

Sammanfattning av insatser under 2022

# Fe-Ti-V-mineraliseringar i mafiska intrusioner i Dellen-Ljusdalsområdet

Helge Reginiussen, Dick Claeson & Daniel Sopher

april 2023

SGU-rapport 2023:05



Omslagsbild: Vy från Gruvberget där en vanadingruva planeras.  
Fotograf: Helge Reginiussen.

Författare: Helge Reginiussen, Dick Claeson & Daniel Sopher

Granskad av: Alexander Lewerentz

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](mailto:sgu@sgu.se)

[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

## INNEHÅLL

Inledning.....	4
Tidigare arbeten.....	5
Årets arbete.....	8
Provtagning av borrhärdar.....	13
Litogeokemiska analyser.....	15
Fältarbete.....	15
Svekokarelska granitoider och felsiska metavulkaniter (1,87–1,84 Ga).....	17
Gabbroider.....	18
Järvsöfältet.....	19
Sumåsjön (Gruvberget).....	21
Bläckmyran.....	23
Masugnsberget–Blistra.....	24
Kullberget–Storåsen.....	26
Simesvallen.....	27
Andra provtagna objekt.....	28
Preliminära resultat av litogeokemiska analyser.....	28
Fortsatt arbete.....	30
Referenser.....	30

## INLEDNING

SGU:s projekt ”Fe-Ti-V-mineraliseringar i mafiska intrusioner i Dellen-Ljusdalsområdet” har som syfte att ta fram prospekteringsintressant information över mafiska intrusioner i berggrunden i Gävleborgs län med avseende på främst vanadin, men även titan och järn. Vanadin och titan är båda så kallade kritiska råmaterial enligt EU:s senaste bedömning (EU 2023). Vidare ska de specifika bergarternas fysikaliska egenskaper, innehållet av metaller och mineral samt om möjligt hur och när dessa bildades undersökas. Projektet ingår i SGU:s plan för geologisk kartläggning 2021–2027. Omvärldsfaktorer: omställning till grön energi, ny teknikutveckling, Agenda 2030.

Denna rapport är en sammanställning av det arbete som utfördes inom projektet under 2022. Fokus under året var på sammanställning av befintligt material, fältarbete samt provtagning och analys av existerande borrhärdar. Ett stort antal litogeokemiska analyser samt petrofysikmätningar på insamlade prov har utförts. Tunnslip för mikroskopering av prover från borrhärdar och insamlade fältprov har producerats. Analys, arbete med proverna och bearbetning av dessa data pågår och resultaten kommer att redovisas i projektets slutrapport.

Projektets undersökningsområde är lokaliserat i den så kallade Ljusdals litotektoniska enhet (Högdahl & Bergman 2020) inom den Svekokarelska orogenen. Berggrunden i denna litotektoniska enhet domineras av Ljusdalsbatoliten (1,87–1,84 Ga) som huvudsakligen utgörs av omvandlade, gnejsiga och deformerade bergarter med granitiska till granodioritiska sammansättningar. I Ljusdalsbatoliten förekommer ett antal mafiska intrusioner som innehåller järn-titan-vanadinmineraliseringar, bland annat i området Sumåssjön–Dellen–Ljusdal, vilket utgör ett så kallat metallogeniskt område (Hallberg m.fl. 2012) för denna typ av mineraliseringar (fig. 1).

I magmatiska järn-titan-vanadinmineraliseringar, också kallade ortomagmatiska eller mafiska Fe-Ti-V mineraliseringar, är vanadin oftast koncentrerat i mineralet magnetit, medan titan kan vara knutet till ilmenit, ulvöspinel eller titanomagnetit. Denna typ av mineralisering är den viktigaste primära källan till vanadin globalt och Kina är det största producentlandet (USGS 2023).

## TIDIGARE ARBETEN

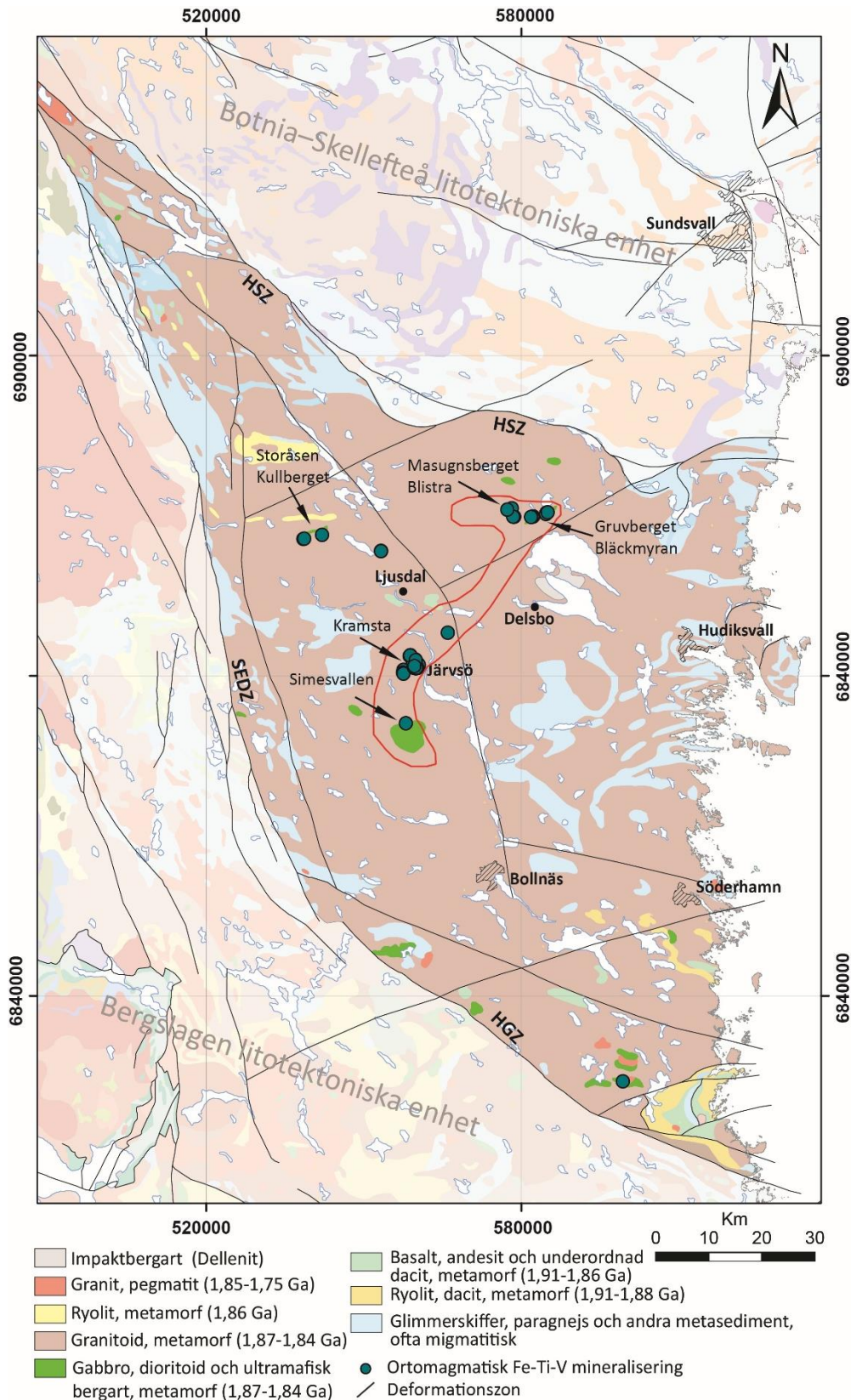
Regionalgeologin i området är beskriven i arbeten av bland andra Lundegårdh (1957, 1967), Högdahl m.fl. (2008), Albrecht & Kübler (2011) och Högdahl & Bergman (2020). I den senaste geologiska och tektoniska modellen tolkas Ljusdals litotektoniska enhet att vara yngre än omkringliggande Bergslagens och Botnia–Skellefteå litotektoniska enheter. Ljusdals litotektoniska enhet avgränsas av ett antal större regionala deformationszoner; Storsjön–Edsbyn Deformation Zone (SEDZ) i väst, Hassela Shear Zone (HSZ) i norr och Hagsta Gneiss Zone (HGZ) i söder (fig. 1). Inom Ljusdal litotektoniska enhet anses det finnas tre kompressiva, duktila deformationsfaser (D1–D3) och två metamorfa episoder (M1–M2), där D1 relateras till M1 och D2 till M2. Mellan D1 (1,87–1,86 Ga) och D2-3 (1,83–1,80 Ga) observeras en period (några få tiotals miljoner år) med extension (Högdahl & Bergman 2020). Ljusdalsbatolitens geokemiska likheter med vulkaniska öbågar har gett stöd till en tolkning där bildningen sätts i samband med subduktion längs en kontinentalplatta (Högdahl & Bergman 2020).

Intrusioner av Fe-Ti-V-förande gabbroider har tidigare tolkats att vara äldre än de dominerande granitoiderna i området (Lundegård 1967), även om alternativa hypoteser föreslagits med en betydligt enklare förklaring avseende en fraktionerad kristallisation inom en basisk magma som intruderat såväl ögongnejsen som de suprakrustala bergarterna och därmed är yngre (Edberg m.fl. 1978). Det finns inga radiometriska dateringar av dessa mafiska intrusioner, så åldern är i dagsläget okänd.

Mer än 50 Fe-Ti-V-mineraliseringar är påvisade inom Ljusdalsbatoliten och de flesta av dessa är mindre skärpningar och gruvhål (Wik m.fl. 2009), där småskalig utvinning av järnmalm föregick under 1700 till 1900 talet. Fyndigheten vid Sumåssjön provbröts för järn mellan 1730 och 1790 (Hallberg m.fl. 2012). Inom Kramstafältet vid Järvsö bröts cirka 500 ton malm år 1919. Det upptäcktes senare att järnmalmen innehöll vanadin och en omfattande prospektering efter vanadin i Dellen–Ljusdalsområdet i regi av Nämnden för statens gruvegendom (NSG) ägde rum under sista delen av 1970- och början av 1980-talet. I samband med dessa insatser definierades ett antal fyndigheter med hjälp av bland annat geofysiska mätningar. På några av de större prospekteringsobjekten togs ett omfattande material fram. Detta gäller främst objekten Kullberget–Storåsen, Masugnsberget–Blistra, Gruvberget (Sumåssjön)–Bläckmyran, Kramsta–Järvsö och Simesvallen (fig. 1). Borrningsarbeten utfördes på fem av dessa fyndigheter och merparten av borrhållena finns lagrade vid SGU:s kontor i Malå (tabell 1).

Resultaten från de geofysiska och geologiska undersökningarna samt diamantborrningarna som utfördes är avrapporterade i ett antal prospekteringsrapporter (till exempel Edberg m.fl. 1978, Edberg 1980, Lagergren 1983, Lagergren & Lindblom 1983, Persson 1982, Persson & Lindblom 1983, Ros & Lindblom 1983). Inledningsvis klassades de vanadinförande mafiska intrusivbergarterna som norit eller gabbronorit, men senare mikroskopiska studier har visat att några av dessa (till exempel Bläckmyran) saknar ortopyroxen (Lagergren & Lindblom 1983). Prospekteringen resulterade i malmberäkningar (tabell 2) som indikerade att fyndigheten vid Masugnsberget innehöll 1 miljon ton med 0,19 % V (Lagergren 1983), Simesvallen 2,5 miljoner ton med 0,19 % V (Lindblom 1983), Gruvberget–Sumåssjön 21 miljoner ton ("känd + sannolik malm") med 0,22 % V (Andersson 1982). Gruvberget–Sumåssjön blev senare justerat till 14,9 miljoner ton med en medelhalt på 0,26 % V vid en "cut off" på 0,20 % V (Ros & Lindblom 1983).

Med dessa resultat som underlag bedömdes Gruvberget–Sumåssjön ha bra förutsättningar för gruvdrift och en lönsamhetsstudie (eng. *prefeasibility study*) utfördes för att beräkna om projektet var ekonomisk hållbart (AB Statsgruvor 1984). Antalet borrhål vid den närliggande fyndigheten Bläckmyran ansågs vara för få för att möjliggöra en malmberäkning, men baserat på de tillgängliga data från rekognosceringsborrningar angavs en grov uppskattning på ungefär 9 miljoner ton "möjlig malm" med 0,21 % V (Andersson 1982).



**Figur 1.** Förenklad berggrundskarta med data från SGU:s bergrundsdatabas i skala 1:1000 000 (Bergman m.fl. 2012). Ljusdals litotektoniska enhets bergarter och större avgränsande duktila deformationszoner; HSZ: Hassela Shear Zone, SEDZ: Storsjön-Edsbyn Deformation Zone, HGZ: Hagsta Gneiss Zone (Högdahl & Bergman 2020). Fe-Ti-V mineraliseringar är från SGU:s mineralresursdatabas. Området domineras av 1,87–1,84 miljarder år gamla omvandlade granitoider (brun färg) tillhörande Ljusdalsbatoliten. Röd polygon visar Dellen-Ljusdals Fe-Ti-V-metallogenetiska område (Hallberg m.fl. 2012). Viktiga prospekteringsobjekt är indikerade med pilar.

Det bör understrykas att det finns osäkerheter i dessa äldre malmberäkningar och de uppfyller inte alla de krav som ställs i moderna internationella rapporteringsstandarder som JORC, NI43-101 och PERC.

SGU pekade år 2010 ut fyndigheterna vid Gruvberget–Sumåssjön (Brickagruvan) och Bläckmyran som riksintresse med avseende på värdefulla ämnen och material, med motiveringen att området är viktigt ur försörjningssynpunkt samt har en god potential för framtida gruvdrift.

Vid Gruvberget har bolaget Svenska Vanadin AB sedan 2010 en bearbetningskoncession (Brickagruvan) och bolaget har under 2022 fått klartecken av Mark- och miljödomstolen att bryta 1 miljon ton per år av vanadinhaltig magnetitmalms i dagbrott (Östersunds tingsrätt 2022). Bearbetningskoncessionen är giltig till 2035-12-16.

Det föreligger idag undersökningstillstånd på flera av Fe-Ti-V-uppslagen inom Gävleborgs län (tabell 3) och de geologiska förutsättningarna bedöms vara sådana att potential för ytterligare mineraliseringar av denna typ kan finnas på flera platser inom Ljusdalsbatoliten.

**Tabell 1.** Tillgängliga borrhälsloggar vid SGU:s borrhälsloggar i Malå.

Fyndighet	Antal borrhälsloggar	Totalt antal meter	Borrhälsloggar	År	Tidigare ägare
Masugnsberget	7	705	Ja	1983	NSG
Gruvberget (Sumåssjön)	54	5521	Ja	1981–1982	NSG
Bläckmyran	14	1949	Ja	1981–1982	NSG
Kramsta–Järvsö	10	n/a	Nej	1979	AB Statsgruvor
Simesvallen	10	940	Ja	1982–1983	NSG

**Tabell 2.** Historiska malmberäkningar av fyndigheter inom undersökningsområdet.

Fyndighet	Tonnage (Mt)	V %	Cut-off (V %)	Referens
Masugnsberget	1,1	0,19	0,15	Lagergren (1983)
Gruvberget (Sumåssjön)	20,75	0,223	0,14	Andersson (1982)
Gruvberget (Sumåssjön)	14,9	0,26	0,20	Ros & Lindblom (1983)
Gruvberget (Sumåssjön)	18,2	0,21	n/a	AB Statsgruvor (1984)
Bläckmyran	9,0	0,21	n/a	Andersson (1982)
Simesvallen	2,5	0,19	n/a	Persson & Lindblom (1983)

**Tabell 3.** Beviljade undersökningstillstånd (utl) inom undersökningsområdet där järn, titan och vanadin ingår som koncessionsmineral. Beviljad bearbetningskoncession (bk) för Brickagruvan avser järn och vanadin. Källa: Bergsstatens mineralrättsregister (uppdaterat 2023-01-09).

Namn	Typ	Ägare	Area (ha)	Giltig från	Giltig till	Kommun
Brickagruvan	bk	Svenska Vanadin AB	39	2010-12-16	2035-12-16	Hudiksvall
Kullberget nr 100	utl	Northern X Scandinavia AB	8139	2018-06-20	2023-06-20	Ljusdal
Sumåssjön nr 1	utl	Northern X Scandinavia AB	3730	2018-06-21	2023-06-21	Hudiksvall
Kramsta nr 100	utl	Northern X Scandinavia AB	1549	2018-06-20	2023-06-20	Ljusdal
Simesvallen nr 100	utl	Northern X Scandinavia AB	6300	2018-06-20	2023-06-20	Ljusdal-Bollnäs
Gräsberget nr 1	utl	Svensk malmprospektering AB	143	2022-10-19	2025-10-19	Ovanåker
Andberget nr 1	utl	Svensk malmprospektering AB	142	2022-10-19	2025-10-19	Ovanåker

Ett antal borrhärlor från tidigare undersökningar i Sumåssjön, Bläckmyran, Masugnsberget, Kramsta och Simesvallen finns förvarade vid SGU:s mineralinformationskontor i Malå (tabell 1). Merparten av dessa är enbart analyserade på elementen Fe, V och i några fall Ti, med dåtidens metoder och inga av dessa analysvärden finns inlagda i SGU:s bergartskemidatabas. Endast sex moderna analyser av Fe-Ti-V-rika mafiska bergarter inom Ljusdalsbatoliten fanns i SGU:s bergartskemidatabas innan projektets start och endast två hade ett fullödigt urval av grundämnen enligt SGU:s rutinmässiga analyspaket. Dessa analyserades i samband med ett regeringsuppdrag (Hallberg & Reginiussen 2018) och inventeringen av malmer, industriella mineral och bergarter i Gävleborgs län (Wik m.fl. 2009). För att utöka kunskapsbasen har en omfattande provtagning och litogeokemiskt analysförfarande med prover från både berghällar och befintliga borrhärlor utförts under 2022.

De Fe-Ti-V-mineraliserade mafiska bergarterna har varit föremål för ett flertal geofysiska undersökningar utförda av SGU och LKAB från slutet av 1970-talet till mitten av 1980-talet. Data är huvudsakligen analoga i form av kartor, grafer och tabeller, men digitala geofysiska markmätningar från Gruvberget (Sumåssjön) fanns tillgängliga vid projektets början. Som en del av projektet har återstående analoga datamängder digitaliserats och databasen omfattar nu magnetiska markmätningar från Järvsöfältet, Kullberget, Simesvallen, Svedåsen, Bergvallåsen och Spännarslätten.

## ÅRETS ARBETE

Projektet startades i januari 2022 och de inledande insatserna fokuserades på genomgång och sammanställning av befintliga geofysiska data (markmätningar och flyggeofysik), geologiska databaser och kartor, borrhärlorprotokoll, prospekteringsrapporter och borrhärlorundersökningsdata. Detta utgjorde underlag för detaljgränsning av undersökningsobjekt och för provtagning av befintliga borrhärlor.

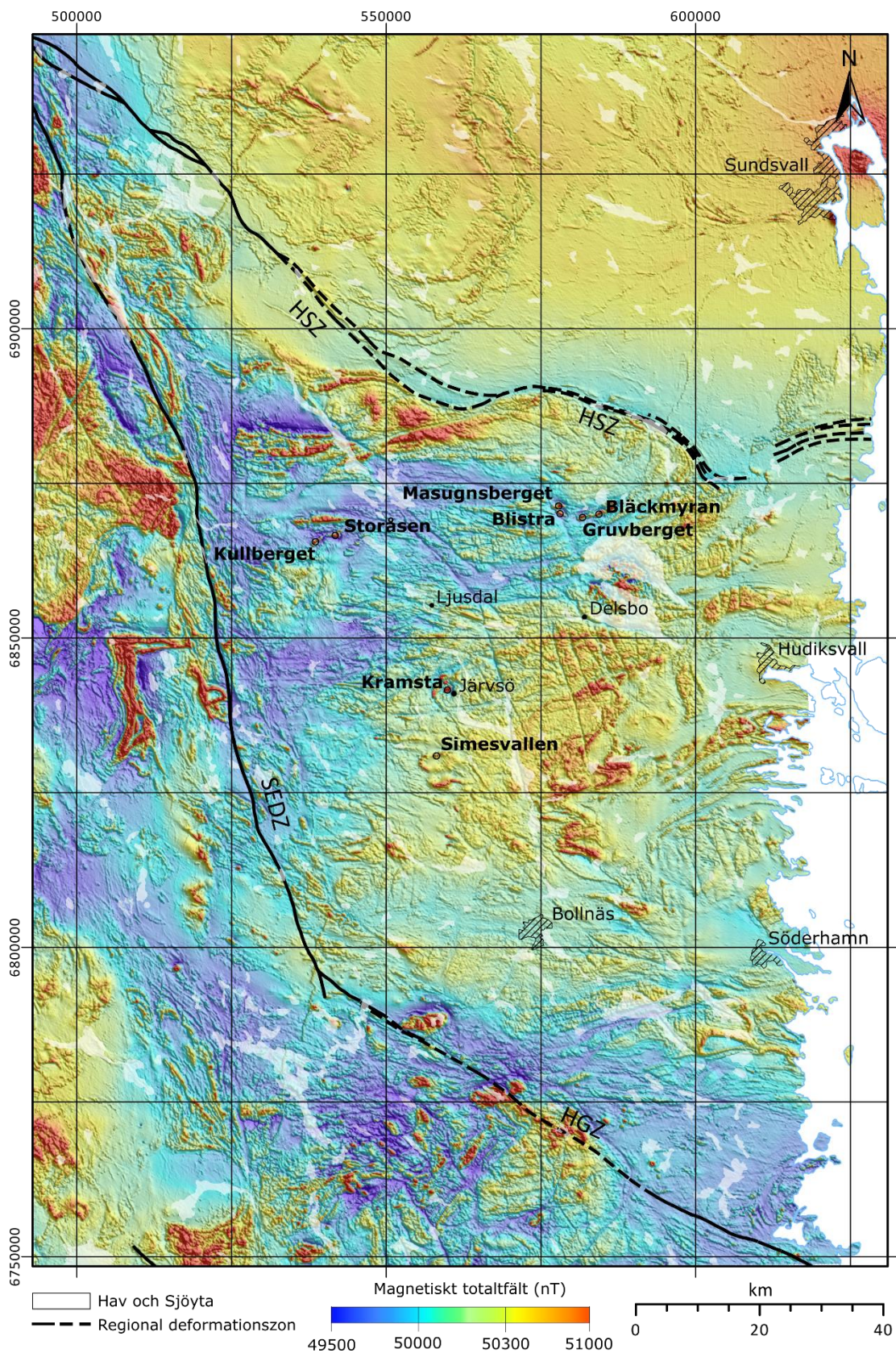
Det magnetiska totalfältet över Ljusdals litotektoniska enhet visas i figur 2 och är baserat på data från 23 olika flygmätningar, genomförda mellan åren 1976 och 2021. Det magnetiska dataunderlaget från de enskilda flygburna mätningarna är polreducerat. Dessutom har data från de äldre mätkampanjerna analytiskt uppåtberäknats för att korrigera för de olika flyghöjderna under datainsamlingen. Data från de olika flygmätningarna har sedan sammanfogats för att skapa den heltäckande kartan över intresseområdet.

Ett antal storskaliga geologiska strukturer kan urskiljas i den flygmagnetiska kartan, bland annat delar av de regionala deformationszoner som avgränsar Ljusdals litotektoniska enhet, samt ett antal mindre deformationszoner (fig. 2). De kända magnetitrika Fe-Ti-V-mineraliseringarna ger upphov till kraftiga positiva magnetiska anomalier.

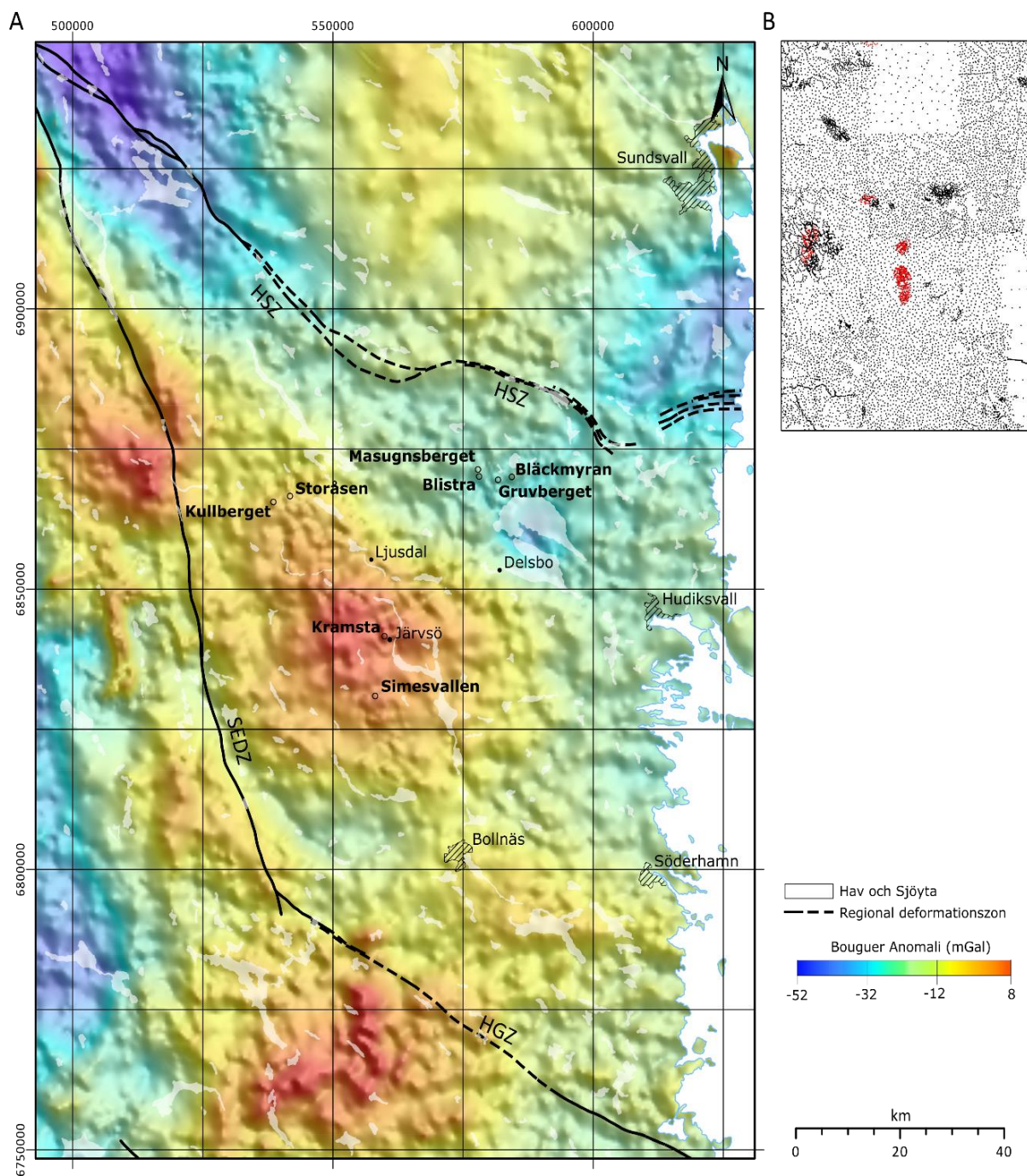
Bougueranomali kartan över Ljusdals litotektoniska enhet i figur 3 är baserad på data från SGU:s tyngdkraftsdatabas. Storskaliga ändringar i tyngdkraftsfältet på ömse sidor om deformationszoner tolkas bero på ändringar i bergartsled och är framträdande. De mafiska intrusionerna är kopplade till tydliga positiva tyngdkraftsanomalier.

Inom projektet digitaliserades analoga geofysiska markmätningar som utfördes på 1970- och 1980-talet från Järvsöfältet, Simesvallen och Kullberget (fig. 4). Figur 5 visar en av dessa digitaliserade mätningar från Kramsta, Storsveden och Gruvberget i Järvsöfältet (Edberg m.fl. 1978, Edberg 1980). Digitalisering av dessa befintliga data bedöms vara resurseffektivt, jämfört med insamling av nya magnetiska mätningar och kommer vara bra underlag för geologisk tolkning och eventuell 3D-modellering som utförs senare i projektet. Positiva anomalier som framträder med varma färger i figur 5 är främst associerade med förekomst av magnetit.

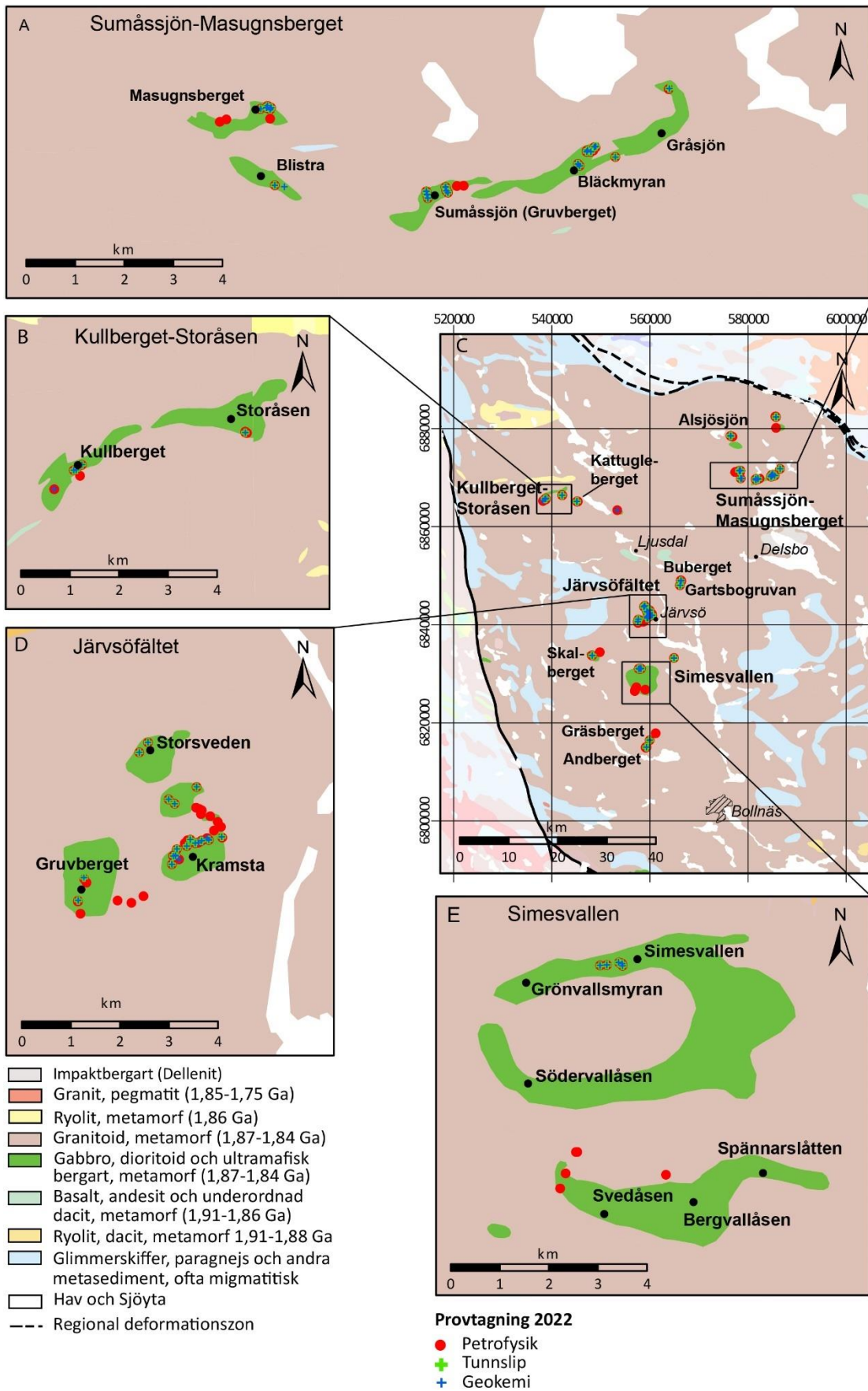




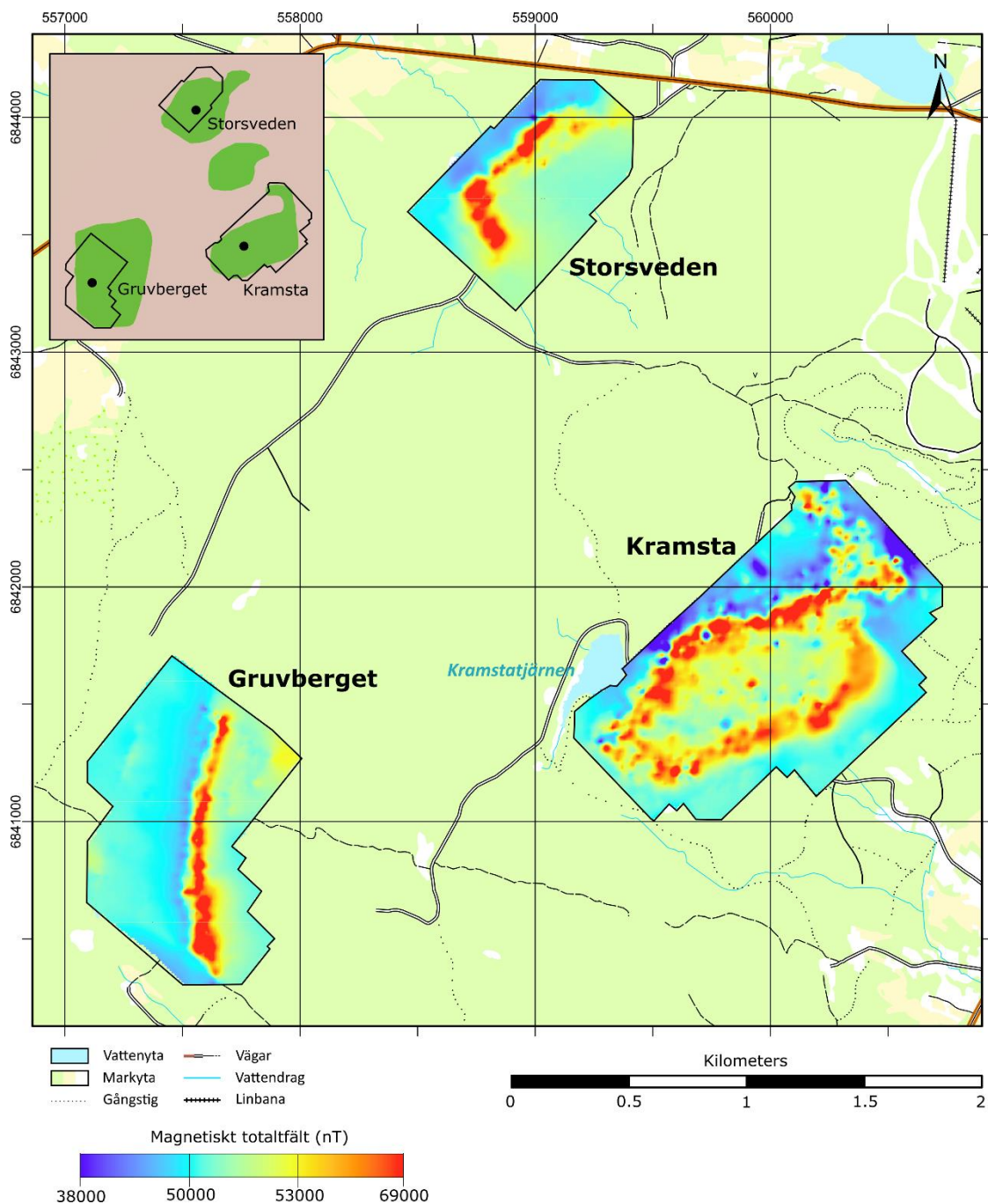
**Figur 2.** Karta av magnetiskt totalfält (data kompilerad från flygmätningar insamlade mellan 1976 och 2021). HSZ: Hassela Shear Zone, SEDZ: Storsjön-Edsbyn Deformation Zone, HGZ: Hagsta Gneiss Zone.



**Figur 3. A.** Bouguer-anomalikarta. Regionala deformationszoner från figur 1. **B.** Mätpunkter för tyngdkraft från SGU:s databas visas som svarta punkter. Röda punkter visa nya mätpunkter insamlade under 2022.



**Figur 4.** Fe-Ti-V-mineraliseringar inom Ljusdalsbatoliten undersökta under 2022. Provtagningspunkter för petrofysik, tunnslip och geokemi enligt teckenförklaring.



**Figur 5.** Detaljerade magnetiska markmätningar över mafiska intrusioner i Järvsöfältet (se figur 4 för översikt). Data har i projektet digitaliserats och georefererats från existerande analoga kartor (Edberg m.fl. 1978, 1980).

Under 2022 utförde SGU 701 nya mätningar av tyngdkraftsfältet vid Storåsen, Kullberget, Simesvallen och Järvsöfältet. Dessutom utfördes nya mätningar i anslutning till ytterligare mafiska intrusioner söder om Simesvallen. Tyngdkraftsmätningarna kommer att ge underlag för tolkning och karaktärisering av dessa.

## Provtagning av borrhärnor

Under april 2022 provtogs borrhärnor från Simesvallen, Bläckmyran, Sumåssjön och Masugnsberget. Detta följdes upp i november med ytterligare provtagning av borrhärnor från Kramsta, Bläckmyran och Masugnsberget. Samtliga provtagna borrhärnor finns lagrade vid SGU:s borrhärnearkiv i Malå. Det togs totalt 68 geokemiprov, 41 tunnslipsprov, 54 petrofysikprov och ett dateringsprov (tabell 4). Lokaliseringen av provtagna borrhärnor är markerad på kartan i figur 4, tillsammans med provtagningspunkter från fältundersökningar.

Urvalen av sektioner för litogeokemisk analys baserades på beskrivningar och analyser i befintliga borrhårsprotokoll och prospekteringsrapporter, hyperspektrala borrhärneskanningsdata samt en bedömning på plats i borrhärnearkivet i Malå. För objektet Kramsta finns inga borrhärneprotokoll eller loggar bevarade vid SGU, så urvalen blev utförda i sin helhet på plats.

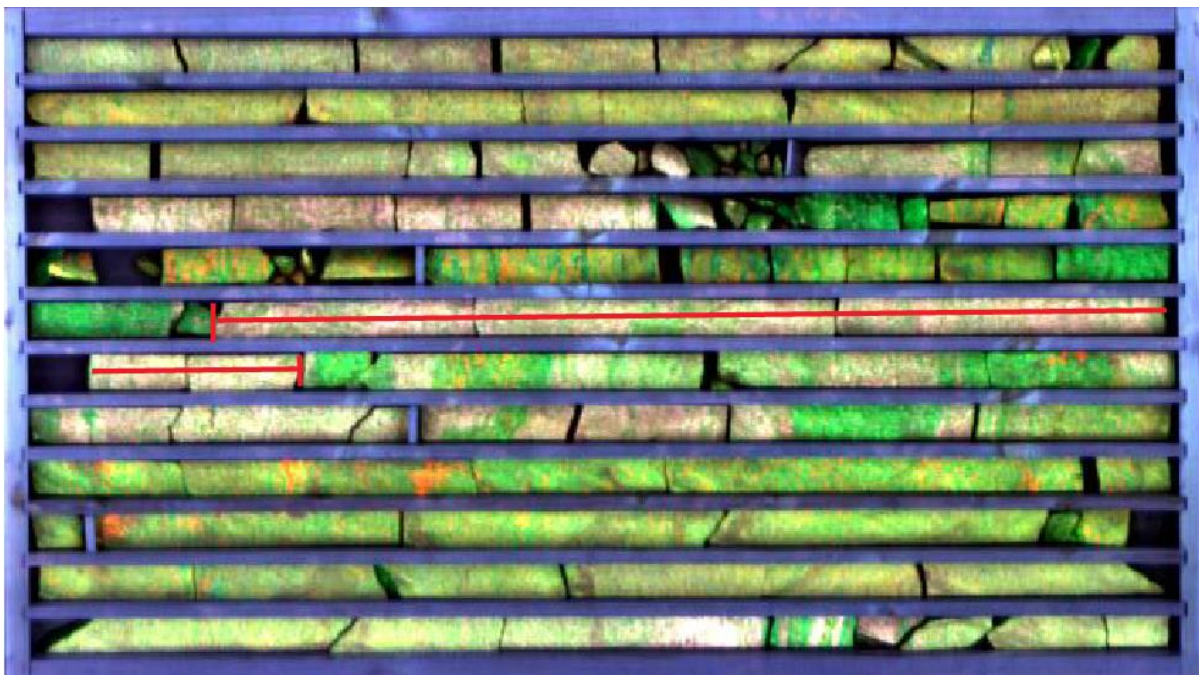
Fe-Ti-V-mineraliseringar i dessa bergarter visar ett starkt samband med magnetisk susceptibilitet, så en översiktlig undersökning med hjälp av en mätare för magnetisk susceptibilitet (fig. 6) användes för att snabbt identifiera potentiella, mineraliserade sektioner. Provtagningsintervallet noterades, lådorna märktes (fig. 7) och transporterades därefter till ALS provberedningsanläggning i Malå, där kärnorna sågades och provtogs för analys. För de borrhärnor där det fanns hyperspektrala data från SGU:s borrhärneskanningsprojekt kunde mineraliserade sektioner snabbt identifieras (fig. 8). Provtagning för litogeokemi utfördes huvudsakligen i meterlånga sektioner, men i några enstaka fall valdes kortare sektioner. Petrofysikprov och tunnslipsprov togs som regel i direkt anslutning till intervallen där litogeokemiproven togs. SGU har som policy att en fjärdedel av borrhärnan ska vara kvar som referens efter provtagning.



Figur 6. Mätning av magnetisk susceptibilitet på borrhärnor inför urval av provtagningssektion. Foto: Helge Reginiusen.



**Figur 7.** Exempel på borrhärnelåda från Bläckmyran (borrhål BLA82008) innehållande ungefär 12 meter borrhärna. I detta exempel provtogs sektionen 88,22–89,20 meter som gav följande analysresultat:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 23,5 \%$ ,  $\text{TiO}_2 = 3,2 \%$ ,  $V = 0,14 \%$ . Foto: Helge Reginiussen.



**Figur 8.** Exempel på urval av sektion för litogeokemisk analys med stöd av hyperspektrala skanningsdata. Bilden visar en låda från borrhärnan SUM82014 (Gruvberget/Sumåssjön) och är en så kallad False Color Composite (FCC)-bild framställd med data från den långvågiga delen (LWIR) av det infraröda spektrumet. Tre infraröda band återges här som en RGB-bild. De våglängder som använts är röd = 8 611 nanometer (nm), grön = 10 022 nm, blå = 11 810 nm. Ljusa partier är rika på magnetit. Röd markering visar urval av sektion 93,97 m–94,99 m som gav följande analysresultat:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 57,7 \%$ ,  $\text{TiO}_2 = 8,08 \%$  och  $V = 0,61 \%$ . Foto: SGU.

**Tabell 4.** Provtagna borrhämnor.

Objekt	Borrhål	Antal geokemiprov	Antal tunnslipsprov	Antal petrofysikprov	Antal dateringsprov
Bläckmyran	BLA81001	3	2	3	
Bläckmyran	BLA81002	3	1	2	
Bläckmyran	BLA82005	3	1	3	
Bläckmyran	BLA82008	2	1	2	
Bläckmyran	BLA82012	2	1	1	
Kramsta	K-D-8	3	1	2	
Kramsta	K-D-10	2	-	1	
Kramsta	K-D-20	1	1	1	
Kramsta	K-D-25	1	1	1	
Kramsta	K-D-27	2	-	1	
Kramsta	K-D-29	2	2	2	
Kramsta	K-D-31	1	-	1	
Kramsta	K-D-32	2	2	2	
Kramsta	K-D-34	2	1	1	
Masugnsberget	MAB83001	3	3	3	
Masugnsberget	MAB83002	3	2	3	
Masugnsberget	MAB83003	3	1	2	
Masugnsberget	MAB83004	4	2	2	
Simesvallen	SIM82006	3	3	2	
Simesvallen	SIM82007	2	1	3	
Simesvallen	SIM83002	1	1	1	
Simesvallen	SIM83003	1	1	1	
Sumåssjön	SUM81005	4	3	4	
Sumåssjön	SUM82010	6	5	5	
Sumåssjön	SUM82007	3	2	2	
Sumåssjön	SUM82004	3	2	2	
Sumåssjön	SUM82014	3	1	1	1
<b>Total</b>		<b>68</b>	<b>41</b>	<b>54</b>	<b>1</b>

## Litogeokemiska analyser

Alla litogeokemiska analyser utfördes av ALS med analyspaketen CCP-PKG01, ME-MS41 och PGM-ICP23 (ALS 2022). Tre olika interna bergartsstandarder från SGU blev samtidigt analyserade för kvalitetskontroll.

Analysdata är tillgängliga via SGU:s kartvisare ”Bergartskemi” som finns på följande adress: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-bergartskemi.html>

## Fältarbete

Fältarbeten utfördes under maj–juni och augusti–september 2022 av Dick Claeson, Daniel Sopher och Helge Reginiussen. Blottningsgraden i undersökningsområdet är mycket låg och arbetet fokuserades därför på att hitta bra hållar för att beskriva de olika mafiska intrusionerna och deras relationer till sidobergarterna. Ett antal äldre gruvhål dokumenterades, varp och hållar provtogs och bildar grund för vidare uppföljning, modellering och planering inför fältarbetet under 2023. Figur 4 visar provtagningslokalernas lägen.

Gabbroiska bergarter från ungefär 40 hållar och gruvhål (fig. 9A) med tillhörande varphögar provtogs. Totalt togs 39 prov för litogeokemisk analys, 36 tunnslipsprov, 91 petrofysikprov och två dateringsprov. Av de 91 petrofysiska proverna som samlades in i fält var 19 orienterade prov där solkompass användes innan provtagning (fig. 9B). Orienteringen av den remanenta komponenten av magnetiseringen kunde därefter beräknas genom mätningar i petrofysiklaboratoriet vid SGU i Uppsala.

En ny magnetisk markmätning utfördes över en mafisk intrusion vid Gräsberget, söder om Simesvallen (fig. 4). Mätningen visar en tydlig positiv magnetisk anomali och kommer kompletteras med ytterligare mätningar under innevarande år.

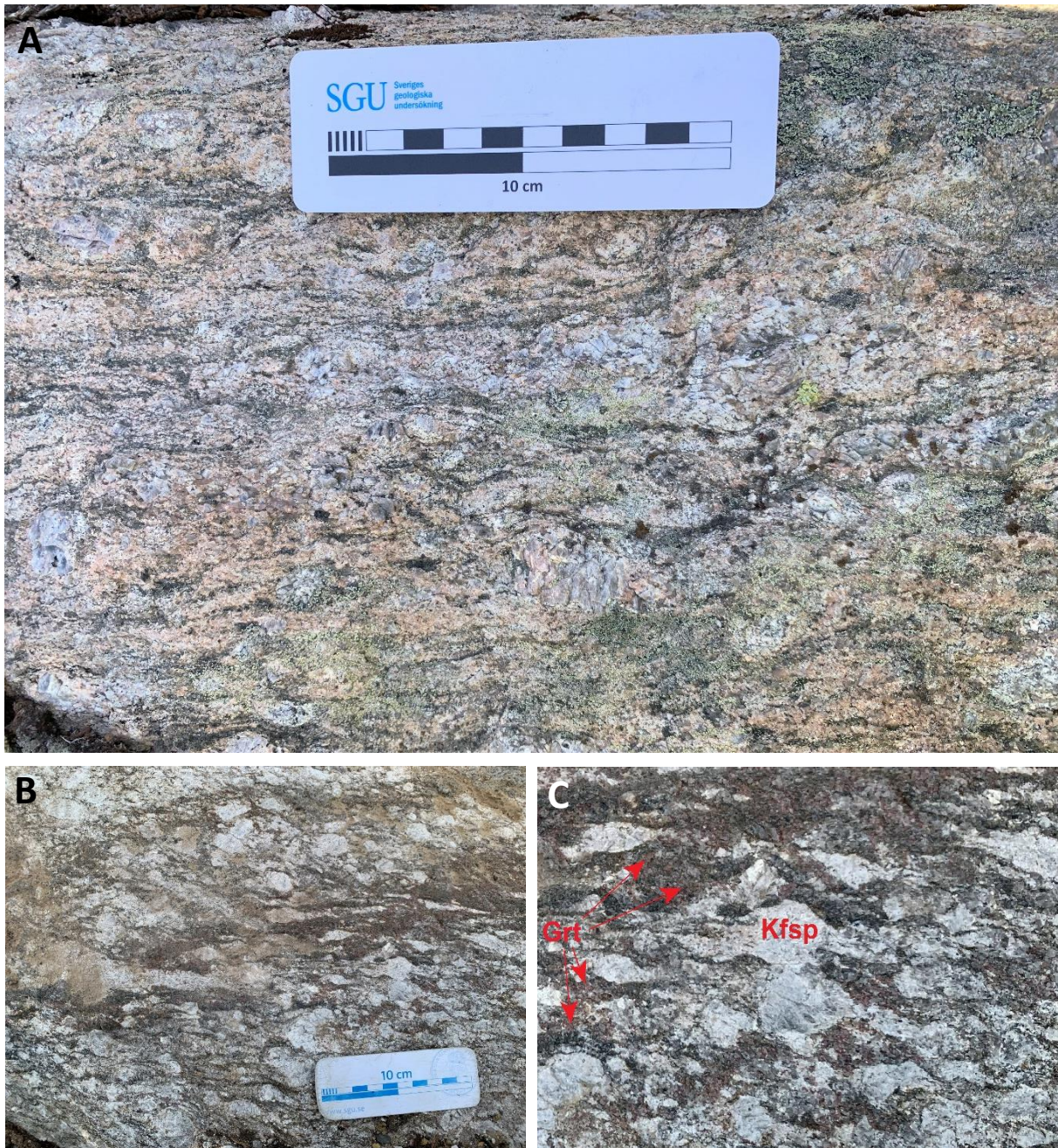


**Figur 9. A.** Vattenfyllt gruvhål vid Bläckmyran (6870542/584874). **B.** Mätning med solkompass innan provtagning av orienterat petrofysikprov i mafisk intrusion. Foto: Helge Reginiussen.



## Svekokarelska granitoider och felsiska metavulkaniter (1,87–1,84 Ga)

Fokus för detta projekt ligger på de mafiska bergarterna i området och omkringliggande metagranitoider och felsiska metavulkaniter har därför inte studerats i detalj. Utförligare beskrivningar av dessa finns bland annat i Albrecht & Kübler (2011). Inom undersökningsområdet visar Ljusdalsbatolitens omvandlade granitoider och felsiska metavulkaniter en tydlig metamorf foliation där de granitiska varianterna är gnejsiga, ofta med linsformade megakristaller och aggregat av kalifältspat (fig. 10). Granat observerades vid några berghällar och då ofta anrikat i aggregat tillsammans med andra mörka mineral (fig. 10C).



**Figur 10.** A. Ljust röd metagranit med linsformiga megakristaller av kalifältspat (6849049/566280). B. Medelkornig grå metagranit (Ljusdalsgranit), små- till grovporfyrisk med linsformade megakristaller och aggregat av kalifältspat. C. Närbild av B. som visar megakristaller och aggregat av kalifältspat och aggregat av mörkröda granater. Bildens utsnitt är cirka 12 cm brett. Från Kramsta i Järvsöfältet (6841934/560458). Foto: Helge Regniussen.

## Gabbroider

I tidigare litteratur används termen norit om de Fe-Ti-V-mineraliserade mafiska intrusionerna inom Ljusdalsbatoliten. Då vi inom det nuvarande projektet inte studerat de individuella mafiska intrusionerna i detalj med avseende på mineralinnehållet i tunnslip, och därmed inte kan utföra en exakt klassning av bergarterna, så används i denna rapport samlingstermen gabbroid för dessa bergarter. Blottningsgraden i området är mycket låg, men på ett fåtal platser, i samband med anläggningsarbete och vägar, finns avrymda hållar där gabbroider är blottlagda. Dikesgrävningar som utfördes under tidigare prospekteringsinsatser finns bland annat vid Kramsta i Järvsöfältet.

Gabbroiderna uppvisar i fält stora variationer i kornstorlek och texturer, men massformiga, medel- till grovkorniga (fig. 11A, 14B, 15A, 15B) är vanligt förekommande. Fint medelkornig till medelkornig och pegmatitiska varianter är också observerad (fig. 18A). Som regel är de gabbroider som är rikast på magnetit ofta finkorniga, medan grövre, amfibolrika varianter är magnetitfattiga. Vanadin ingår som fast lösning i magnetit och sambandet mellan kornstorlek och magnetit (och därmed vanadinhalt) upptäcktes i samband med prospekteringen under 1970- och 1980-talet (Ros & Lindblom 1983). Det är dock inte ovanligt med aggregat och ansamlingar av magnetit i grovkornig gabbro (fig. 11B). Ilmenit förekommer som lameller i magnetit och som enskilda kristaller.

Ställvis observeras magmatisk modal lagring definierad av variationer i relativa proportioner av de mörka respektive ljusa mineralen. Karaktäristiskt för alla gabbroider som undersöktes under 2022 är att bergarterna är mycket svagt deformerade och saknar helt den metamorfa foliationen som observeras i omkringliggande gnejsiga granitoider. En parallellorientering av de avlånga mineralen kan observeras i samband med modal lagring, men detta tolkas som ett resultat av magmatiska processer och inte som en tektonisk foliation (fig. 12A, 12B). Fältrelationerna indikerar att gabbroiderna är yngre än graniterna. Det finns dock inga radiometrisk dateringar av dessa mafiska intrusioner, så åldern är i dagsläget okänd.

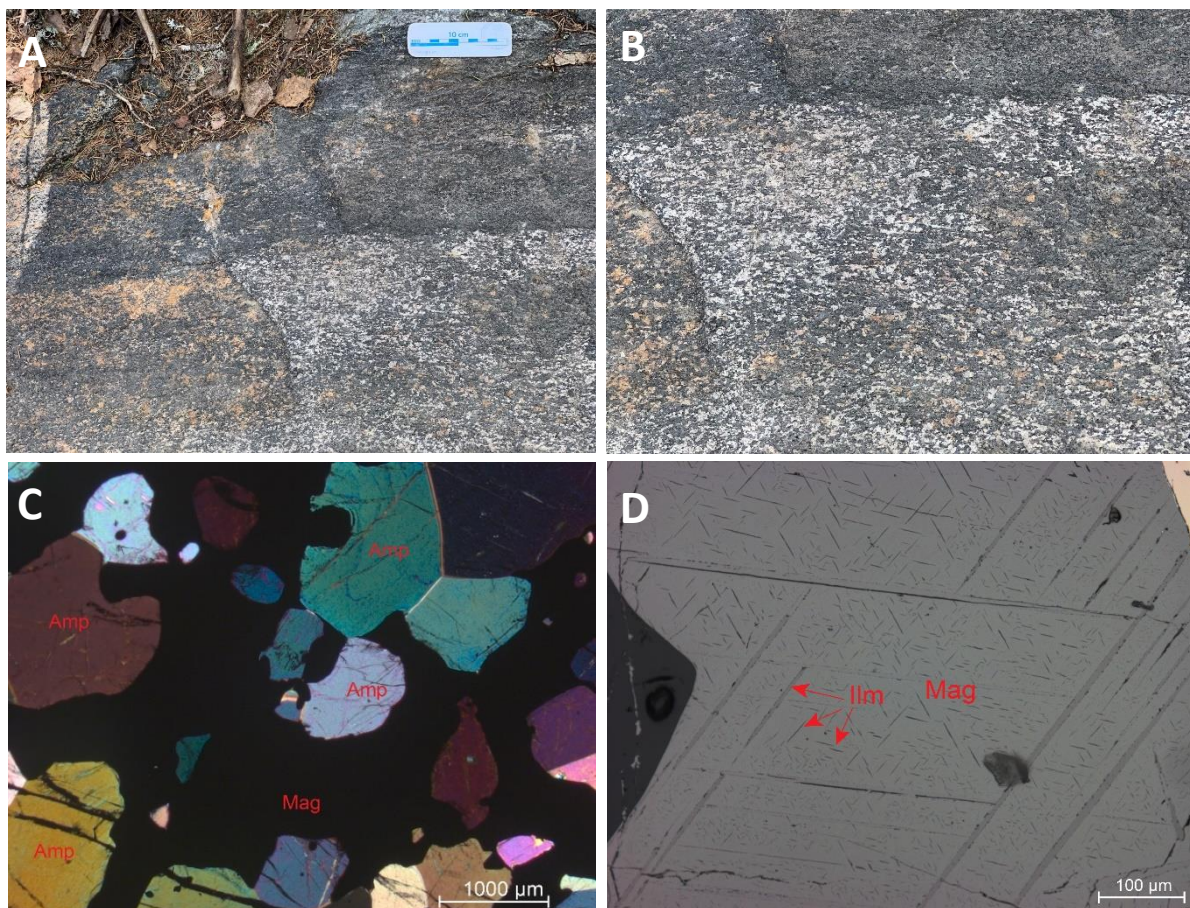


**Figur 11. A.** Medel- till grovkornig, massformig gabbroid (6878508/576441). **B.** Aggregat av magnetit i gabbroid vid Skalberget (6833722/548254). Foto: Helge Reginiussen.

## Järvsöfältet

I prospekteringsrapporter framtagna i samband med NSG:s vanadinprospektering under 1970- och 1980-talet beskrivs förekomst av tre huvudtyper av gabbroida bergarter i Järvsöfältet; gabbro, norit och hornbländegabbro (Edberg m.fl. 1978). Baserat på befintliga geofysiska mätningar och borrhningar inom Järvsöfältet är tre objekt definierade som utgörs av gabbroida bergarter: Gruvberget, Storsveden och Kramsta (Edberg 1980). Notera att objektet Gruvberget inom Järvsöfältet inte är identiskt med objektet med samma namn som finns vid Sumåssjön. Inslaget av norit kan vara överskattat i de tidigaste beskrivningarna, då ortopyroxen har visat sig vara mer sällsynt än tidigare antaget (Lagergren & Lindblom 1983). Förekomst av primär ortopyroxen tillsammans med klinopyroxen i gabbroid vid Kramsta har rapporterats av Ahlin & Larson (1985).

Kumulat och modal lagring är observerade vid Kramsta. Mineral med avlång kristallform definierar en textur med en tydlig föredragen orientering av kristallerna ("shape preferred orientation"), detta är särskilt tydligt hos plagioklasrika lager (fig. 12A, 12B). Orienteringen av kristallerna tolkas som ett resultat av så kallad "crystal settling and accumulation". En alternativ tolkning kan vara att dessa avlånga mineral parallellorienterades i samband med konvektion i magmakammaren eller på grund av annan rörelse ("slumping/sliding") innan konsolidering av en kristallgröt. Baserat på mineralanalyser av borrhkärneprov rapporterade Ahlin och Larson (1985) förekomst av kryptisk lagring i en gabbro från Kramsta och stödjer en tolkning av Kramsta som en lagrad intrusion.



**Figur 12.** A. Modal lagring i gabbro vid Kramsta (6842254/560337). B. Närbild av lagring i A. En viss parallellorientering av mineralen finns, men ingen tektonisk foliation observeras. Lagringen och mineralorienteringen är sannolikt primär-magmatiska och relaterade till fraktionerad kristallisation, "kristallsedimentation" och eventuell konvektion i magmakammaren. Bilden är ungefär 35 cm bred. C. Fe-Ti-V-mineraliserad gabbroid från Kramsta, korsade nicoler. Provet är från borrhkärnan K-D-8 (se fig. 13 B) och provet har tagits vid 19,0–19,04 cm. D. Magnetit som har avblandningslameller av ilmenit, samma prov som C. i reflekterat ljus. Foto: A–B: Helge Reginiussen. C–D: Dick Claeson. Mineralnamnsförkortningar är från Whitney & Evans (2010).

För att studera kontinuerliga intervall har befintliga borrhävar använts. En sekvens på 20 meter borrhävar (K-D-8) illustrerar textuella och modala variationer i gabbroid vid Kramsta (fig. 13). En medel- till grovkornig gabbroid (7,92–10,5 m) övergår gradvis i en massiv, grå, fint medelkornig variant i intervallet 10,5–14,4 m. Därefter följer en gradvis övergång till ett mörkgrått lager (14,4–16,5 m). Sedan kommer en sekvens med medel- till grovkornig gabbroid (16,5–18,25 m) med svag magmatisk laminering, vilken övergår i en mörk, medelkornig gabbroid (18,25–20,4 m). I intervallet 20,4–22,3 m finns en grå gabbroid med dominerande grovt medelkornig till grov kornstorlek. Ett pegmatitiskt lager som är en del av den primära lagringen i bergarten uppträder vid 22,3–22,6 m. Från 22,6 till 26,4 m förekommer en grovkornig gabbroid med magmatisk laminering, därefter observeras en gradvis övergång till en medelkornig, ljus grå gabbroid (26,4–28,17 m).



**Figur 13.** Ungefär 20 meter av borrhävarn K-D-8 från gabbroid vid Kramsta (6841552/559515). **A.** Intervall 7,92–18,04m. **B.** Intervall 18,04–28,17m. Sekvensen ger en bra illustration av primära texturer och modal lagring i bergarten. Ingen tektonisk deformation eller foliation observerades. Parallellorientering av avlånga mineral är resultatet av en magmatisk process. Röd markering visar urval av sektioner för litogeokemisk analys; 15,04–16,04 m (A.) gav följande analysresultat:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 37,2\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 5,5\%$  och  $V = 0,25\%$  respektive 19,04–20,04 m (B.) gav  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 50,4\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 7,64\%$  och  $V = 0,36\%$ . Se text för detaljerad beskrivning av intervallen. Foto: Helge Reginiussen.

Den nedre kontakten mellan gabbroid och den omkringliggande granitiska gnejsen (Ljusdalsgranit) i denna borrhärna utgörs av en gradvis övergång, där det observeras hybridisering mellan de två bergartsleden i en cirka 3 meter mäktig zon. Den gabbroida magman har där delvis smält upp den äldre gnejsen i samband med dess intrusion, vilket genom olika blandningsprocesser givit upphov till hybridbergarter. I kontaktzonen observeras en tydlig foliation i hybridbergarten.

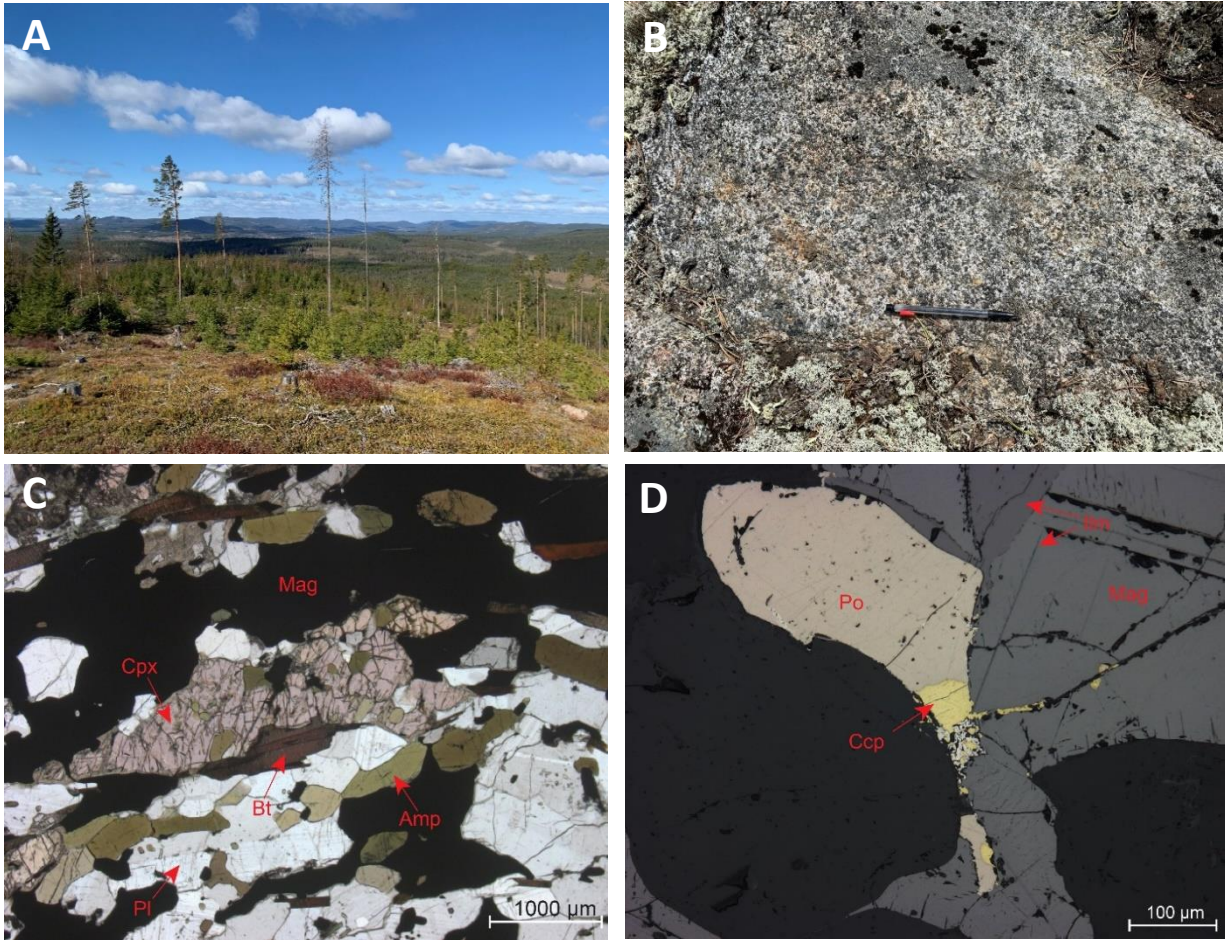
### **Sumåssjön (Gruvberget)**

Vid Sumåssjön (Gruvberget) planerar bolaget Svenska Vanadin AB att bryta vanadinhaltig magnetit i dagbrott. Bolaget har en bearbetningskoncession (tabell 3) och har nyligen fått ett beslut från miljödomstolen om att årligen få bryta och bearbeta 1 miljon ton malm, uppföra och driva ett anrikningsverk samt anlägga ett sandmagasin och gråbergsdeponi på platsen (Östersund tingsrätt 2022).

Områdets potential för vanadin upptäcktes under 1980 i samband med provtagning av kända skärpningar i området för anrikningsförsök. Samma år tolkades flygmätningar och det utfördes uppföljande magnetiska markmätningar och detaljmätningar vid Gruvberget och Bläckmyran. Prospekteringsdiken grävdes på Gruvberget och under 1981 och 1982 borrades 54 kärnborrhål (tabell 1) fördelat på 12 profiler med ett profilavstånd på 80 m. Därefter provtogs sammanlagt 300 ton mineraliserat berg av olika kvalitet vid fem platser. Baserat på dessa prospekteringsdata gjordes en malmberäkning (Ros & Lindblom 1983). Senare utfördes en lönsamhetsstudie där en process för vanadinframställning baserad på lakning (Otanmäkiprocessen) utvärderades (AB Statsgruvor 1984). I äldre prospekteringsrapporter beskrivs värdbergarten vid Sumåssjön som en norit eller noritisk gabbro där pyroxen alltid är mer eller mindre ersatt av hornblände. Denna så kallade noritiska gabbro är skivformad, har öst-västlig strykning och är parallell med gnejsigheten hos den omkringliggande granitiska gnejsen (Ljusdalsgranit). Gabbroiden är genomsatt av en del förkastningar där det förekommer epidotomvandling och martitisering av magnetit. Den rikaste mineraliseringen utgörs av en finkornig, magnetitrik noritisk gabbro som uppträder nära den norra kontakten mot Ljusdalsgraniten. Den mineraliserade zonen har en längd av 640 m som stupar 30 till 50 grader mot syd (Ros & Lindblom 1983).

I detta projekt har vi initialt fokuserat på att provta och analysera ett antal borrhärnor (tabell 4) och hållprov från Gruvberget (fig. 14A, B).

Vid preliminära undersökningar av ett fåtal tunnslip från borrhärnorna SUM81005 och SUM82004 har plagioklas, klinopyroxen, amfibol, biotit och magnetit identifierats (fig. 14C). Dessutom har mindre mängder sulfidmineral påvisats (fig. 14D). Ingen ortopyroxen har observerats i de nu undersökta tunnslipen.

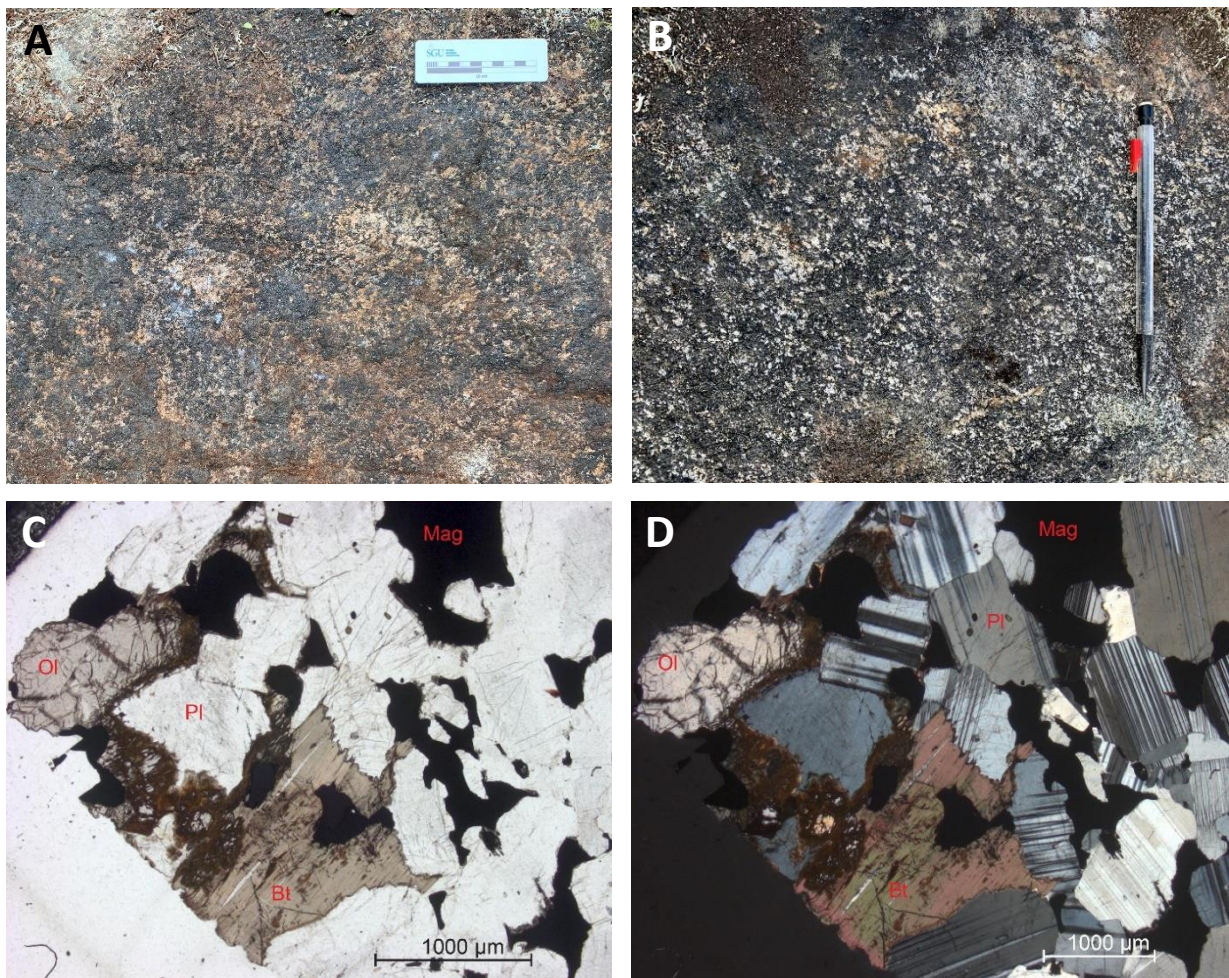


**Figur 14. A.** Vy från toppen av Gruvberget. **B.** Medel- till grovkornig, massformig gabbroid vid Gruvberget (6869714/582131). **C.** Mineraliserad gabbroid från Sumåssjön i planpolariserat ljus, provet från sektion 37,85–37,89 m av borrhäls SUM82004 (6869713/581995). I detta prov syns en svag struktur som definieras av avlånga mineral och mineralaggregat av klinopyroxen, amfibol, plagioklas och magnetit. Magnetit finns i lager samt interstitiellt. **D.** Fe-Ti-V-mineraliserad gabbroid med sulfider, ilmenit och magnetit i reflekterat ljus, sektion 6,12–6,17 m av borrhäls SUM82004. Ilmenit uppträder både som lameller i magnetit samt som större korn. Foto: A-B: Helge Reginiussen, C-D: Dick Claeson. Mineralnamnsförkortningar är från Whitney & Evans (2010).

## Bläckmyran

Bläckmyran ligger cirka 2,5 km öster om Sumåssjön (Gruvberget). Baserat på flyg- och markmagnetiska mätningar under slutet av 1970-talet, definierades en anomali som följdes upp med ett borrhörprogram där 14 borrhål sänktes, fördelat på sju profiler med inbördes avstånd på 60 till 120 m. Prospekteringsrapporter från början av 1980-talet beskriver den västra delen av det uppborrade området som en homogen magnetitmineralisering med vanadin, medan den östra delen är mer komplex och genomsatt av förkastningar och pegmatitgångar, men har trots detta relativt höga vanadinhalter över större partier (Lagergren & Lindblom 1983).

I detta projekt har vi initialt fokuserat på att provta och analysera ett antal borrhörkärnor (tabell 4) och hållprov från Bläckmyran (fig. 15A). Vid den närliggande fyndigheten Gråsjön togs ett hållprov (fig. 15B). I ett tunnslip från en borrhörkärna från Bläckmyran noteras plagioklas, olivin, biotit och magnetit (fig. 15C, D).



**Figur 15.** A. Massformig gabbroid vid Bläckmyran (6870401/585440). B. Massformig gabbroid vid Gråsjön (6871796/586539). Blyertspennan är 15 cm lång. C–D. Fe-Ti-V mineraliserad gabbroid från Bläckmyran där magnetit uppträder interstitiellt i mellanrum mellan plagioklaskristaller, ofta med en undulerande kontakt, C. planpolariserat ljus, D. korsade nicoler. Provet är från sektion 179,77–179,81 m av borrhörkärna BLA81001 (6870258/584678). Foto: A–B: Helge Reginiussen, C–D: Dick Claeson. Mineralnamnsförkortningar är från Whitney & Evans (2010).

## Masugnsberget–Blistra

En magnetisk anomali framkom vid Masugnsberget efter flygmätningar 1980 (fig. 2). Markmätningar under 1981 och 1982 samt kärnboringar av sju borrhål under 1983 påvisade en fyndighet på 1,1 Mt malm med 0,19% V (tabell 2, fig. 16C). Boringarna påvisade en magnetitrik zon med ett utgående på ungefär 200 m längd och 10–30 m bredd. I samband med deformation har magnetiten delvis martitiserats. Vid den närliggande fyndigheten Blistra har tidigare magnetiska markmätningar utförts, men inga borrhningar (Lagergren 1983).

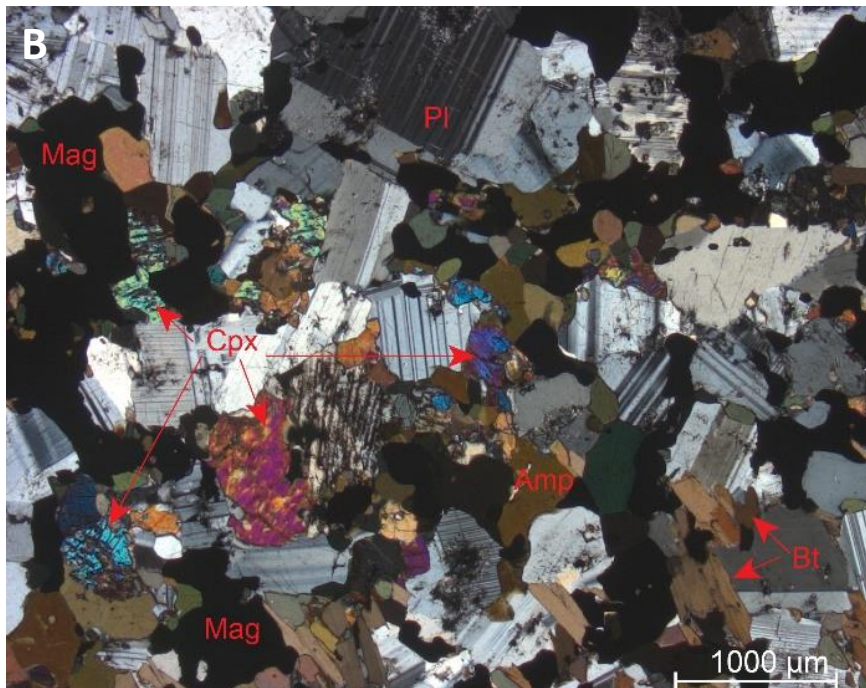
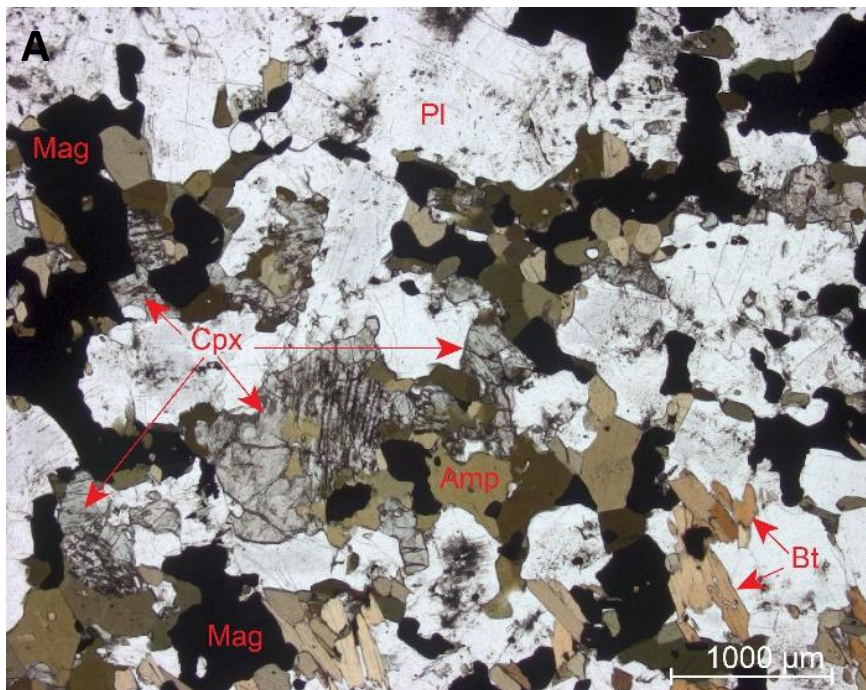
I detta projekt har fyra borrhkärnor från Masugnsberget provtagits för litogeokemisk analys, petrofysiska mätningar och tunnslip (tabell 4). Dessutom provtogs varp från ett äldre gruvhål vid Masugnsberget (fig. 16A, B). Vid Blistra observerades ett antal blottningar av gabbroid (fig. 16D) samt äldre gruvhål där mineraliserad varp provtogs (fig. 16E).



**Figur 16.** A. Gruvhål vid Masugnsberget (6871389/578211). Dimensionen på gruvhålet är cirka 10 × 15 m. B. Prov av gabbroid från varp vid gruvhålet i A. C. Borrhör från diamantborringar 1983 vid Masugnsberget (6871374/578316). D. Grovkornig gabbroid vid Blistra (6869735/578906). E. Prov av gabbroid från varp vid Blistra gruva (6869825/578489). Foto: Helge Reginius.



I tunnslip från borrhärnan MAB83004 observeras plagioklas, klinopyroxen, amfibol, biotit och magnetit (fig. 17). Ortopyroxen observerades ej i provet. Dock har bergarten tidigare benämnts gnejsig hornbländeförande norit enligt Wik m.fl. (2009) och referens till Delin (1989) och då under namnet Gäckttjärns järngruva (Wik m.fl. 2009). Berggrundskartan SGU Ai 36, 16G Ljusdal SO (Delin 1989) anger i dess teckenförklaring att de basiska bergarterna vid Masungsberget klassats som noritisk gabbro, medelkornig, svagt förskifrad.



**Figur 17.** Fe-Ti-V-mineraliserad gabbroid i borrhärna från Masungsberget (MAB83004, sektion 86,2–86,25 m, 6871407/578331). **A.** I planpolariserat ljus, **B.** samma utsnitt med korsade nicoler. Klinopyroxen har påväxt av amfibol och är ställvis delvis ersatt av amfibol. Magnetit uppträder interstitiellt tillsammans med amfibol, ofta med undulerande kontakter. Foto: Dick Claeson. Mineralnamnsförkortningar är från Whitney & Evans (2010).

## Kullberget–Storåsen

Inga borrhälar finns tillgängliga från Kullberget–Storåsen. Under 2022 har det endast utförts rekognoserande fältarbete med fokus på provtagning av varp och håll. Blottningsgraden i området är mycket låg, men ett fåtal hållar besöktes. Vid Storåsen hittades till synes odeformerad gabbro innehållande välbevarade, primära magmatiska mineral och texturer. Komplexa texturer med stora kornstorleksvariationer observerades. Pegmatitiska amfibolkristaller indikerar en H<sub>2</sub>O-rik magma (fig. 18A). Intrusiva kontakter mellan gabbroid och granitoid observerades vid Storåsen (fig. 18B). Exempel på back-veining förekommer, det vill säga gabbroiden har smält upp den gnejsiga granitoiden och bildat en granitisk smälta i kontaktzonen, vilken därefter intruderat i gabbroiden. Gabbroiden stelnar och spricker upp på grund av volymminskning vid en hög temperatur där den partiella granitiska smältan fortfarande är mobil.



**Figur 18. A.** Fint medelkornig till pegmatitisk gabbroid (6867285/542465). **B.** Intrusiv kontakt mellan grovkornig gabbroid och gnejsig granitisk bergart vid Storåsen. Möjlig "back-veining" av felsiskt material i gabbroiden och magmablandning (6866404/542106). Ingen tektonisk överprägling observeras i några av dessa gabbroider. Foto: Helge Reginiussen.

## Simesvallen

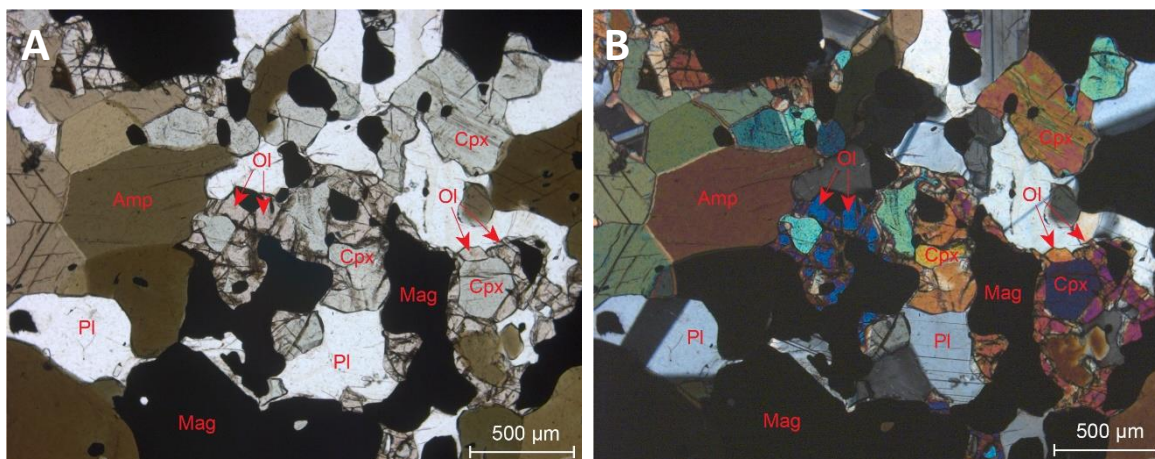
Vid Simesvallen är hållblottningsgraden mycket låg (fig. 19) och fyndigheten påvisades genom blockfynd och flygmagnetiska mätningar under 1980. Uppföljande geofysiska markmätningar (Persson & Holdar 1982) och borrhåll påvisade ett tonnage om 2,5 miljoner ton malm innehållande 0,19%V (Persson & Lindblom 1983). På SGU:s flygmagnetiska karta definieras fyndigheten av en elliptisk magnetisk anomali (fig. 2). En stor vindkraftpark har uppförts vid Simesvallen, och även om många nya vägar i området är anlagda i samband med denna är blottningsgraden fortsatt mycket låg.

Tidigare mineralogiska undersökningar konstaterade att gabbroiderna vid Simesvallen består av gabbro, hornbländegabbro och metagabbro, där klinopyroxen och hornblände är klorit-serpentinomvandlade. Primär ortopyroxen som överstiger accessorisk mängd hittades endast i ett prov (Persson & Lindblom 1983).

En preliminär studie av ett tunnslip från en Fe-Ti-V-mineraliserad borrhärna från Simesvallen (SIM82006) visar en bergart som består av plagioklas, amfibol, klinopyroxen, olivin och magnetit (fig. 20).



**Figur 19. A.** Blottning med gabbroid bergart i ett vägdikey vid Simesvallen (6831096/558099). **B.** Närbild av massformig gabbroid i håll (6831096/558099). Blottningsgraden vid Simesvallen är mycket låg. Foto: Helge Reginiussen.



**Figur 20.** Fe-Ti-V mineraliserad gabbroid som innehåller plagioklas, amfibol, klinopyroxen, olivin och Fe-Ti oxider, **A.** planpolariserat ljus, **B.** samma utsnitt med korsade nicoler. Notera inklusioner av Fe-Ti oxider i klinopyroxen och amfibol. Små kristaller av olivin omger klinopyroxen. Borrkärna från Simesvallen, sektion 27,76–27,80 m av SIM82006 (6831044/557860). Foto: Dick Claeson. Mineralnamnsförkortningar är från Whitney & Evans (2010).

### Andra provtagna objekt

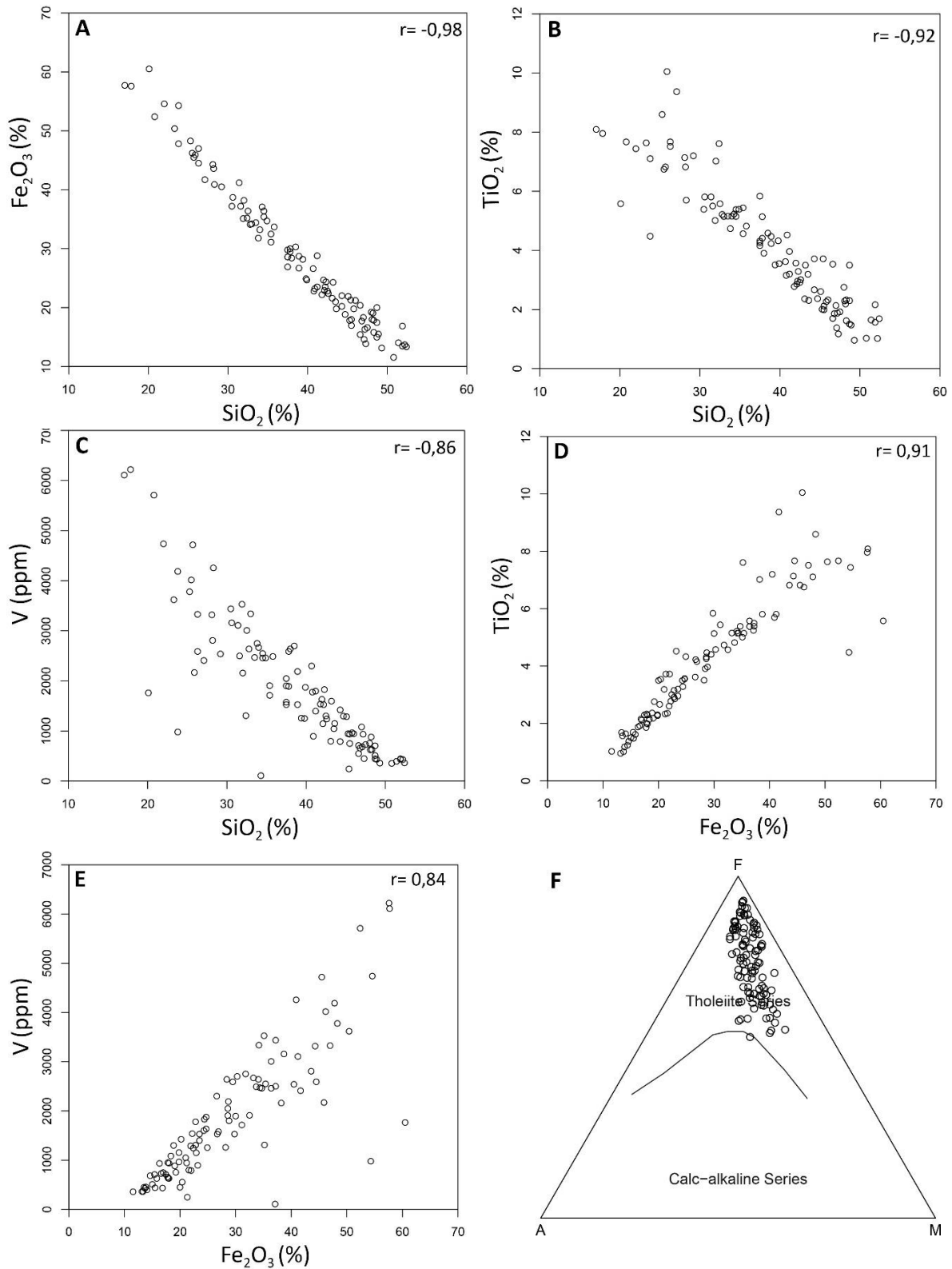
Förutom objekten som är beskrivna ovan så provtogs hållar och varp från ett antal andra gabbroider för litogeochemisk analys, tunnslip och petrofysik, bland annat vid Andberget (6815042/559295), Kattugleberget (6865124/545117), Gartsbogruvan (6848053/566141), Gräsberget (6816454/559946), Alsjösjön (6878492/576482), Buberget (6848955/566299) och Skalberget (6833722/548254), se figur 4C.

### Preliminära resultat av litogeochemiska analyser

I detta avsnitt presenteras resultat av 102 analyser av gabbroider från området. Programmet GCDkit 6.0 (Janousek m.fl. 2006) användes till beräkningar och plottning av data.

De analyserade proven visar stora variationer i sammansättning, till exempel så varierar innehållet av  $\text{SiO}_2$  från 17,5 till 52,4 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  varierar från 11,55 till 60,5 %,  $\text{TiO}_2$  från 0,96 till 10,5 % och V mellan 110 och 6 220 ppm. Det för magmatisk differentiering använda mg# varierar från 9 till 53. Bergarterna visar tydlig järn-anrikning i ett AFM diagram (fig. 21F)

Harker-diagram för utvalda element för samtliga analyserade prov visas i figur 21. Korrelationskoefficienten,  $r$ , visar att  $\text{SiO}_2$  är starkt korrelerad med  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $r = -0,98$ ),  $\text{TiO}_2$  ( $r = -0,92$ ) och V ( $r = -0,86$ ), samtliga med negativ korrelation.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  är starkt korrelerad med både  $\text{TiO}_2$  ( $r = 0,91$ ) och V ( $r = 0,83$ ), samtliga med positiv korrelation. Korrelation innebär inte nödvändigtvis att det finns ett orsakssamband (kausalitet). De båda variablerna kan vara påverkade av en tredje faktor eller så kan sambandet bero på slumpen.



**Figur 21.** A–E. Harker-diagram som visar kovarians mellan utvalda oxider och element i gabbroider inom det undersökta området. F. AFM diagram (Irvine & Baragar 1971).

## FORTSATT ARBETE

Arbetet kommer att fortsätta enligt projektplanen under 2023 och 2024, med ytterligare geologiska och geofysiska fältundersökningar, inklusive magnetiska markmätningar, för att karaktärisera mafiska intrusioner inom Ljusdalsbatoliten där det i nuläget inte finns data. Ytterligare provtagning för petrofysik, mineralogi och geokemi kommer att utföras.

Arbetet kommer att möjliggöra tolkning och modellering av de mafiska intrusionerna och därmed förbättra förståelsen av storlek, geometri, sammansättning och petrogenes.

De preliminära resultaten från våra petrofysiska och geokemiska analyser utförda under 2022, bekräftar att finns det ett tydligt samband mellan magnetisk susceptibilitet, densitet och innehållet av järn och vanadin. Detta skapar förutsättningar för att använda de geofysiska mätningarna för att undersöka de relativa koncentrationerna av metaller i de mineraliserade delarna av de mafiska intrusionerna.

## REFERENSER

- AB Statsgruvor, 1984: Projekt Gruvberget-Sumåssjön. Vanadinutvinning genom lakning. Prefeasibility studie. *Mink 0544*.
- Ahlin, S. & Larson, S.Å., 1985: The layered Kramsta gabbro – some new observations. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 107*, 41–44.
- Albrecht, L. & Kübler, L., 2011: Beskrivning till berggrundskartan 15G Bollnäs. *Sveriges geologiska undersökning K 312*.
- Andersson, L.G., 1982: Malmberäkning-Sumåssjön. Prospekteringsrapport, LKAB prospektering Grb 285.
- Bergman, S., Stephens, M.B., Andersson, J., Kathol, B. & Bergman, T., 2012: Sveriges berggrund, skala 1:1 miljon. *Sveriges geologiska undersökning K423*.
- Delin, H., 1989: Berggrundskartan 16G Ljusdal SO. *Sveriges geologiska undersökning Ai 36*.
- Edberg, L., Månsson, S. & Ohlsson, L.G., 1978: Järvsöfältet. Prospekteringsrapport, Grb 049.
- Edberg, L., 1980: Rapport beträffande geofysiska kartor över Storsveden och Gruvberget, Järvsöfältet. Prospekteringsrapport, Grb 173.
- EU 2023: European Commission, Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 – Final Report. 160 p, doi: 10.2873/725585
- Hallberg, A. et al. 2012: Metallogenic areas in Sweden. In: Eilu, P. (ed.) Mineral Deposits and Metallogeny of Fennoscandia. *Geological Survey of Finland, Special Papers, 53*, 139–205.
- Hallberg, A. & Reginiussen, H., 2018: Kartläggning av innovationskritiska metaller och mineral. Slutrapportering av regeringsuppdrag, *Sveriges geologiska undersökning RR 2018:05*.
- Högdahl, K., Sjöström, H., Andersson, U.B & Ahl, M., 2008: Continental margin magmatism and migmatization in the west-central Fennoscandian Shield. *Lithos 102*, 435–459.
- Högdahl, K & Bergman, S., 2020: Paleoproterozoic (1.9–1.8 Ga), syn-orogenic magmatism and sedimentation in the Ljusdal lithotectonic unit, Svecokarelian orogen. In: Stephens, M. B. & Bergman Weihed, J. (eds) Sweden: Lithotectonic Framework, Tectonic Evolution and Mineral Resources. *Geological Society, London, Memoirs, 50*, 131–153. doi: 10.1144/M50-2016-30
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A., 1971: A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Science, 8*, 523–548.
- Janousek, V., Farrow, C.M. & Erban, V., 2006: Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology 47*, 1255–1259.

- Lagergren, L., 1983: Vanadin-titanfyndigheten Masugnsberget. Resultat av borrhning. Prospekteringsrapport, Prap 83534.
- Lagergren, L. & Lindblom, L., 1983: Vanadin-Titanfyndigheten Bläckmyran. Resultat av borrhning samt mineralogisk undersökning. Prospekteringsrapport, Prap 83516.
- Lundegårdh, P.H., 1957: The titaniferous ore-bearing gabbro of Helsingland, central Sweden. *Sverige geologisk undersökning C 549*.
- Lundegårdh, P.H., 1967: Berggrunden i Gävleborgs län. *Sveriges geologiska undersökning Ba 22*, 303 s
- Persson, G., 1982: Vanadin-Titan fyndigheterna Kullberget och Storåsen. Prospekteringsrapport, Brap 82527.
- Persson, G. & Holdar, B., 1982: Vanadin-Titanfyndigheten Simesvallen. Prospekteringsrapport, Sveriges geologiska undersökning, Brap 82577.
- Persson, G. & Lindblom, L., 1983: Vanadin-Titanfyndigheten Simesvallen. Prospekteringsrapport, SGAB prospektering. Prap 83524.
- Ros, F. & Lindblom, L., 1983: Vanadin-titanfyndigheten Gruvberget. Slutrapport avseende borrhning, mineralogisk undersökning och tonnageberäkning. Prospekteringsrapport, Prap 83560.
- Östersund tingsrätt och Mark- och miljödomstolen, 2022: *Mark- och miljödomstolen lämnar tillstånd till vanadinbrytning i Bricka*. <<https://www.domstol.se/nyheter/2022/09/mark--och-miljodomsstolen-lamnar-tillstand-till-vanadinbrytning-i-bricka/>> Åtkommen 13 februari 2023.
- USGS, 2023: Mineral commodity summaries 2023. U.S. Geological Survey, 210 p. doi: 10.3133/mcs2023
- Whitney, D. & Evans, B.W., 2010: Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185–187.
- Wik, N-G., Albrecht, L., Bergman, S., Kübler, L. & Sundberg, A., 2009: Malmer, industriella mineral och bergarter i Gävleborgs län. Sveriges geologiska undersökning, *Rapporter och Meddelanden 130*.