

Metodutveckling, Ekonomisk geologi (2016–2017)

Relationen mellan Mo-mineraliserad GP-granit och scheelitförande exoskarn i Pingstaberg

Magnus Ripa & Ildiko Antal Lundin

april 2020

SGU-rapport 2020:10



Omslagsbild: Gruvlave och industribyggnader vid Yxsjöberg i bakgrunden.
Distant view of head frame and other buildings at Yxsjöberg.
Fotograf: Magnus Ripa

Författare: Magnus Ripa & Ildiko Antal Lundin
Granskad av: Författarna har läst varandras avsnitt
Ansvarig enhetschef: Nikolaos Arvanitidis
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

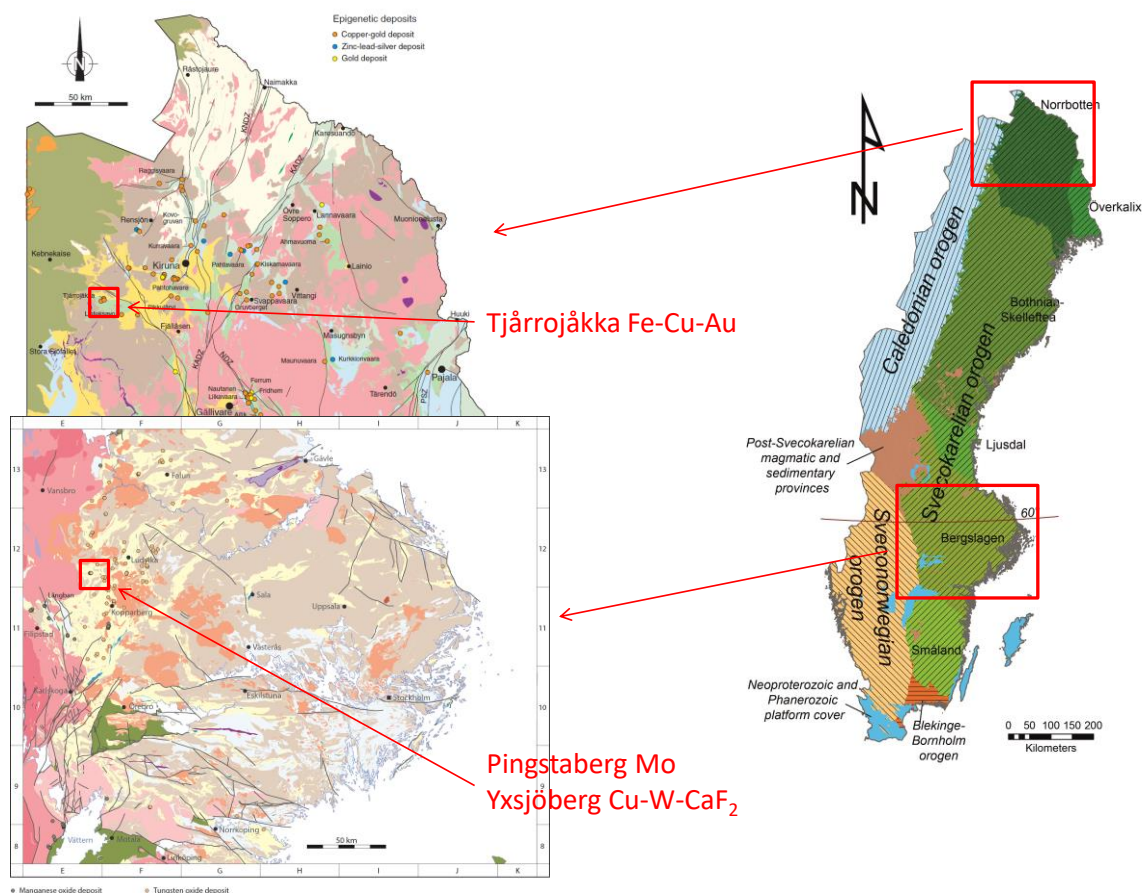
Abstract.....	4
Inledning.....	4
Tidigare arbeten.....	5
Projektarbete 2016	7
Fältarbete 2016.....	7
Geofysiska mätningar.....	7
Kemiska analyser.....	7
Projektarbete 2017	9
Fältarbete 2017.....	9
Geofysisk översikt	10
Strukturtolkning.....	12
3D-modellering.....	13
Åldersbestämning av Pingstabergrsgraniten.....	16
Referenser.....	17

ABSTRACT

Within the framework of *Metodutveckling, ekonomisk geologi* two projects have been conducted so far (2016–2017). The project in Bergslagen aims to relate the intrusion of a Mo-mineralised GP-type granite to Cu-CaF₂-Mo-W bearing exoskarn at Yxsjöberg and Barnfallshöjden-Kalkåsen. During 2016 and 2017, airborne and ground geophysical investigations, bedrock-mapping and sampling have been performed. Interpretation of previously available and the new geophysical data has led to the identification of several lineaments (probable deformation zones) and magnetic connections. The latter are in general interpreted as strata, which in many cases show z-shape folding. The geophysical data also suggest that unexposed intrusions of GP-type granites may occur to the north and east of Yxsjöberg. Chemical data of the Mo-mineralised Pingstabergr granite preliminary suggest that the rock is more evolved (fractionated) than comparable granites in a regional sense. This may be important from a prospecting point of view. Preliminary SIMS data suggest that the Pingstabergr granite formed at c. 1805 Ma and that inherited zircon is c. 1890 Ma.

INLEDNING

Inom ramen för Metodutveckling, Ekonomisk geologi har hittills (2016–2017) två projekt bedrivits (fig. 1). Det ena i Pingstabergr-Yxsjöbergstrakten i Bergslagen (*Relationen mellan en Mo-mineraliserad granit av GP-typ (Pingstabergr) och Cu-CaF₂-Mo-W-förande exoskarn i Barnfallshöjden och Yxsjöberg*) och det andra vid Tjärrojjäcka i Norrbotten (*4D-modellering av Tjärrojjäckas Fe-Cu-Au-fyndighet*).



Figur 1. Projektområdena.
The project areas.

Projektet i Bergslagen (fig. 1–2) handlar om att undersöka relationen mellan dels en intrusion av granit av s.k. GP-typ (även kallad svekokarelsk serorogen typ; se Stephens m.fl. 2009) och bildningen av scheelitförande exoskarn, dels bildningen av molybdenglans i graniterna själva. Exempel på dessa mineraliseringar som är välkända, relativt välblottade och någorlunda tillgängliga är Yxsjöberg (scheelit) och Pingstabergr (molybdenglans). Intill Pingstabergrsgraniten finns ett kalkstensstråk med Kalkåsen samt Norra och Södra Barnfallsgruvorna varur de senare brutits äldre (ca 1 890 Ma) skarnjärnmineraliseringar. Kalkstenen vid Kalkåsen har en yngre Mo-mineralisering, sannolikt bildad i samband med intrusionen av Pingstabergrsgraniten vid ca 1 800 Ma.

Utgångspunkten i projektet är att testa om ovan nämnda Mo- och W-mineraliseringar i sidoberget är relaterade till magmatisk-hydrotermala processer i samband med intrusionen av Pingstabergrsgraniten. En eventuell bekräftelse på en genetisk koppling mellan graniten och mineraliseringarna kommer att påverka den konceptuella prospekteringsmodellen för yngre skarn- och intrusionsrelaterade W-Sn-Mo±Cu-F-mineraliseringar i Bergslagen.

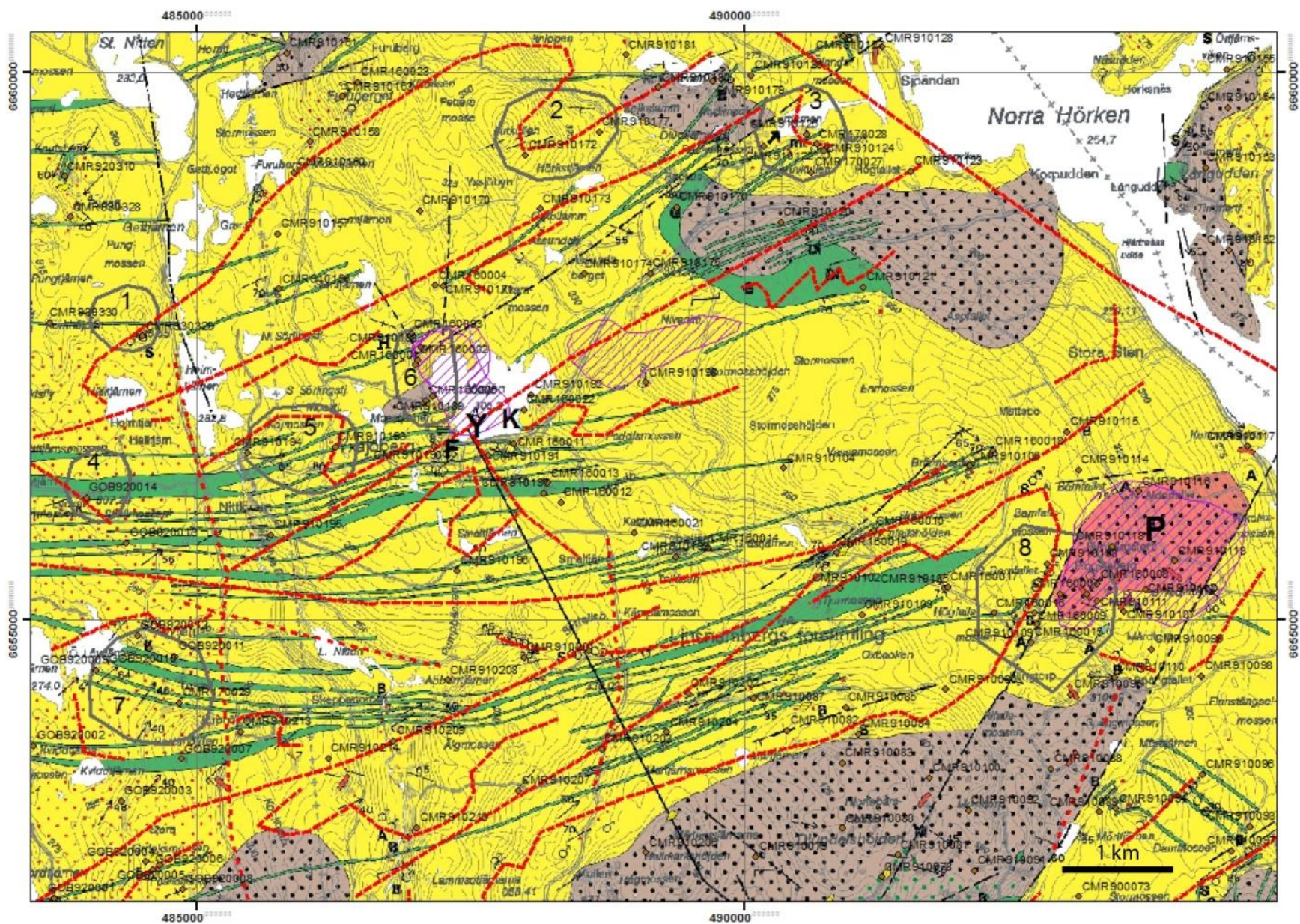
TIDIGARE ARBETEN

Tidigare undersökningar och beskrivningar av Bergslagens och projektområdets berggrund och mineraliseringar har gjorts av bland andra Lindroth (1922), Tegengren m.fl. (1924), Magnusson & Lundqvist (1932), Magnusson (1940, 1973), Geijer & Magnusson (1944), Ohlsson (1979), Ripa (1998) och Stephens m.fl. (2009). Undersökningar av olika aspekter av bergarternas i området kemiska sammansättning (inklusive isotoper) har gjorts av bland andra Hellingwerf m.fl. (1987), Baker & Hellingwerf (1988), Billström m.fl. (1988), Billström (1990), Lindblom & Öhlander (1994) och Romer & Öhlander (1994). Det finns dessutom ett antal prospekteringsrapporter som berör området (se till exempel www.sgu.se/produkter/soktjanster/prospekteringsrapporter/).

Flygburna geofysiska mätningar över undersökningsområdet utfördes av SGU första gången år 1972 med ostvästlig flygriktning och från ca 30 meters höjd. Vid flygmätningen registrerades det jordmagnetiska fältet och markens gammastrålning. Geofysiska arbeten inom området gjordes också på 1980-talet inom prospekteringskampanjer av LKAB vilka även inkluderade en regional tolkning av geofysiska data (Andersson m.fl. 1986). Markmätningar av magnetfält, elektromagnetiskt fält (VLF och slingram) gjordes av Andersson (1983) och Andersson m.fl. (1986). En regional tolkning och sammanställning av geofysisk information gjordes även av Stephens m.fl. (2009).

► **Figur 2.** Projektområdet i Bergslagen plus omnejd. Bakgrunden är berggrundskartan 12E Säfsnäs SO (Ripa 1998). Gul bottenfärg avser sur metavulkanit, grön avser metamafisk intrusivbergart, brun avser sur till intermediär metaintrusivbergart, röd avser yngre granit. Streckad röd linje är konnektion och lineament enligt tolkningen av tillgängliga geofysiska data. Violett streckning avser områden med liknande geofysiska egenskaper som Pingstabergrsgraniten. Nummerade områden (1–8) avser i huvudsak det som undersöktes under fältsäsongen 2017. Y är Yxsjöberg, F är Finn- och Nävergruvorna, K är Kvarnåsen, P är Pingstabergr.

The Bergslagen project area and surroundings on a background of the bedrock map (Ripa 1998). Yellow colour denotes felsic metavolcanic rock, green colour metamafic intrusive rock, brown colour felsic metaintrusive rock, red colour younger granite. Broken red line denotes geophysically interpreted connection and lineament. Purple hatching denotes areas with similar geophysical properties as the Pingstabergr granite.



PROJEKTARBETE 2016

Fältarbete 2016

Under våren 2016 gjordes cirka åtta dagars fältarbete i projektområdet (fig. 2). Inför det gjordes en preliminär tolkning av möjliga magnetiska konnektioner enligt då befintligt geofysiskt underlag och av läget för kända mineraliseringar i SGUs fyndighetsdatabas.

Vid fältarbetet karterades i huvudsak hållar nordnordväst om Yxsjöberg, vid Kalkåsen och i området mellan Barnfallet och Yxsjöberg. Molybdenglansförande prover av Pingstabergrsgranit och skarn vid Kalkåsen togs, dessutom av Pingstabergrsgranit i allmänhet och av möjlig yngre granit nordnordväst om Yxsjöberg. Sulfidhaltiga prover togs ur varp vid Kvarnåsen, Yxsjöberg.

Bergarterna i området mellan Barnfallet och Yxsjöberg domineras av felsiska metavulkaniter och amfibolitgångar (fig. 2). De förra är dels pimpstensförande och kvartsporfyriska (underordnat även fältspatporfyriska) tuffer, dels koherenta, kvarts- och fältspatporfyriska samt lokalt amygdulförande lavar eller subvulkaniter. En penetrativ omvandling i form av mm-stora amfiboler finns på en del platser; möjligen på grund av närheten till amfiboliterna. På en del ställen, till exempel på Brännbacken, dominerar de senare volymsmässigt.

Molybdenglansen vid Kalkåsen sitter i granat i ett granat-kvarts-kalcit-amfibol/pyroxen-skarn som är senare än de tektoniska strukturerna i intilliggande vulkanit. Kvarts $\pm$ bergbeck $\pm$ ådror genomkorsar skarnet. Även amfibolitgångarna påverkades av den skarnbildande processen, och det ser ut som att kontakterna mellan dem och sidoberget styrte hur lösningarna rört sig eftersom mest molybdenglans sitter i skarnet där.

Den preliminära tolkningen av konnektioner (som bara delvis motsvarade den i figur 2) antydde att det på vissa platser, till exempel vid Kalkåsen-Barnfallet och direkt nordost om Yxsjöberg, skulle kunna finnas korsande lagring och dominerande foliation. I det första fallet finns verkligen både ost-västlig lineation och foliation, men lagringen kan inte ses. Dock torde den vara tämligen nordlig utifrån hur kalkstenen vid Kalkåsen och det mineraliserade stråket vid Barnfallsgruvorna är belägna. Vid Yxsjöberg finns möjligen två korsande strukturer, här finns dock i huvudsak lineationer.

Geofysiska mätningar

Under sommaren 2016 gjorde SGU nya flygmätningar inom undersökningsområdet från 60 meters höjd och med 130 graders flygriktning. Denna gång mättes det jordmagnetiska fältet, det elektromagnetiska fältet (VLF-metoden med två olika sändare) och den naturliga gamma-strålningen. Utöver flygmätningarna gjordes tyngdkraftsmätningar för att förtäta befintliga data i syfte att erhålla högre upplösning.

Kemiska analyser

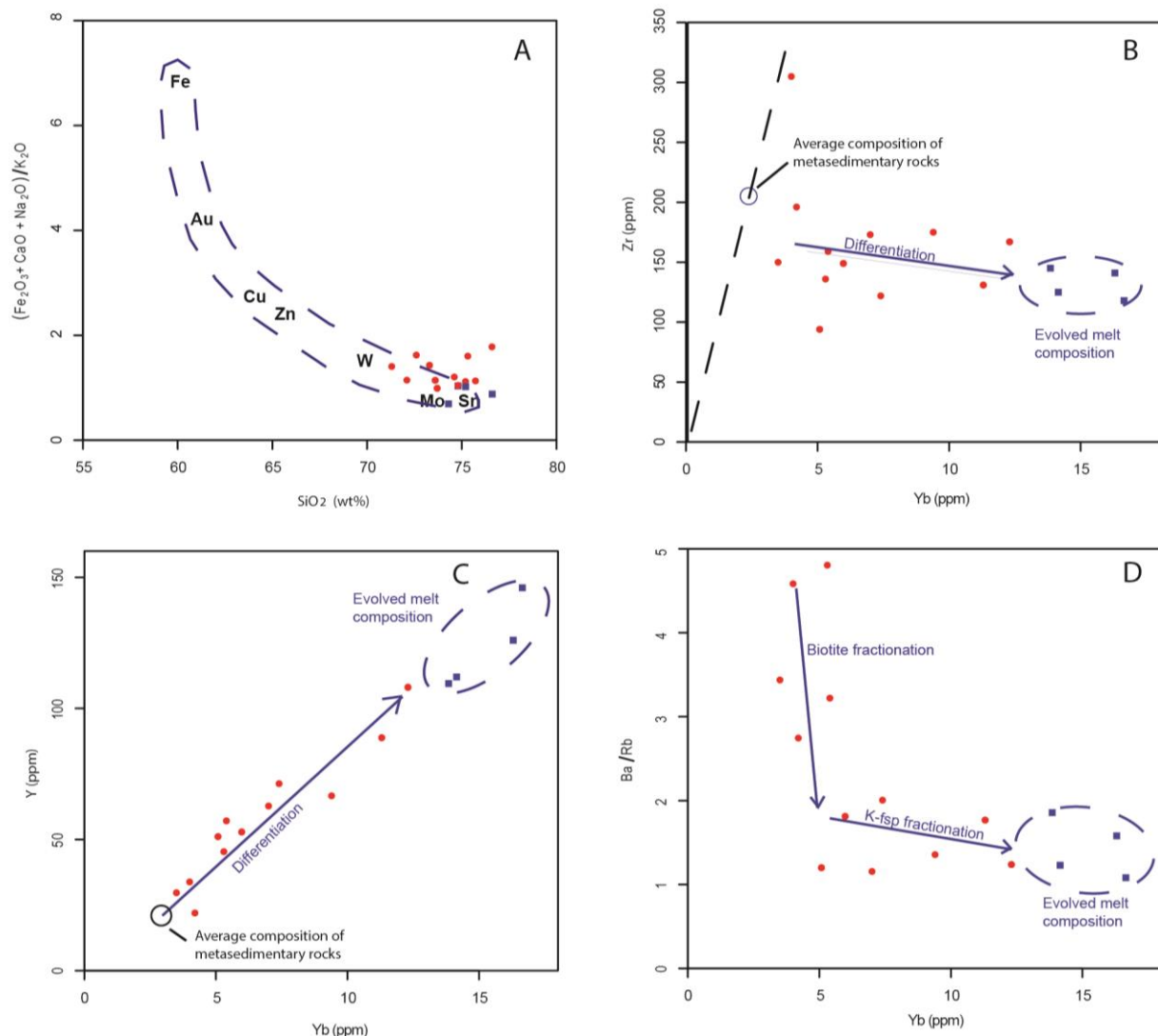
En del av ovan nämnda prover skickades till ALS Chemex för provberedning och analys.

Några av resultaten från den kemiska analysen visas i figurerna 3A–D. Figur 3A visar den genomsnittliga sammansättningen hos plutoniter som relaterar till olika skarntyper enligt Meinert (1993). Proverna från Pingstabergr, liksom de från Bergslagen i allmänhet, plottar ungefär som prover från plutoniter relaterade till Mo-, Sn- och W-haltiga skarn internationellt sett.

Graniterna av GP-typ i den svekokarelska orogenen anses i huvudsak vara bildade genom anatexis eftersom de är associerade med pegmatiter, apliter och migmatiter. Vilket material som smälte upp är okänt och kan ha varit heterogent och bestått av mer än en bergart, sannolikast är

dock någon med klastiskt sedimentärt ursprung. Graniternas sammansättningar representerar i första hand i så fall olika uppsmältningsgrader av denna protolit och eventuell differentiation av bildade smältor.

I figur 3B har halterna två normalt sett inkompatibla grundämnen, Yb och Zr, plottats mot varandra. Dessutom visas de genomsnittliga halterna av samma grundämnen i klastiska metasedimentära bergarter i kartområdet 11GSO (Arnbom 1999). Spridningen i Yb-halter, från ca 4 till 15–16 ppm, visar sannolikt på fraktionering och att Yb uppträtt inkompatibelt, samt att utgångsmaterialet kan ha varit liknande ovan nämnda metasedimentära bergarter. Samtidigt som Yb ökar är dock halten Zr nästan konstant eller något sjunkande. Det innebär att något eller några Zr-bärande mineral, till exempel zirkon, fraktionerats.



Figur 3. Några aspekter av den kemiska sammansättningen hos GP-graniter i Bergslagen. Blå symboler representerar Pingstabergranit, röda representerar andra GP-graniter i kartområdena 12ESO och 11GNO enligt SGUs databas. **A.** Diagram enligt Meinert (1993) som visar medelvärden för sammansättningen hos plutoner med relaterade skarntyper (Fe är järn osv.) internationellt sett. Observera att spridningen kring medelvärdena är stor. **B.** Diagram som visar Yb mot Zr. Enligt diagrammet uppträdde Zr kompatibelt vid fraktionering. **C.** Diagram som visar Yb mot Y. Observera att graden av förändring i halter är likartad (4–5 gånger) för båda dessa grundämnen. **D.** Diagram som visar Yb mot Ba/Rb-kvot. "Böjen" i trenden tolkas som att först ett och sedan två mineral med Rb och Ba fraktionerats. Se texten för vidare diskussion.

Chemical composition of some GP-type granites in Bergslagen. Blue dot denotes Pingstaber sample, red dot other GP granites. Average composition of clastic metasedimentary rocks, supposedly the more likely protolith, are noted in B and C.

Figur 3C visar att Y och Yb var ungefär lika inkompatibla vid bildningen av Bergslagens GP-graniter eftersom Y-halten ökar i jämförbar grad (4–5 gånger) som Yb-halten vid mer fraktionering. Den genomsnittliga sammansättningen hos klastiska metasedimentära bergarter (Ambom 1999) visas också.

Figur 3D visar sannolikt att initialt fraktionerades ett Ba- och Rb-haltigt mineral och sedan ytterligare ett fast med lägre Ba/Rb-kvot, troligen biotit respektive kalifältspat. Förändringen i Ba/Rb-kvot vid fraktionering från lägre till högre Yb-halter beror på att Rb är mera inkompatibelt än Ba i vanliga K-haltiga mineral (kalifältspat och glimrar) och att en sista smälta därför måste ha den lägsta Ba/Rb-kvoten.

Diagrammen i figurerna 3B–D visar alla också att Pingstabergrsgraniten i den här jämförelsen representerar den högsta fraktioneringsgraden av samtliga valda prover av yngre granit, vilket möjligen kan vara viktigt för mineraliseringspotentialen. Intressant är att även spektrometermätningar på mineraliserad varp och ej mineraliserad håll (se avsnitt *Geofysisk översikt*) visar förhöjda U- och Th-halter i den förre.

PROJEKTARBETE 2017

Fältarbete 2017

Under ett par dagar i slutet av april gjordes provtagning och exkursion i projektområdet samt exkursion i Stollberg och Sala. Eftersom det snöade några decimeter blötsnö inskränktes verksamheten i projektområdet i stort sett till provtagning för datering av Pingstabergrsgraniten.

Inför det huvudsakliga fältarbetet 2017 gjordes en omtolkning av geofysiska data vari de nya från flygmätningarna 2016 inkluderats. De lineament och magnetiska konnektioner som nu kan tolkas visas i figur 2. Konnektionerna visar att strukturerna i området i huvudsak är z-veck. Det kontrasterar mot de i en del områden öster om här, till exempel Fagersta–Norberg, där s-veck i motsvarande skala dominerar. Eftersom konnektionerna i flera fall ansluter till mineraliserade horisonter är vår tolkning att de representerar lagring.

Figur 2 visar att den malmförande nivån vid Yxsjöberg sannolikt klipps av en förkastning mellan Finn- och Nävergruvorna i väster och Kvarnåsen i öster. Det må vara samma horisont på båda sidorna, men fortsättningen åt öster av mineraliseringen vid Finn- och Nävergruvorna går i så fall via Smaltjärnen och förkastningen snarare än direkt till Kvarnåsen.

Figur 2 visar också några områden markerade med lila snedstreckning. Här är de geofysiska egenskaperna lika de över Pingstabergrsgraniten, och det kan alltså finnas yngre granit under jordtäcket under och öster om Yxsjön.

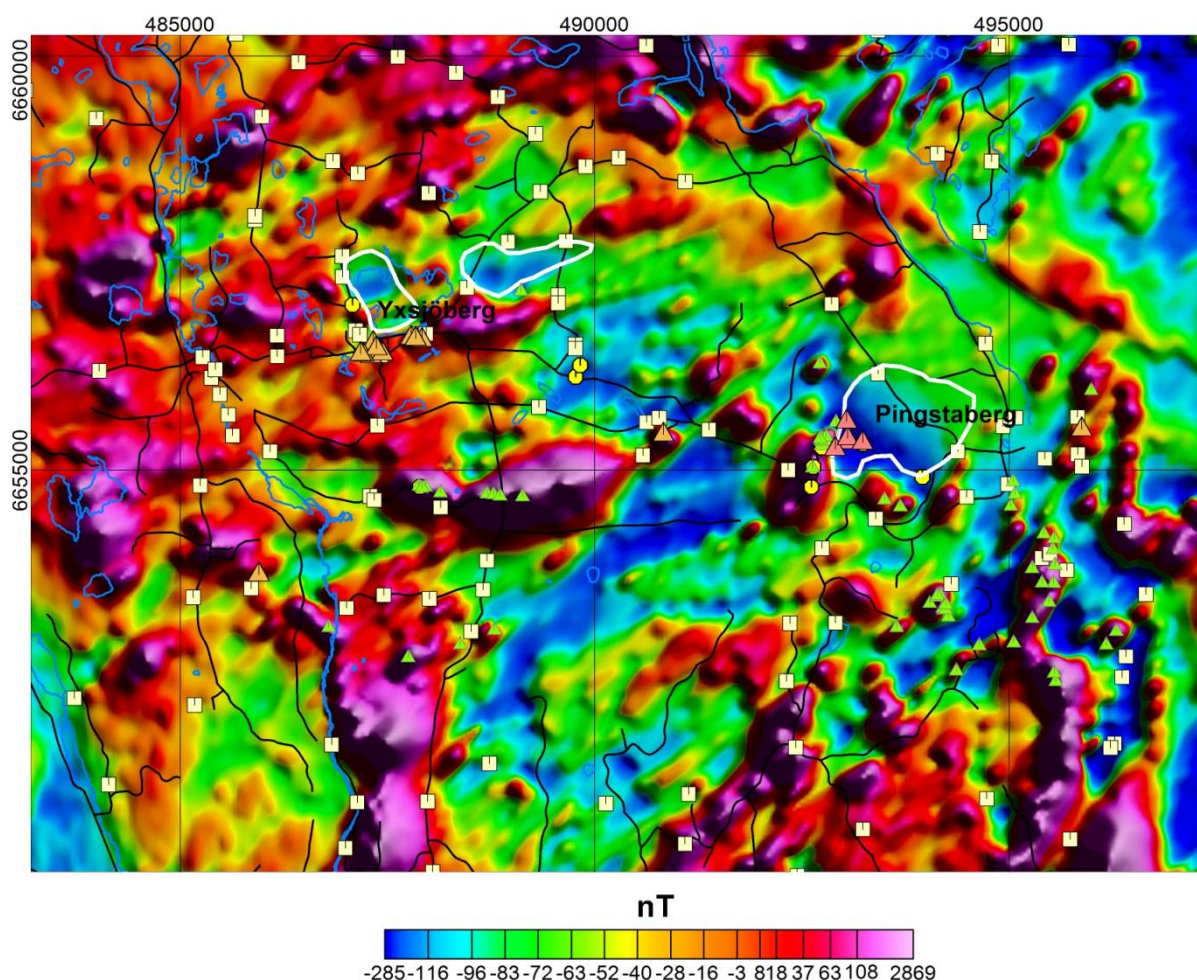
Med hjälp av den nya geofysiska tolkningen valdes ett antal områden ut för fältbesök (numrerade 1–8 i fig. 2). Utgångspunkten var att i de flesta av dessa torde den dominerande tektoniska strukturen (D2) kunna ha hög vinkel mot lagringen. I områdena 3 och 7 är så verkligen fallet, i område 8 är det fortfarande (se avsnitt *Fältarbete 2016*) oklart hur lagringen verkligen stryker. Det som utmärker berget i områdena 3, 7 och 8 är i allmänhet en utpräglad lineation av orienterade mineral och aggregat samt av korsande ytor, medan tydligare folierade bergarter är vanligare i områden där både lagring och tektoniska strukturer sannolikt är parallella. I område 6 finns en svag vinkel mellan orienteringen av pimpstensfragment, vilken kan representera ursprunglig lagringsriktning, och den hos den dominerande foliationen (S2). I övriga områden omöjliggjorde dåliga hälltytor eller brist på håll någon vidare tolkning.

Under en dag (11 september) gjordes en exkursion till Pingstabergr, Kalkåsen och Yxsjöberg tillsammans med Edward Lynch och Stefan Luth. Diverse prover togs vid detta tillfälle.

Geofysiskt fältarbete utfördes våren 2017 under en veckas tid. Det fanns från området sedan tidigare 90 petrofysiska analyser i SGUs databaser och nu kompletterades de med ytterligare 13 prov. Även sju stycken magnetiska markprofiler mättes över ett antal järnmalmsförekomster och varphögarna vid Södra Barnfallet. Gammastrålningsmätningar gjordes på utvalda hållar. Resultaten av analyserna och de profilmätningarna kommer att lagras i SGUs databaser.

Geofysisk översikt

Den magnetiska anomalikartan över området visar oregelbundna mönster där de absolut högsta anomalierna orsakas av magnetitinnehållet i inom området förekommande järnmineraliseringar och tillhörande skarnbergarter. Den unga granitintrusionen ("Pingstabergrsgraniten") framträder som en tydlig lågmagnetisk, rund anomali i östra delen av området (fig. 4–5). Molybdenmineraliseringar finns nära kontakten mellan graniten och omgivande ytbergarter, och kontaktförhållandena belyses i de 3D-modeller som har tagits fram med hjälp av magnetiska och gravimetriska data (se avsnitt *3D-modellering*).



Figur 4. Magnetisk anomalikarta. Vita konturer visar tolkade kontakter för Pingstabergrsgraniten respektive ei blottade graniter vid gränsen till Yxsjöbergs volframmineraliseringar. Gul symbol visar läget för petrofysiskt prov, där rund symbol markerar sådan tagen inom ramen för projektet. Rosa triangel visar molybden-, bruna triangel volfram- och koppar- samt grön triangel järnoxidmineralisering.

Magnetic anomaly map. White lines mark the interpreted extents of the Pingstabergr granite and granite intrusions by Yxsjöberg. Yellow symbol denotes petrophysical sample (round is from the present project); pink, brown and green triangles denote Mo, W-Cu and Fe mineralisation, respectively.

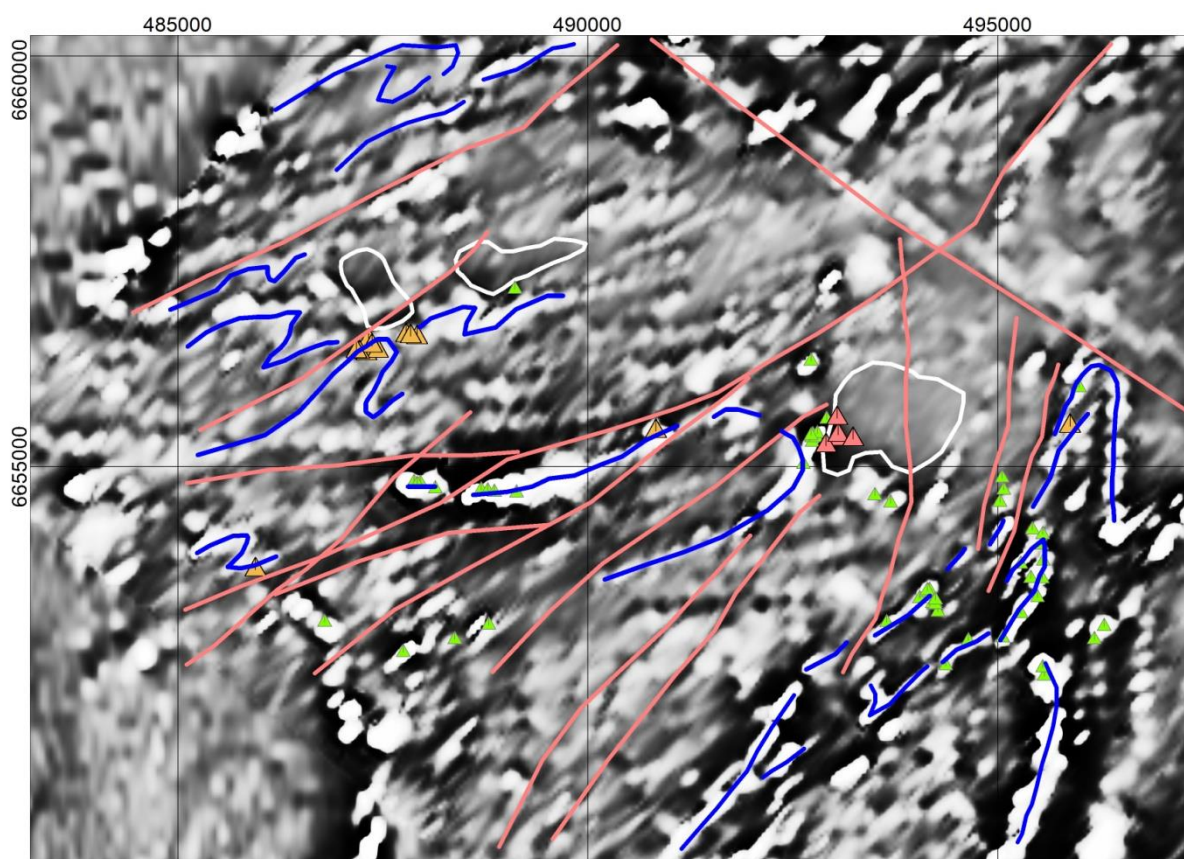
Yxsjöbergs volframmineraliseringar sammanfaller med den norra flanken av en z-veck som framträder i bilden av den magnetiska vertik Calderivatan (fig. 5).

I den magnetiska anomalibilden över området framträder också svaga, linjära anomalier i ostnordostlig riktning. De är orsakade av amfibolitgångar med måttliga magnetiska susceptibiliteter (*geomean* 121×10^{-5} SI, medel 409×10^{-5} SI). Gångarna framträder extra tydligt i bilden av magnetfältets vertik Calderivata (fig. 5).

Tyngdkraftsfältet domineras av ett överskott på drygt 5 mGal i de centrala delarna av kartområdet (fig. 6). Tyngdkraftsöverskottet sammanfaller inte helt med den högmagnetiska anomalin orsakad av järnoxidmineraliseringar och skarn i mitten av området. Ett stort antal metabasitgångar finns i området (se fig. 2), men orsaken till överskottet är troligen förekomsten av ett mer samlat metamafiskt intrusiv nära ytan.

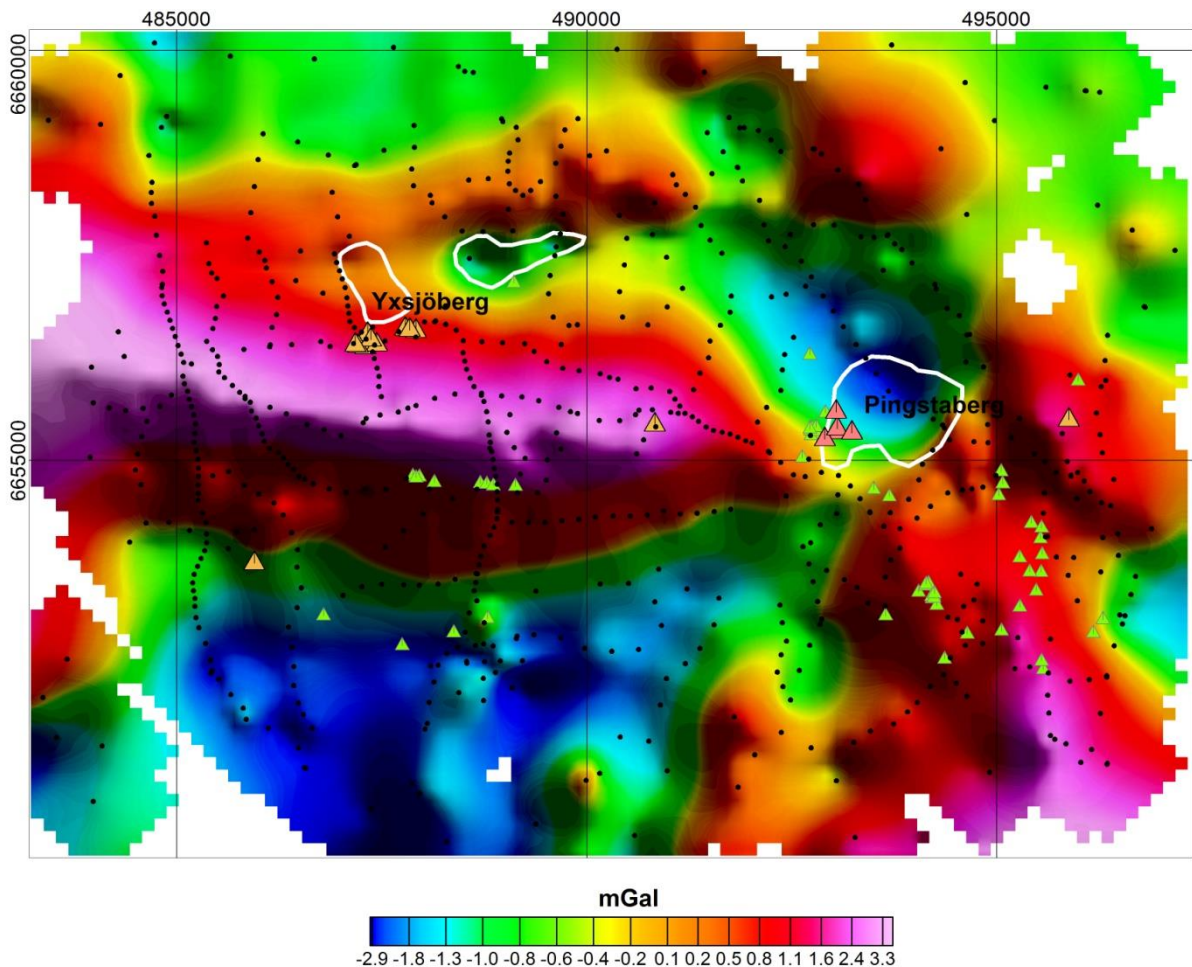
Pingstabergrintrusionen ger upphov till ett runt tyngdkraftsunderskott i östra delen av området. Mo-mineraliseringen i Pingstabergr, liksom W-mineraliseringen i Yxsjöbergr, ligger på var sin flank av tyngdkraftsgradienten. Kontaktförhållandena kan ses i 3D-densitetsmodellen som baseras på tyngdkraftsfältet (se avsnitt *3D-modellering*).

Gammastrålningsmätningar på två varphögar visar förhöjda uran- och toriumhalter i jämförelse med de värden som har mätts på håll på Pingstabergrsgranit som inte är mineraliserad. Uranhalten i mineraliserade delar är 24 ppm, ca dubbelt så hög som den i icke mineraliserad, som visar en uranhalt på 12,5 ppm. Toriumhalten är också högre i den mineraliserade delen, 32,5 ppm mot 24,5 ppm i icke mineraliserad.



Figur 5. Magnetfältets vertik Calderivata. Blå linje visar tolkad magnetiska konnektion (formlinje). Rosa linje är tolkat lineament (sannolik deformationszon). För de vita konturerna och symbolerna se förklaringen i figurtexten till figur 4.

Map showing the vertical derivative of the magnetic field. Blue line denotes interpreted connection, pink line interpreted lineament. Other symbols as in Figure 4.



Figur 6. Tyngdkraftsfältets residual. Svart punkt visar läge för mätpunkt. De vita konturerna och symbolernas betydelse framgår i figurtexten till figur 4.

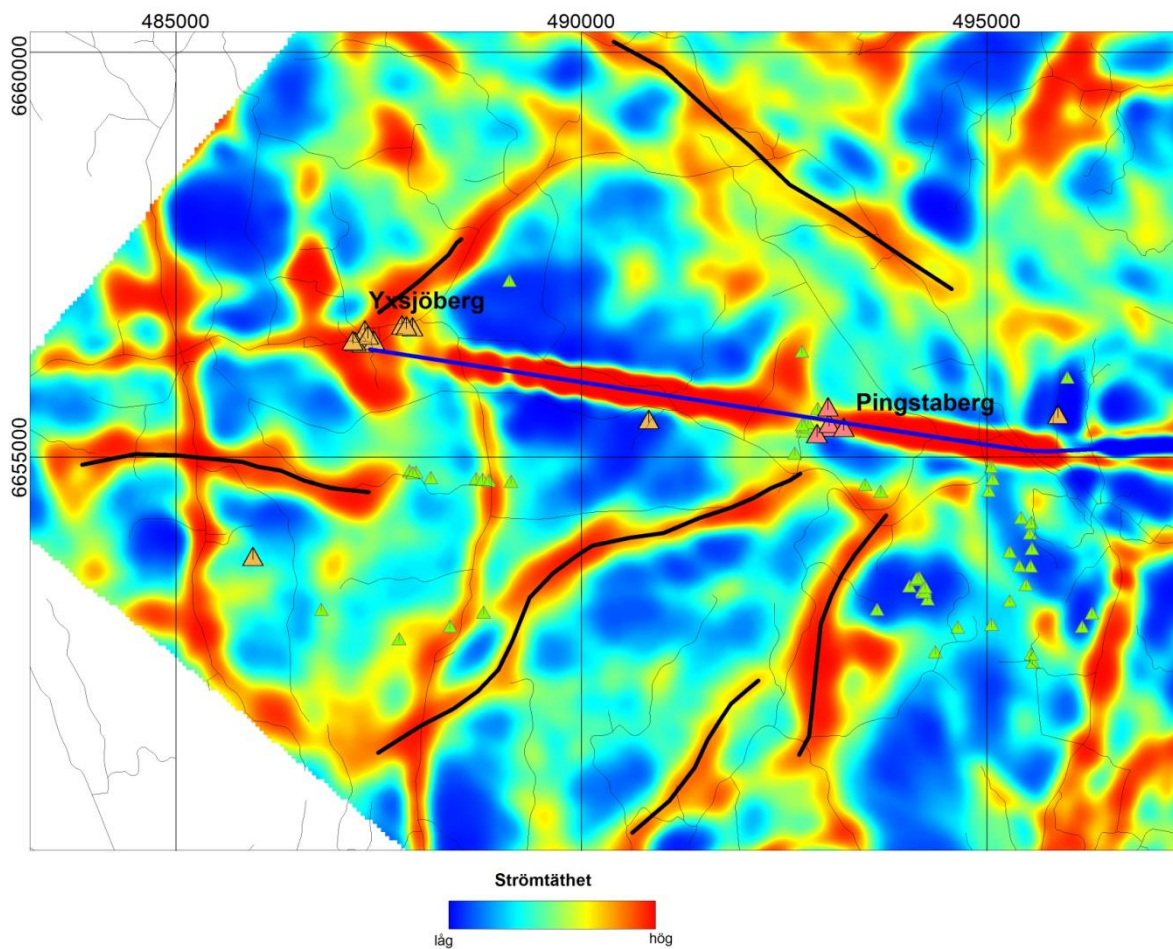
Residual gravity field. Black dot denotes site of measurement. Other symbols as in Figure 4.

Strukturtolkning

Området genomkorsas av nordostliga, osthordostliga deformationszoner indikerade av den magnetiska anomalikartan (fig. 4). Åtminstone en av dem framträder även på strömtäthetskartan (fig. 7), vilket torde innebära att den har en spröd karaktär. I östra delen av området framträder några nordnordostliga deformationszoner på den magnetiska anomalikartan, varav den östligaste är tydlig även i strömtäthetskartan. I nordöstra delen av området framträder i både den magnetiska anomalikartan och strömtäthetskartan en tydlig nordvästligt strykande deformationszon av spröd karaktär. Den kan följas ca 40 km i vardera riktningen och är i princip parallell med många i övriga Bergslagen förekommande deformationszoner.

På den magnetiska anomalikartan framträder även veckmönster som antyder z-veck med nordostliga veckaxlar, speciellt i nordvästra delen av undersökningsområdet. Mineraliseringarna i Yxsjöberg, ligger på norra flanken av vecken, intill en nordöstlig deformationszon (fig. 5).

I den östligaste delen av området syns på den magnetiska anomalikartan högmagnetiska anomalier orsakade av järnoxidmineraliseringar och skarn veckade längs nordnordostliga veckaxlar.



Figur 7. Strömtäthetskarta över undersökningsområdet. Hög strömtäthet indikerar goda elektriska ledare i marken. Svart linje visar tolkad deformationszon. Blå linje visar en kraftledning som orsakar en kraftig anomali i kartan.

Electric current density map. High values denote high conductivity in the ground. Black line denotes interpreted deformation zone. The blue line marks a powerline which gives rise to a strong anomaly in the map.

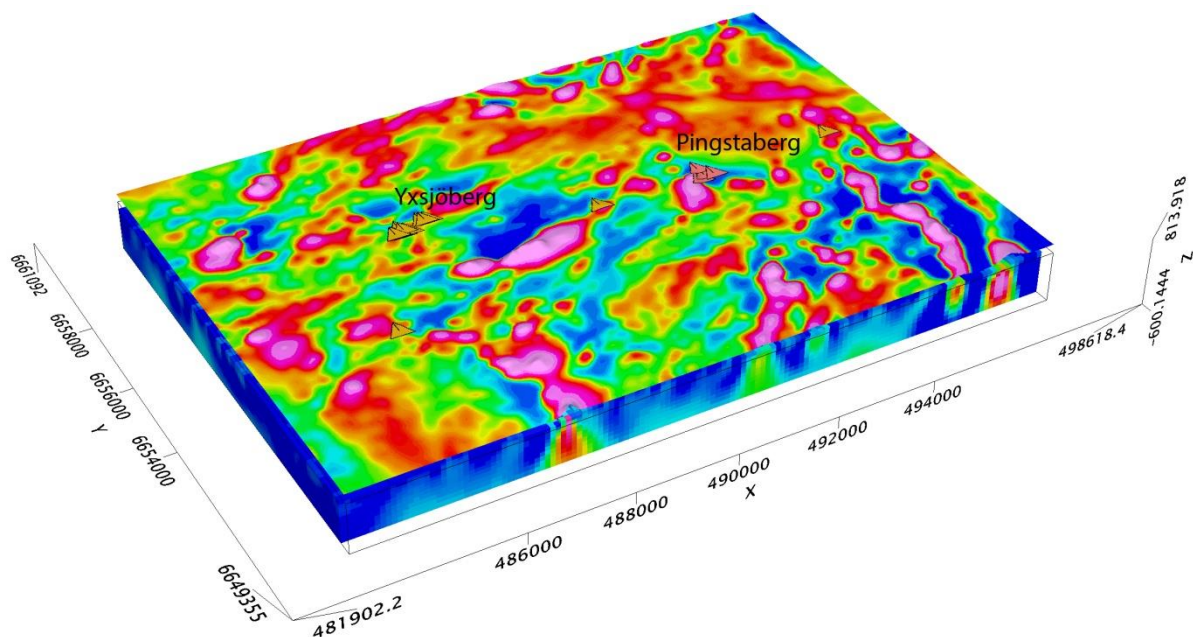
3D-modellering

Två stycken modeller har skapats med inversionsteknik utifrån magnet- och tyngdkraftsfälten för att belysa den tredimensionella fördelningen av magnetisk susceptibilitet och densitet. Ur modellerna kan sedan den tredimensionella uppbyggnaden av berggrunden tolkas.

Magnetisk susceptibilitetsmodell

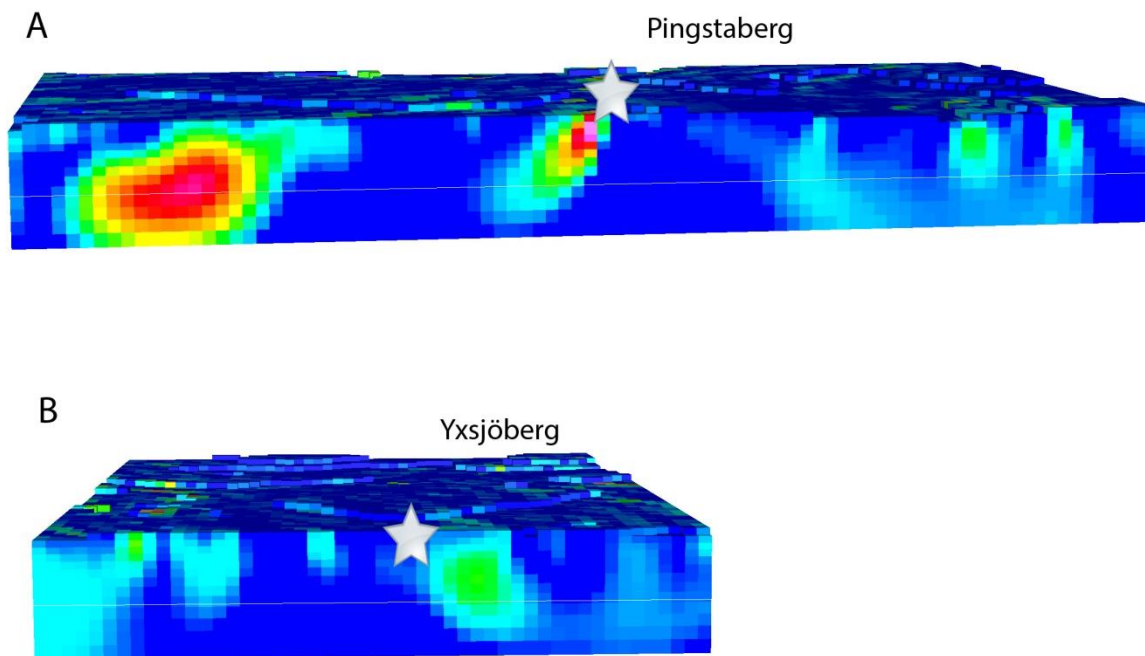
En magnetisk susceptibilitetsmodell med $100 \times 100 \times 50$ meters cellstorlek och med ett djup ned till 1 000 meter skapades. Ett susceptibilitetsintervall på 0,00001 och 0,7 SI angavs som ingångsvärden före inversionen. Modellen som erhöles efter inversionen har magnetisk susceptibilitet mellan 0,00001 och 0,25 SI, vilket är realistisk i relation till de på berghällar och mineraliseringar inom området uppmätta värdena. Hela modellen över området visas i figur 8.

Figurerna 9A–B visar utsnitt ur modellen och har gjorts för att belysa läget för mineraliseringarna i respektive Pingstaberg och Yxsjöberg. Molybdenmineraliseringarnas läge är nära kontakten av intrusionen (fig. 4). 3D-susceptibilitetsmodellen visar att kontakten vid västra sidan av intrusionen stupar mot väster (fig. 9A). Vid Yxsjöberg visar modellen en kontakt som stupar medelbrant mot söder.



Figur 8. Tredimensionell magnetisk susceptibilitetsmodell över undersökningsområdet ner till 600 meters djup (totalt 1 000 m). Röda färgnyanser betyder hög susceptibilitet medan blåa färgnyanser betyder låg susceptibilitet. Mineraliseringarna vid Pingstaberg visas med rosa symboler, de vid Yxsjöberg med gulbruna symboler. Vy från sydväst.

3D model based on magnetic susceptibility data. Red colours show high susceptibility and blue colours show low susceptibility volumes in the model. View from the SW. The mineralisations at Pingstaberg and Yxsjöberg are marked by pink and brown symbols, respectively.



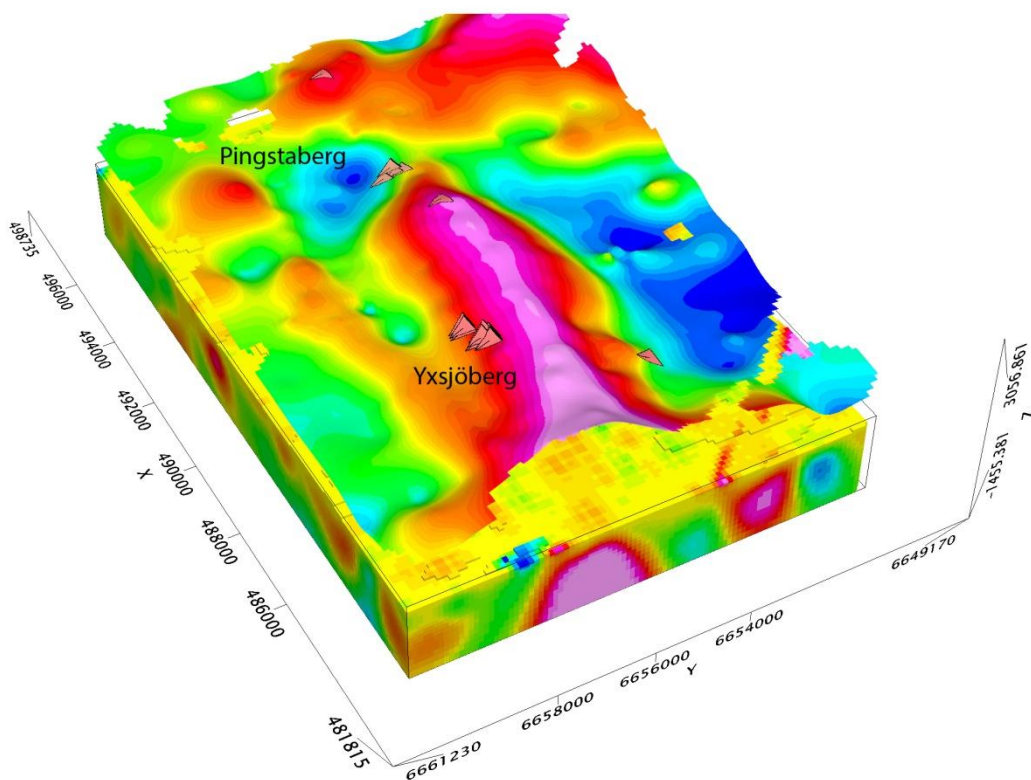
Figur 9. Utsnitt ur den magnetiska susceptibilitetsmodellen. Röda och gröna färgnyanser betyder hög susceptibilitet medan blåa färgnyanser betyder låga susceptibiliteter. Stjärnor visar läget för mineraliseringarna i Pingstaberg och Yxsjöberg. **A.** Östvästlig riktning i höjd med Pingstabergs mineraliseringar. **B.** Nordsydlig riktning i höjd med Yxsjöbergs gruvor.

*Sections of the magnetic susceptibility 3D model. Red and green colours show high susceptibilities and blue colours show low susceptibilities. **A.** East-west section at Pingstaberg. **B.** North-south section at Yxsjöberg.*

Densitetsmodell

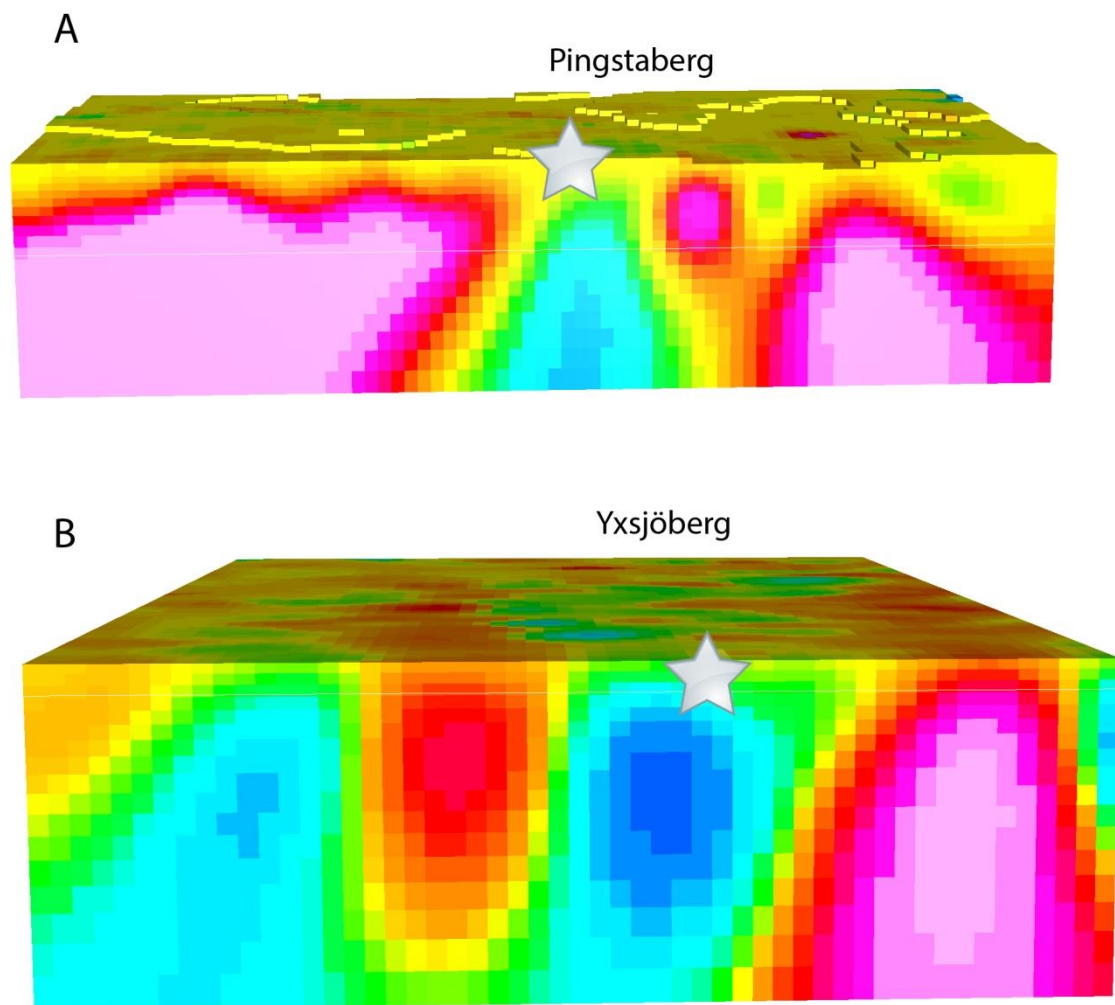
En densitetsmodell togs fram med hjälp av tyngdkraftsfältet. En cellstorlek på $100 \times 100 \times 50$ m har använts även om mätpunktavståndet varierar kraftigt. Ett intervall på densitetskontrast mellan $-0,17$ och $0,7 \text{ g/cm}^3$ sattes och djupet begränsades till 2 000 meter. En densitetsmodell med densitetskontraster mellan $-0,16$ och $0,2 \text{ g/cm}^2$ erhöles och vilket bedöms vara rimligt utifrån de uppmätta densitetsvärdena på bergarter i området. Hela modellen visas i figur 10.

Utsnitt ur densitetsmodellen (fig. 11A) visar liknande kontaktförhållanden mellan Pingstabergr-graniten och omgivande bergarter som den baserad på magnetisk susceptibilitet, dvs. en västligt stupande kontakt. Däremot är kontaktförhållandena vid Yxsjöberg mer diffusa i densitetsmodellen (fig. 11B). Dock framträder tydligt kontakten mellan omgivande bergarter och det tolkade metamafiska intrusivet söder om Yxsjöberg som brant och med nordlig stupning.



Figur 10. 3D-densitetsmodell framtagen med inversionsteknik över undersökningsområdet. Röda färgnyanser visar områden med hög densitet medan gröna och blåa nyanser visar områden med låg densitet. Mineraliseringarna i Yxsjöberg och Pingstabergr visas som rosa trianglar. Vy från nordväst.

3D density model. Green and blue colours show low density volumes; red colours show high density volumes. View from the NW. Pink triangles mark the mineralisations at Yxsjöberg and Pingstabergr.



Figur 11. Utsnitt ur 3D-densitetsmodellen. Stjärnor visar läget för mineraliseringarna i Pingstaberget respektive Yxsjöberg. Röda färgnyanser visar områden med hög densitet medan gröna och blåa nyanser visar områden med låg densitet.

A. Östvästlig riktning i höjd med Pingstaberget. **B.** Nordsydlig riktning i höjd med Yxsjöberg.

*Sections of the 3D gravity model. Green and blue colours show low density volumes; red colours show high density volumes. **A.** East-west section at Pingstaberget. **B.** North-south section at Yxsjöberg.*

Åldersbestämning av Pingstabergetsgraniten

Ett prov av Pingstabergetsgraniten togs för åldersbestämning. Provet behandlades och dess zirkoner SIMS-analyserades avseende U-Pb-isotoper vid Nordsim i Stockholm. Preliminärt finns 8 mätpunkter som ger konkordanta åldrar kring 1 805 Ma. En punkt ger konkordant ålder nära 1 890 Ma, vilket kan vara protolitåldern. Prover av molybdenglans och kopparkis kommer att analyseras avseende Re-Os-isotoper, och samtliga analysresultat kommer att presenteras när de föreligger och tolkats.

REFERENSER

- Andersson, L.G., 1983: Rapport Bsg 314 Yxsjöbergområdet, LKAB. *Sveriges geologiska undersökning Bsg 314*, 4 s.
- Arnbom, J.-O., 1999: Beskrivning till berggrundskartan 11G Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 204*, 46 s.
- Andersson, L.G., Edberg, L., Jonuks, R. & Linder, T., 1986: Prospektering i Yxsjöbergområdet. Stödetapp II. Slutrapport B-8610, LKAB. *Sveriges geologiska undersökning B-8610*, 15 s.
- Baker, J.H. & Hellingwerf, R.H., 1988: The geochemistry of tungsten-molybdenum-bearing granites and skarns from western Bergslagen, central Sweden. Proceedings of the Seventh Quadrennial IAGOD Symposium. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 327–338.
- Billström, K., 1990: Origin of the Yxsjöberg W-Cu skarn deposit, Bergslagen, south-central Sweden: oxygen isotope evidence. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 112*, 175–176.
- Billström, K., Åberg, G. & Öhlander, B., 1988: Isotopic and geochemical data of the Pingstabergr Mo-bearing granite in Bergslagen, South Central Sweden. *Geologie en Mijnbouw 67*, 255–263.
- Geijer, P. & Magnusson, N.H., 1944: De mellansvenska järnmalmernas geologi. *Sveriges geologiska undersökning Ca 35*, 654 s.
- Hellingwerf, R.H., Baker, J.H. & van Raaphorst, J.G., 1987: Sulphur isotope data of Proterozoic molybdenites from western Bergslagen, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 109*, 33–38.
- Lindroth, G.T., 1922: Studier över Yxsjöfältets geologi och petrografi. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 44*, 19–123.
- Magnusson, N.H., 1940: Ljusnarsbergs malmtrakt. Berggrund och malmfyndigheter. *Sveriges geologiska undersökning Ca 30*, 188 s.
- Magnusson, N.H., 1973: *Malm i Sverige 1. Mellersta och södra Sverige*. Almqvist & Wiksell, Stockholm, 320 s.
- Magnusson, N.H. & Lundqvist, G., 1932: Beskrivning till kartbladet Nya Kopparberget. *Sveriges geologiska undersökning Aa 175*, 91 s.
- Meinert, L.D., 1993: Skarns and skarn deposits. I P.A. Sheahan & M.E. Cherry (Eds.): Ore Deposit Models. Volume II. *Geoscience Canada Reprint Series 6*, 117–134.
- Ohlsson, L.-G., 1979: Tungsten Occurrences in Central Sweden. *Economic Geology 74*, 1 012–1 034.
- Ripa, M., 1998: Beskrivning till och berggrundskartan Säfsnäs SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 190*, 77 s.
- Romer, R.L. & Öhlander, B., 1994: U-Pb age of the Yxsjöberg tungsten-skarn deposit, Sweden. *GFF 116*, 161–166.
- 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.