningarna för områdets yt- och äldre intrusivbergarter, i ett diagram med totala alkalier mot kisel (inte visat; Cox m.fl. 1979), visar samtliga i princip en subalkalin karaktär. Även i ett diagram som i stället använder, i hydrotermala sammanhang, mer immobiliserade element än Na, K och Si ser man samma karaktär (fig. 27; Winchester & Floyd 1977). Den bimodalitet hos de äldre intrusivbergarterna som framgår av figur 27B är skenbar och beror på att de sura leden representerar plutoniter och de basiska något yngre gångbergarter.



Figur 26. Alkalirelationer enligt Hughes (1973) för projektområdets provtagna bergarter. Normala magmatiska bergarter plottar mellan de streckade linjerna, medan de som (tentativt) drabbats av K- eller Na-omvandling plottar till höger respektive vänster därom. Notera att även metasedimentär och ospecificerad bergart har plottats här. Gul triangel betecknar metavulkanit, ljusblå triangel metasedimentär och ospecificerad ytbergart, brun kvadrat sur GDG-bergart (se Stephens m.fl. 2009), grön rund symbol metabasit, lila rund symbol diabas, mörkblå romb skarn, ofärgad romb Fe-mineralisering och kryss sulfidmineralisering.

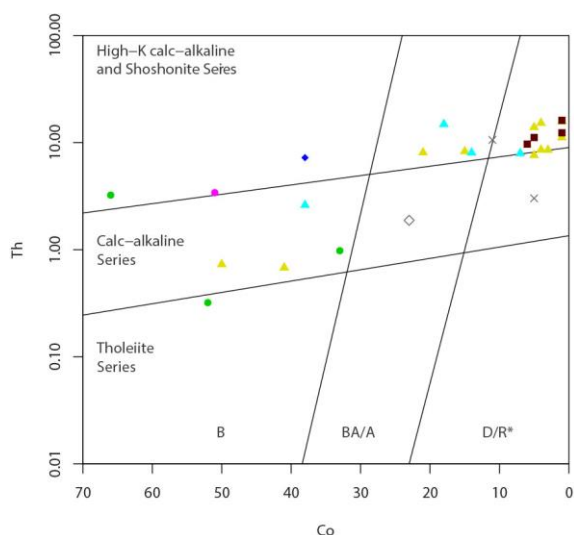
Alkali relations for the rocks sampled in this project. Normal igneous compositions fall between the hatched lines according to Hughes (1973). Note that also metasedimentary rocks and rocks of uncertain origin are included in the figure. Yellow triangle denotes metavolcanic rock, light blue triangle metasedimentary rock and rock of uncertain origin, brown square felsic GDG-type rock (cf. Stephens et al. 2009), green dot metabasic rock purple dot dolerite, dark blue diamond skarn, uncoloured diamond Fe mineralisation, and cross sulphide mineralisation.

De subalkalina bergarterna kan vidare klassificeras i ett diagram av Hastie m.fl. (2007), som också använder i vissa sammanhang immobila element, Th och Co; de med sura sammansättningar plottar här som kalkalkalina till något mera kaliumrika kalkalkalina, snarare än som tholeitiska (fig. 28). Både Th och Co har normala magmatiska trender gentemot de flesta av huvudelementen (inte visat) och har därför sannolikt verkligen varit tämligen immobila. Även bergarternas Th/Yb-kvoter på >0,5, som enligt Pearce (1982) är diagnostiska, tyder på kalkalkalin affinitet.



Figur 27. Diskrimineringsdiagram enligt Winchester & Floyd (1977) visar att områdets metamorfa bergarter har en subalkalin karaktär. Symboler som i figur 26. **A.** Ytbergarter. **B.** Äldre intrusivbergarter.

*Plots showing that the rocks in the project area have subalkaline affinities. Symbols as in Figure 26. **A.** Supracrustal rocks. **B.** GDG-type intrusive rocks.*



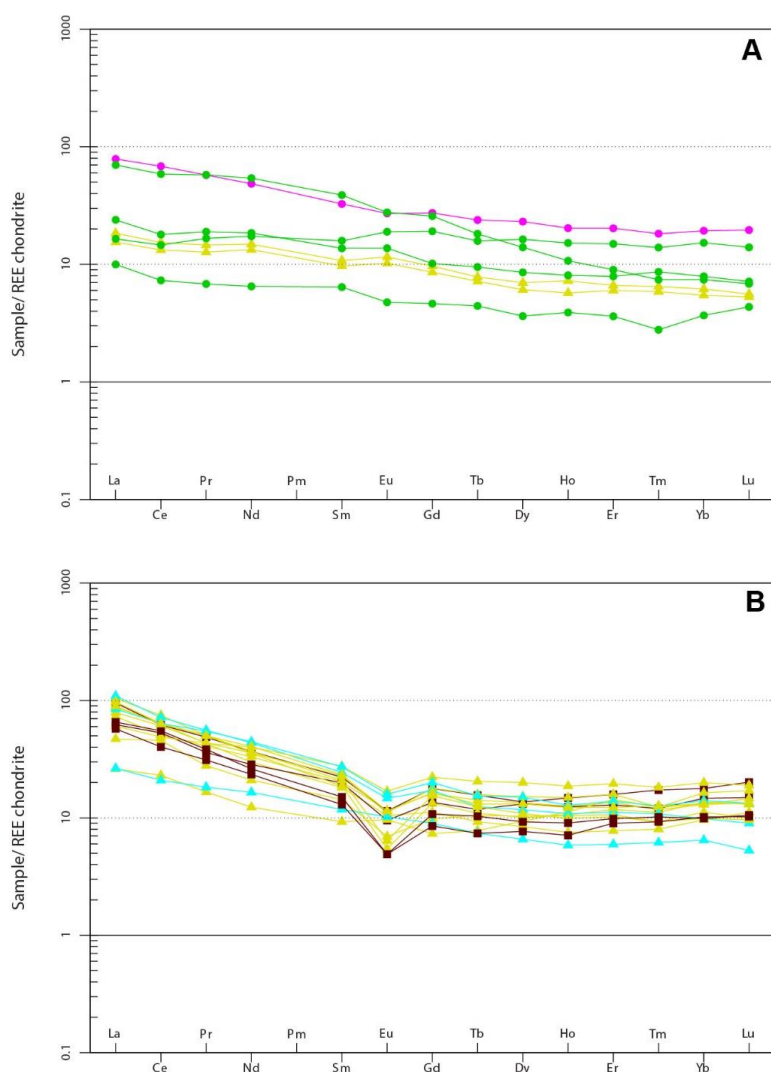
Figur 28. Diskrimineringsdiagram enligt Hastie m.fl. (2007) visar att områdets sura bergarter är kalkalkalina till något mera kaliumrikt kalkalkalina snarare än tholeitiska. Symboler som i figur 26. B = basalt, BA/A = basaltisk andesit och andesit, D/R = dacit och rhyolit.

Plot showing a calc-alkaline to even potassium-rich calc-alkaline trend for the felsic rocks of the project area. Symbols as in Figure 26.

Inga negativa Eu-anomalier framgår i REE-plottar av de basiska bergarterna enligt figur 29A (kondritnormaliserade värden, Boynton 1984). Eventuella sådana hade berott på fraktionering av eller jämvikt med plagioklas vid uppsmältning av en protolit, men, som beskrivits ovan (se t.ex. under *Petrografi*), är bergarterna i allmänhet plagioklasporfyriska vilket torde kunna maskera sådana processer. Kondritnormaliserade värden på 5–20 för de tyngre REE i de basiska bergarterna gör det troligt att plagioklas eller spinell snarare än granat fanns i den mantel som de bildats ur.

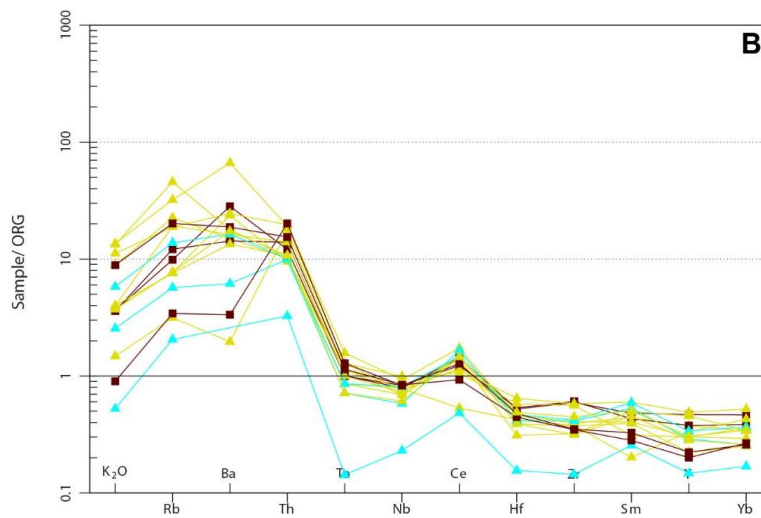
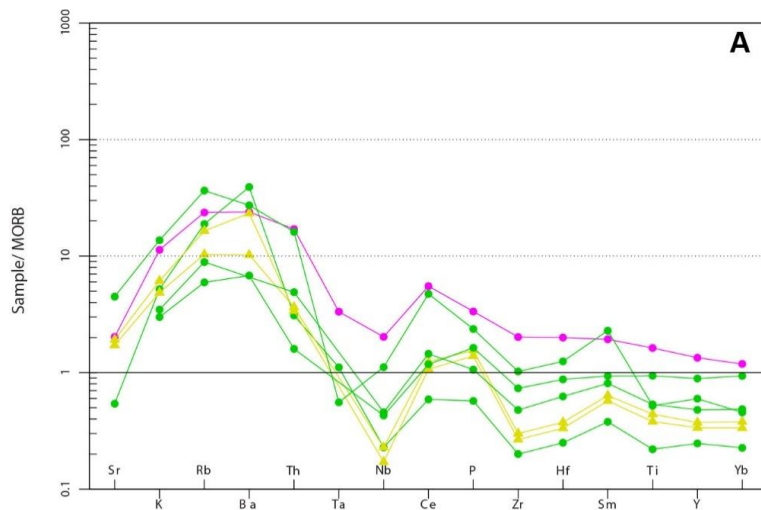
Den tektoniska miljö i vilken de magmatiska bergarterna bildades var en magmatisk öbåge enligt figur 30 (Pearce 1983, Pearce m.fl. 1984); det kan vara värt att notera att en klassificering av tektonisk miljö med hjälp av kemisk sammansättning dock inte är alldeles säker. Jämfört med en tänkt rät linje ungefär genom punkterna för de grundämnena som är mest immobila vid hydrotermal omvandling, t.ex. Ta, Nb, Hf, Zr, Sm, Y och Yb, har i varierande grad K, Rb, Ba, Th och Ce höga halter, vilket är karakteristiskt för magmatiska bågar (Pearce 1983, Pearce m.fl. 1984). De höga halterna av K, Rb, Ba och Th beror på anrikning genom hydrotermala fluider och hög halt av Ce på anrikning genom en smältfas i subduktionsmiljön (Pearce 1983, Pearce m.fl. 1984).

Även i figur 31 enligt Pearce m.fl. (1984) antyds en öbågekaraktär för områdets sura magmatiska bergarter.



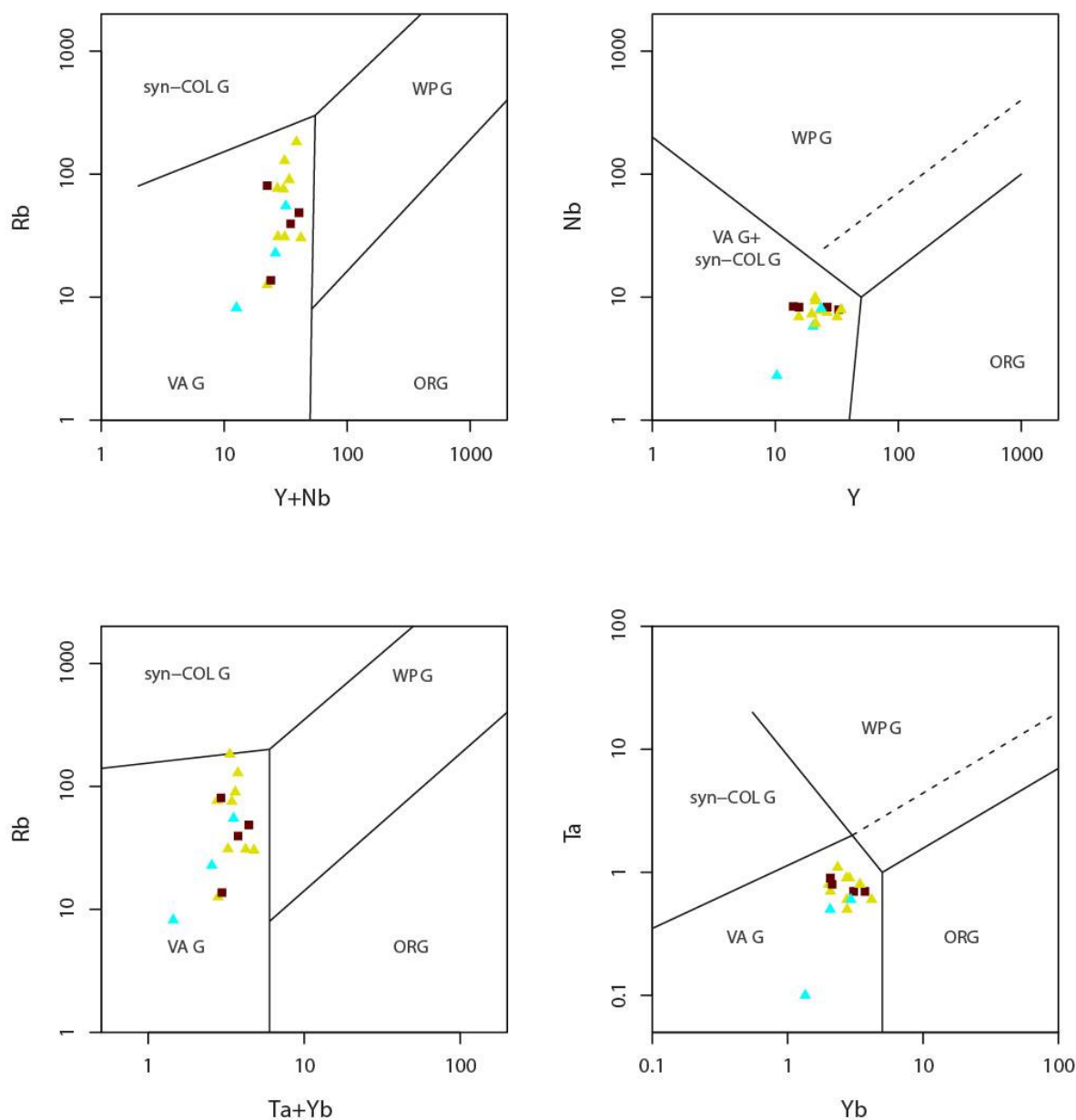
Figur 29. Kondritnormaliserade (Boynton 1984) REE-mönster för områdets bergarter. Symboler som i figur 26. **A.** Mafiska bergarter. **B.** Sura bergarter och ytbergarter.

REE plots for the rocks of the project area. Symbols as in Figure 26. A. Mafic rocks. B. Felsic intrusive and supracrustal rocks.



Figur 30. Plottar för bestämning av tektonisk bildningsmiljö, i båda framträder en magmatisk öbågekaraktär. Symboler som i figur 26. **A.** Områdets basiska bergarter (enligt Pearce 1983). **B.** Områdets sura bergarter och ytbergarter (enligt Pearce m.fl. 1984).

*Plots for descrimination of tectonic setting. In both cases, the element distibutions are consistent with a magmatic or island arc setting. Symbols as in Figure 26. **A.** The mafic rocks. **B.** The felsic intrusive and supracrustal rocks.*



Figur 31. Diagram för bestämning av tektonisk bildningsmiljö för sura magmatiska och ytbergarter, i alla framträder en magmatisk öbågekaraktär (VAG = volcanic arc granite, syn-COLG = syncollision granite, WPG = within plate granite, ORG = oceanic ridge granite) enligt Pearce m.fl. (1984). Symboler som i figur 26.

Plots showing tectonic setting for the felsic and supracrustal rocks. In all cases, a volcanic arc granite (VAG) character is indicated. Symbols as in Figure 26.

ÅLDERSBESTÄMNING

Ett prov av en klastisk metavulkanit vid Byngsbodberget, cirka 15 km västnordväst om Falun, togs för åldersbestämning. Fältförhållanden tyder på att denna bergart ligger lågt i områdets lagerföljd. Uran-blyisotopanalyser av zirkoner i den ger en sannolik magmatisk kristallisations-ålder på 1900 ± 9 Ma. Analyserna utfördes med metoden SIMS (eng. *Secondary Ion Mass Spectrometry*) vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. En närmare redogörelse för dateringsarbetet finns i Lewerentz m.fl. (2021b).

REFERENSER

- Aaro, S., 1982: Regionalgeofysiska interpretationer av kartbladen 13E (NO, SO) samt 13F. *Geofysisk rapport, brp82414*, Sveriges geologiska undersökning, 74 s.
- Brolin, C., Lewerentz, A. & Ripa, M., 2020: Bergslagen, etapp 2. Berggrundskartering i området Grycksbo-Insjön. *SGU-rapport 2020:08*, Sveriges geologiska undersökning, 16 s.
- Chen, G.-N. & Grapes, R., 2007: *Granite genesis: in-situ melting and crustal evolution*. Springer, 278 s.
- Cox, K.G., Bell, J.D. & Pankhurst, R.J., 1979: *The Interpretation of Igneous Rocks*. George Allen & Unwin, London, 450 s.
- Connolly, J.A.D., 2009: The geodynamic equation of state: What and how. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 10, Q10014.
- Dokukina, K.A., Konilov, A.N., 2011: 18 – Metamorphic Evolution of the Gridino Mafic Dyke Swarm (Belomorian Eclogite Province, Russia). I: L.F. Dobrzhinetskaya, S.W. Faryad, S. Wallis & S. Cuthbert: *Ultrahigh-Pressure Metamorphism*, Elsevier, 579–621.
- Döse, M. & Kübler, L., 2011: Beskrivning till bergkvalitetskartan Södra Dalarna. *Sveriges geologiska undersökning K368*, 56 s.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A & Mitchell, F.C., 2007: Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th-Co discrimination diagram. *Journal of Petrology* 48, 2341–2357.
- Hjelmqvist, S., 1966: Beskrivning till berggrundskarta över Kopparbergs län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 40*, 217 s.
- Hjelmqvist, S. & Lundqvist, G., 1953: Beskrivning till kartbladet Säter. *Sveriges geologiska undersökning Aa 194*, 97 s.
- Holland, T.J.B., Baker, J. & Powell, R., 1998: Mixing properties and activity-composition relationships of chlorites in the system MgO-FeO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O. *European Journal of Mineralogy* 10, 395–406.
- Holland, T.J.B. & Powell R., 1998: An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. *Journal of Metamorphic Geology* 16, 309–343.
- Holland, T. J. B. & Powell, R., 2011: An improved and extended internally consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest, involving a new equation of state for solids. *Journal of Metamorphic Geology* 29, 333–383.
- Hughes, C.J., 1973: Spilites, keratophyres and the igneous spectrum. *Geological Magazine* 6, 513–527.
- Kresten, P. & Aaro, S., 1987a: Berggrundskartan 13F Falun NV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 15*.
- Kresten, P. & Aaro, S., 1987b: Berggrundskartan 13F Falun NO. *Sveriges geologiska undersökning Ai 16*.
- Kresten, P. & Aaro, S., 1987c: Berggrundskartan 13F Falun SV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 17*.
- Lewerentz, A., 2021: Geologisk 3D-modell, Slättbergs gruvor, Leksands kommun. *SGU-rapport 2021:16*, Sveriges geologiska undersökning, 10 s.
- Lewerentz, A., Brolin, C. & Ripa, M., 2021a: Berggrundsundersökning i området Grycksbo-Insjön år 2020. *SGU-rapport 2021:12*, Sveriges geologiska undersökning, 12 s.
- Lewerentz, A., Ripa, M. & Morris, G., 2021b: Time constraints on the deposition of a mineralisation-proximal metavolcaniclastic rock at Byngsbodberget, northwest of Falun, Bergslagen, Sweden. *GFF* 143, 321–327.
- Luth, S. & Bergman, S., 2020: Bergslagen, etapp 1. Regional strukturanalys i Bergslagen – från lineament till skjuvzon, *SGU-rapport 2020:13*, Sveriges geologiska undersökning, 37 s.
- Pearce, J.A., 1982: Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. I: R.S. Thorpe (red.): *Andesites*. John Wiley, Chichester, 525–547.

- Pearce, J.A., 1983: Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. I: C.J. Hawkesworth & M.J. Norry (red.): *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva Publishing Ltd., 231–272.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. & Tindle, A.G., 1984: Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology* 25, 956–983.
- Powell, R. & Holland, T.J.B., 1999: Relating formulations of the thermodynamics of mineral solid solutions: Activity modeling of pyroxenes, amphiboles, and micas. *American Mineralogist* 84, 1–14.
- Raith, M.M., Brandt, S., Sengupta, P., Berndt, J., John, T., & Srikantappa, C., 2016: Element mobility and behaviour of zircon during HT metasomatism of ferroan basic granulite at Ayyarmali, South India: evidence for polyphase Neoarchean crustal growth and multiple metamorphism in the northeastern Madurai province. *Journal of Petrology* 57, 1729–1774.
- Ripa, M., 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 1–3, Sveriges geologiska undersökning, 918 s.
- Ripa, M., Carlsson, M., Luth, S., Nysten, P. & Thörnelöf, M., 2018: Beskrivning till berggrunds-kartan i projekt Falun, gruvnära kartering. *Sveriges geologiska undersökning K622*, 58 s.
- 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: M.B. Stephens & J. Bergman Weihed (eds.): Sweden: lithotectonic framework, tectonic evolution and mineral resources. *Geological Society of London Memoirs* 50, 105–206.
- Stephens, M.B., Ripa, M., Lundström, I., Persson, L., Bergman, T., Ahl, M., Wahlgren, C.-H., Persson, P.-O. & Wickström, L., 2009: Synthesis of the bedrock geology in the Bergslagen region, Fennoscandian Shield, south-central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ba 58*, 259 s.
- Warr, L.N., 2021: IMA–CNMNC approved mineral symbols. *Mineralogical Magazine* 85, 291–320.
- White, R.W., Powell, R. & Johnson, T.E., 2014: The effect of Mn on mineral stability in metapelites revisited: new a–x relations for manganese-bearing minerals. *Journal of Metamorphic Geology* 32, 809–828.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A., 1977: Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology* 20, 325–343.

BILAGA 1. BERGARTSKEMISK ANALYS (UTOM REE)

Bilaga 1. De provtagna bergarternas kemiska sammansättning (utom REE)

Provnummer	ALZ192039A	ALZ200002A	ALZ192067A	ALZ192069A	ALZ200130A	ALZ200131A
Bergart	Basalt (spil.?)	Basalt (spil.?)	Dacit	Dacit	Ryolit-dacit	Ryolit-dacit, omv.
NS-koord.		6728862	6728902	6728372	6725228	6725412
OV-koord.		519464	520731	520987	515004	514689
SiO2	43,6	46,7	77,4	61,7	82,8	69,5
TiO2	0,57	0,66	0,17	0,5	0,09	0,65
Al2O3	14,9	17	11,05	15,7	10	12,9
Fe2O3	9,81	11	4,38	7,34	1,28	2,64
CaO	14,25	11,95	0,83	5,76	1,39	4,34
MgO	5,02	6,48	2,41	2,95	0,42	1,49
MnO	0,17	0,15	0,04	0,2	0,03	0,09
Na2O	3,22	2,75	3,11	2,12	2,85	6,01
K2O	0,92	0,73	0,59	3,56	1,59	1,6
P2O5	0,17	0,19	0,02	0,09	0,03	0,11
Ag	0,07	0,07		0,02	0,01	0,01
As	0,7	0,5	0,2	0,4	0,3	0,7
Ba	466	205	98	751	812	671
Be	0,13	0,1	0,2	0,41	0,2	0,35
Bi	0,07	0,09	0,12	0,22	0,2	0,16
Cd	0,11	0,07			0,07	0,01
Co	41	50	5	21	1	3
Cr	120	140	20	20	20	10
Cs	0,91	1,49	1,33	0,38	1,36	0,3
Cu	105	70,2	3	12	2,2	1,2
Ga	13	16,1	13,1	20,3	11,1	14,5
Ge	0,09	0,07		0,2	0,08	0,1
Hf	0,8	0,9	3,5	4,2	3,5	5,8
In	0,013	0,011	0,014	0,027	0,012	0,006
Li	8,2	5,7	3,3	3,8	3,2	0,2
Mo	0,29	0,19	2		0,28	0,72
Nb	0,6	0,8	6,9	7,5	7,3	7,9
Ni	36	50	7	11		
Pb	12	7	5	6	12	11
Rb	32,9	20,7	12,6	90,1	76,5	30,3
Re	0,001	0,001	0,001	0,001		
Sb	0,15	0,21	0,06	0,07	0,09	0,11
Sc	39	44	7	33	2	14
Se	0,9	0,2		0,9	0,2	
Sn	1	1	1	2	3	4
Sr	230	207	52	76	77	48,9
Ta			0,8	0,9	0,7	0,6
Te	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Th	0,68	0,73	13,9	8,08	11,15	8,54
Tl	0,04	0,07	0,03	0,44	0,08	
U	0,49	0,48	4,18	2,17	3,15	3,28
V	244	289	37	151		82
W	0,16	0,12	3	2	0,55	0,25
Y	10,1	11,2	15,5	26,3	19,8	34,2
Zn	80	123	22	75	31	40
Zr	24	27	127	134	107	197

Bilaga 1. Fortsättning.

Provnummer	ALZ192004A	ALZ192020A	ALZ192027A	ALZ192060A	CMR200188A	ALZ200096A
Bergart	Ryolit	Ryolit	Ryolit	Ryolit	Ryolit	Ytbergart
NS-koord.	6724312	6727122	6727687	6728076	6729343	6730793
OV-koord.	520095	519188	518981	520573	513225	535635
SiO2	69,9	74,1	54,5	78,1	74,5	68,4
TiO2	0,46	0,13	0,75	0,11	0,23	0,32
Al2O3	13,9	10,95	13,95	12,01	13,25	16,1
Fe2O3	5,02	4,86	16,2	0,6	4,08	5,2
CaO	2,54	0,07	0,35	0,28	1,43	0,98
MgO	1,23	3,07	4,63	0,18	1,1	2,83
MnO	0,08	0,07	0,4	0,01	0,09	0,08
Na2O	4,17	0,21	0,15	2,97	4,05	5,05
K2O	1,49	5,44	5,32	4,47	1,49	1,02
P2O5	0,12	0,02	0,17	0,03	0,05	0,09
Ag	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02
As	0,3	0,4	0,2	0,5	0,1	0,1
Ba	1185	3320	890	1225	869	308
Be	0,12	0,25	0,49	0,07	0,76	0,67
Bi	0,09	0,3	4,5	0,05	0,31	0,13
Cd			0,5		0,02	
Co	5	4	15	1	4	7
Cr	10	10	10	10	10	20
Cs	0,4	0,93	2,91	0,23	1,51	1,25
Cu	17	2	2	4	2,4	2,4
Ga	18,2	16,4	25,8	10,7	15,3	18,5
Ge	0,12	0,07	0,35		0,12	0,11
Hf	3,8	5,2	2,8	4,1	4,4	3,7
In	0,031	0,026	0,098		0,034	0,022
Li	3,5	8,4	19,2	0,4	4,5	11,9
Mo	1		1		1,1	3,77
Nb	7,8	9,9	6,9	9,3	6,1	5,8
Ni	1	1	6	3		
Pb	4	15	21	11	20	6
Rb	30,8	128,5	182,5	75,3	31	22,8
Re		0,001	0,002	0,001		0,002
Sb	0,06	0,1	0,08	0,12	0,12	
Sc	15	10	26	3	6	10
Se	0,5			0,6		0,3
Sn	2	2	5	4	2	2
Sr	161	37	6	61	115	107,5
Ta	0,8	0,9	0,6	1,1	0,5	0,5
Te	0,02	0,03	0,1	0,01	0,03	
Th	7,61	15,25	8,28	15,7	8,58	7,94
Tl	0,13	0,29	0,97	0,02	0,06	0,09
U	2,18	4,61	2,05	3,92	2,81	4,21
V	12		180		18	38
W	2	3	3	3	0,3	
Y	23,3	21,1	31,8	21,1	21,3	20,3
Zn	30	43	90	10	64	58
Zr	128	190	109	138	152	140

Bilaga 1. Fortsättning.

Provnummer	ALZ200102A	CMR200152A	ALZ200014A	ALZ192055A	ALZ192055B	CMR200172A
Bergart	Ytbergart	Glimmerskiffer	Gråvacka	Granodiorit	Granodiorit	Subvulk. granit
NS-koord.	6731075	6728858	6726022	6722922	6722922	6727731
OV-koord.	535918	516213	522084	522584	522584	518297
SiO2	50,5	63,4	54,5	73,5	71,6	75,5
TiO2	0,54	0,58	0,77	0,32	0,26	0,11
Al2O3	16,75	16,05	20,5	13,25	13,35	15,05
Fe2O3	11	9,86	9,94	3,42	3,13	1,03
CaO	10,05	0,25	2,09	2,5	1,42	1,02
MgO	5,36	4,13	3,09	1,78	0,79	0,21
MnO	0,2	0,14	0,06	0,05	0,04	0,02
Na2O	3,78	1,73	3,21	3,87	4,92	7,69
K2O	0,21	2,32	3,54	1,46	1,44	0,36
P2O5	0,1	0,12	0,1	0,08	0,06	0,02
Ag	0,01	0,01	0,05	0,02	0,01	0,04
As	0,4	0,5	0,3	0,2		0,7
Ba	88,3	817	553	1415	713	167
Be	0,17	0,06	0,88	0,13	1,08	0,43
Bi	0,56	0,12	0,1	0,23	0,07	0,09
Cd	0,04	0,01	0,04			0,02
Co	38	14	18	6	5	1
Cr	30	50	80	10	20	20
Cs	0,98	0,58	5,11	1,43	0,38	0,83
Cu	2,4	1,6	19,2	6	4	7,9
Ga	17,6	18,7	25,3	14,1	14,2	12,3
Ge	0,13	0,24	0,25	0,12	0,06	0,09
Hf	1,4	4,2	7,7	4,8	4,7	4,3
In	0,014	0,078	0,042	0,034	0,012	
Li	2,8	7,1	19,2	9,6	6,9	1,4
Mo	0,21	0,29	0,09	1	1	0,58
Nb	2,3	8,1	14,4	8,3	7,9	8,3
Ni	2	20	19	4	2	
Pb	9	5	30	2	9	9
Rb	8,2	55	145,5	39,5	48,6	13,7
Re				0,003	0,004	
Sb	0,06			0,06	0,05	0,24
Sc	38	22	24	10	9	3
Se	0,2	0,3	0,4	0,6		
Sn	2	2	3	1	3	1
Sr	222	27,3	89,3	172	107	93,4
Ta	0,1	0,6	1,2	0,7	0,7	0,9
Te		0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
Th	2,61	8,04	14,85	9,68	11,15	16,15
Tl	0,02	0,16	0,44	0,16	0,02	0,02
U	1,28	2,83	4,26	2,59	2,82	3,69
V	275	88	99	16	14	6
W	0,16	0,18	0,18	1	3	0,09
Y	10,3	23,6	37,2	26,4	32,7	15,6
Zn	106	90	126	27	21	17
Zr	49	143	266	206	201	119

Bilaga 1. Fortsättning.

Provnummer	CMR200175A	ALZ192004B	CMR200188B	CMR200189A	ALZ200039A	ALZ192060B
Bergart	Subvulk. granit	Basit	Basit	Basit	Gabbroid	Diabas
NS-koord.	6727457	6724312	6729343	6729021	6731915	6728076
OV-koord.	517847	520095	513225	513333	525891	520573
SiO2	76,6	46,4	46,4	48,9	46,7	49,8
TiO2	0,12	0,33	1,41	0,8	0,78	2,44
Al2O3	12,55	11,8	14,95	17,55	10,35	15,1
Fe2O3	1,82	11,05	14,6	11,65	13,6	14,65
CaO	1,19	10,45	10,1	10,15	10,5	7,76
MgO	0,21	14,85	7,39	6,01	12,15	5,01
MnO	0,02	0,22	0,25	0,22	0,21	0,2
Na2O	3,89	0,86	2,31	2,71	1,86	2,7
K2O	3,55	0,78	0,45	0,52	2,05	1,7
P2O5	0,03	0,07	0,2	0,13	0,29	0,41
Ag	0,01	0,02	0,02	0,18	0,06	0,03
As				0,6	1	
Ba	939	783	136	112,5	546	478
Be	0,27	0,37	0,24	0,22	0,28	0,17
Bi	0,13	0,64	0,26	0,48	0,11	0,05
Cd	0,02	0,8	0,77	0,29	0,04	0,6
Co	1	72	52	33	66	51
Cr	20	460	80	20	330	50
Cs	1,03	2,31	1,34	2,2	2,1	1,83
Cu	0,9	1	13,3	8,7	57,9	52
Ga	14,4	9,5	19,8	18,3	15,1	20,8
Ge	0,09	0,06	0,13	0,14	0,15	0,22
Hf	4	0,6	2,1	1,5	3	4,8
In	0,008	0,009	0,018	0,032	0,015	0,043
Li	2,5	4,2	5,3	4,3	5,4	6,7
Mo	0,76		0,2	0,13	0,76	
Nb	8,4	0,8	1,5	1,6	3,9	7,1
Ni	1	177	76	14	124	67
Pb	13	1,6	29	19	9	4
Rb	80,7	37,7	11,9	17,8	72,9	47,4
Re		0,001				0,003
Sb		0,06	0,07	0,11	0,05	0,07
Sc	3	45	42	46	48	26
Se			0,4	0,2		0,3
Sn	2	3	2	2	2	1
Sr	85,9	65	146,5	195,5	539	243
Ta	0,8	0,2			0,1	0,6
Te	0,01	0,03	0,01	0,05	0,01	0,02
Th	12,35	0,62	0,32	0,98	3,23	3,41
Tl	0,03	0,04	0,04	0,02	0,16	0,15
U	4,92	0,28	0,22	0,42	1,2	0,96
V	8	189	316	359	282	239
W	0,05	3	0,32	0,22	0,33	3
Y	14	7,4	26,7	14,4	17,9	40,3
Zn	26	104	213	170	116	133
Zr	118	18	66	43	92	182

Bilaga 1. Fortsättning.

Provnummer	ALZ192054A	ALZ192028A	ALZ200022A	ALZ192048A	ALZ192051A	ALZ192052A
Bergart	Skarn	Fe-min.	Fe-min.	S-min.	S-min.	S-min.
NS-koord.	6724996	6727869	6729342	6729916	6738230	6738272
OV-koord.	519989	519028	523857	520622	511911	512052
SiO2	49,1	31,3	13	44,7	30,3	10,55
TiO2	0,09	0,04	0,11	0,17	0,2	0,05
Al2O3	6,87	1,02	2,75	10,55	5,57	5,4
Fe2O3	41,1	52,8	72,8	24,1	43,3	81,5
CaO	1,47	7,88	1,81	0,68	0,22	0,22
MgO	2,12	4,39	7,94	5,95	1,3	1,6
MnO	0,61	1,05	0,09	0,25	0,06	0,15
Na2O	0,05	0,09		0,38	0,19	0,01
K2O	0,64	0,04		0,9	0,17	0,09
P2O5	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01
Ag	0,07	0,05	2,16	8,12	1,44	4,39
As	0,7	1,2	0,6	1,6	3,8	1,1
Ba	316	11	1,7	263	97	884
Be	0,25	13,15		0,24	0,58	15,95
Bi	12,3	3,39	0,22	27,6	8,99	14,75
Cd		2,3	0,77	83,9		1,6
Co	38	23	133	11	787	911
Cr	10			10	160	60
Cs	1,48	0,08	0,03	1,55	10,75	20,3
Cu	57	1	1110	4870	3100	7070
Ga	11,1	7,7	16,1	17,7	7,9	15,9
Ge	0,45	1,01	0,37	0,42	1,24	2,32
Hf	2,5	0,6	0,9	4,5	1,3	0,4
In	0,169	0,022	0,081	0,455	0,184	0,128
Li	1,3	0,3	0,3	2,7	2,2	2,1
Mo	3	5	0,4	1	2	7
Nb	5,8	1,5	1,4	7,7	3,9	3,9
Ni	28	1	23	4	4030	9640
Pb	8	2	12	16550	37	122
Rb	36,4	1,6	0,4	23,8	14,6	21,7
Re	0,003	0,001	0,006	0,002	0,065	0,341
Sb	0,06	0,63	0,11	2,92	0,22	0,1
Sc	2	1	2	10	7	
Se	5,3		2,8	18,1	44,1	10,4
Sn	3	2	4	4	5	6
Sr	2	6	0,9	12	10	21
Ta	0,2	0,2	0,1	0,5	0,4	0,3
Te	0,06	0,87	0,05	0,07	6,3	4,42
Th	7,24	1,88	1,53	10,6	5,19	1,57
Tl	0,32		0,12	0,41	1,99	0,15
U	3,49	0,5	1,53	4,73	2,27	3,14
V	11		10		75	1030
W		24	0,51	4	1	15
Y	24,6	6,5	2,3	27,2	7,6	2,2
Zn	58	98	490	33800	104	111
Zr	81	22	33	166	38	13

Bilaga 1. Fortsättning.

Provnummer	ALZ192053A	ALZ192075A
Bergart	S-min.	S-min.
NS-koord.	6738501	6727783
OV-koord.	512764	521801
SiO2	5,7	45,6
TiO2	0,56	0,08
Al2O3	1,51	4,54
Fe2O3	42,8	20,3
CaO	0,8	20,5
MgO	1,05	4,55
MnO	0,07	3,28
Na2O	0,07	0,14
K2O	0,02	0,02
P2O5	0,06	0,02
Ag	2,41	1,78
As	2,4	1,2
Ba	14	6
Be	0,21	0,24
Bi	8,65	18,8
Cd	2,5	28,7
Co	1080	5
Cr	470	
Cs	0,4	0,17
Cu	9990	260
Ga	2,9	7,1
Ge	0,51	0,59
Hf	1,2	1,7
In	0,119	2,44
Li	2,1	0,3
Mo	3	
Nb	7,2	2,5
Ni	9960	1
Pb	7	557
Rb	0,7	1,9
Re	0,243	
Sb	0,06	0,14
Sc	4	6
Se	49,6	7,6
Sn	2	35
Sr	6	47
Ta	0,6	0,2
Te	4,11	4,14
Th	0,08	3,02
Tl	1,46	0,04
U		0,83
V	67	5
W	2	3
Y	3,9	11,9
Zn	133	8290
Zr	46	61

BILAGA 2. HALTER AV SÄLLSYNTA JORDARTSMETALLER

Bilaga 2. Halter av sällsynta jordartsmetaller (REE) i de provtagna bergarterna.

Provnummer	ALZ192039A	ALZ200002A	ALZ192067A	ALZ192069A	ALZ200130A	ALZ200131A
La	4,8	5,7	27,3	22,7	30,2	18,8
Ce	10,7	12,4	51,2	41,1	51,5	39,5
Pr	1,55	1,78	5,27	4,99	6,16	5,27
Nd	8	8,9	17,9	19,9	22,1	24,1
Sm	1,89	2,1	3,54	3,96	4,08	5,37
Eu	0,75	0,85	0,77	0,85	0,47	1,24
Gd	2,22	2,5	2,9	4,18	4,01	5,76
Tb	0,34	0,37	0,44	0,67	0,59	0,97
Dy	1,96	2,25	2,71	4,35	3,5	6,44
Ho	0,41	0,52	0,54	0,9	0,71	1,34
Er	1,26	1,39	1,63	2,84	2,15	4,1
Tm	0,19	0,21	0,26	0,38	0,3	0,59
Yb	1,14	1,29	2,01	2,72	2,07	4,17
Lu	0,17	0,18	0,36	0,43	0,31	0,61

Bilaga 2. Fortsättning.

Provnummer	ALZ192004A	ALZ192020A	ALZ192027A	ALZ192060A	CMR200188A	ALZ200096A
La	8,1	14,6	24,5	32,3	27,8	33,9
Ce	18,6	36,9	49,1	60,5	50,7	58
Pr	2,03	3,4	5,32	6,13	6,12	6,81
Nd	7,4	12,6	21,4	21,3	24,3	26,2
Sm	1,81	2,79	4,47	3,64	4,54	4,75
Eu	0,71	0,51	0,81	0,4	0,84	1,08
Gd	1,9	2,54	4,64	3,46	4,23	4,44
Tb	0,37	0,5	0,75	0,52	0,62	0,59
Dy	3,01	3,32	4,88	3,25	4,24	3,78
Ho	0,81	0,76	1,07	0,75	0,88	0,78
Er	3,01	2,48	3,34	2,23	2,58	2,35
Tm	0,4	0,36	0,4	0,3	0,41	0,35
Yb	3,42	2,86	2,74	2,34	2,75	2,06
Lu	0,55	0,42	0,47	0,32	0,43	0,29

Bilaga 2. Fortsättning.

Provnummer	ALZ200102A	CMR200152A	ALZ200014A	ALZ192055A	ALZ192055B	CMR200172A
La	8,2	26,3	47	19,3	29,6	20,3
Ce	16,9	51,5	85,3	42,9	50,1	44,6
Pr	2,23	6,7	11,35	4,4	5,94	4,68
Nd	9,9	26,7	44,5	17,1	22,1	15,7
Sm	2,3	5,32	8,29	3,87	4,33	2,94
Eu	0,75	1,17	1,65	0,7	0,84	0,36
Gd	2,33	5,19	8,19	3,51	4,61	2,79
Tb	0,35	0,73	1,14	0,56	0,74	0,49
Dy	2,12	4,83	7,47	4,24	4,4	2,98
Ho	0,42	0,92	1,49	0,89	1,06	0,65
Er	1,25	2,91	4,43	2,71	3,33	2,07
Tm	0,2	0,41	0,67	0,39	0,56	0,33
Yb	1,35	2,93	4,21	3,07	3,72	2,07
Lu	0,17	0,43	0,63	0,48	0,65	0,34

Bilaga 2. Fortsättning.

Provnummer	CMR200175A	ALZ192004B	CMR200188B	CMR200189A	ALZ200039A	ALZ192060B
La	17,8	3,1	5,1	7,4	21,7	24,4
Ce	32,5	5,9	11,8	14,5	47,4	55,2
Pr	3,8	0,83	2,03	2,31	7,03	7,01
Nd	14,1	3,9	10,4	11,1	32,4	29,1
Sm	2,53	1,25	3,09	2,67	7,57	6,37
Eu	0,36	0,35	1,39	1,01	2,03	1,99
Gd	2,21	1,2	4,95	2,63	6,67	7,08
Tb	0,35	0,21	0,75	0,45	0,86	1,13
Dy	2,47	1,17	5,26	2,75	4,5	7,44
Ho	0,51	0,28	1,09	0,58	0,77	1,46
Er	1,89	0,76	3,14	1,66	1,89	4,26
Tm	0,3	0,09	0,45	0,28	0,24	0,59
Yb	2,13	0,77	3,19	1,65	1,55	4,03
Lu	0,33	0,14	0,45	0,23	0,22	0,63

Bilaga 2. Fortsättning.

Provnummer	ALZ192054A	ALZ192028A	ALZ200022A	ALZ192048A	ALZ192051A	ALZ192052A
La	16,1	6,7	0,7	27,6	8,4	2,9
Ce	32,4	11,2	1,2	56,9	16,3	5,8
Pr	3,78	1,38	0,2	6,36	1,81	0,58
Nd	14,2	5,1	1	24,2	6,7	2,1
Sm	3,25	0,81	0,32	5,5	1,52	0,51
Eu	0,53	0,09	0,05	0,81	0,21	0,07
Gd	3,72	0,82	0,44	5,22	1,26	0,46
Tb	0,59	0,11	0,08	0,83	0,19	0,06
Dy	4,16	0,82	0,58	4,4	1,27	0,45
Ho	0,79	0,18	0,11	1,02	0,26	0,07
Er	2,84	0,45	0,35	2,83	0,69	0,23
Tm	0,38	0,04	0,08	0,41	0,09	0,02
Yb	2,8	0,35	0,49	2,86	0,81	0,2
Lu	0,4	0,05	0,06	0,41	0,11	0,03

Bilaga 2. Fortsättning.

Provnummer	ALZ192053A	ALZ192075A
La	1,2	7,4
Ce	3,6	15,4
Pr	0,55	1,82
Nd	2,7	7,2
Sm	0,65	1,54
Eu	0,26	0,46
Gd	0,79	1,66
Tb	0,15	0,3
Dy	0,8	1,91
Ho	0,15	0,43
Er	0,37	1,32
Tm	0,03	0,17
Yb	0,27	1,2
Lu	0,03	0,23