

K 383–386

Beskrivning till berggrundskartorna
27K Nattavaara
NV, NO, SV & SO

Dick Claeson & Ildikó Antal Lundin



SGU

Sveriges geologiska undersökning

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-128-7

Närmare upplysningar erhålls genom
Sveriges geologiska undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

Omslagsbild: Vy från Koulpavaara över kartbladet 27K Nattavaara.
Foto: Ildikó Antal Lundin.

© Sveriges geologiska undersökning, 2012
Layout: Agneta Ek, Jeanette Bergman Weihed, SGU

INNEHÅLL

Inledning	5
Berggrundsgeologisk utveckling	5
Geofysisk översikt	6
Bergarter	9
Ytbergarter tillhörande Kiruna–Arvidsjaurgruppen, ca 1,96–1,86 miljarder år	9
Sedimentära bergarter	9
Vulkaniska bergarter	11
Tidigsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,96–1,87 miljarder år	14
Tidigsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,88–1,86 miljarder år	16
Sen- till postsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,81–1,76 miljarder år	16
Sen- till postsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,83–1,75 miljarder år (granit-pegmatitassociationen)	18
Strukturer, deformation och metamorfos	18
Naturresurser	20
Referenser	21

INLEDNING

Kartområdet 27K Nattavaara har tidigare endast karterats i skala 1:400 000 (Ödman 1957). För området norr om 27K Nattavaara finns berggrundskartorna 28K Gällivare i skala 1:50 000 (Witschard 1996) samt regionala geologiska och geofysiska kartor i skala 1:250 000 över norra delen av Norrbottens län (Bergman m.fl. 2000). Avrapportering med bildmaterial från projektet har skett kontinuerligt (Claeson & Antal Lundin 2007, 2008). Koordinater och ruthänvisningar i texten är angivna efter referenssystemet RT90.

SGUs filial i Malå, Mineralinformationskontoret, tillhandahåller prospekteringsintressant information till såväl svenska som utländska prospektörer. Här finns borrhälsdata, geofysiska markmätningar, protokoll m.m. från både statlig och privat prospektering, t.ex. från kartområdet 27K Nattavaara. Denna information har bearbetats och implementerats i kartbilden.

Berggrunden består till största delen av paleoproterozoiska bergarter. Blottningsgraden är generellt mycket låg och stora områden med myrmark och sjöar dominerar landskapet. I delar av området är det framför allt på höjderna som berggrunden är blottad.

BERGGRUNDSGEOLOGISK UTVECKLING

Berggrunden inom kartområdet 27K Nattavaara utgör en liten del av den vidsträckta, nu kraftigt nedvittrade svekokarelska bergskedjan, som omfattar delar av norra och östra Sverige och västra Finland (jfr Lindström m.fl. 2000). Till största delen skapades berggrunden inom kartområdet vid två längre tidsåldrar, dels under den Svekokarelska orogenesen för ca 1,96 till 1,86 miljarder år sedan och dels efter denna vid ca 1,83 till 1,75 miljarder år. Inga bergarter har tolkats som arkeiska under detta karteringsarbete.

De äldsta metasedimentära bergarterna och ungefär samtidiga vulkaniska bildningar inom kartområdet, ca 1,96–1,86 miljarder år gamla, har omvandlats. Ytbergarterna har troligen bildats i både terrestriska och marina miljöer. De sedimentära bergarterna består av sandstenar, gråvackor och lerskiffer och de vulkaniska av lavar, pyroklastiskt utbrottsmaterial, ignimbriter, askor och tuffer. Leriga och sandiga sediment har omvandlats under hög temperatur och högt tryck till gnejser som ställvis har granitiska och pegmatitiska ådror, sliror och partier i bergarten. Granitoider och med dem associerade basiska bergarter med en ålder av 1,96–1,86 miljarder år har bildats ur framträngande silikatsmältor, s.k. magmor, som intruderar i ovannämnda ytbergarter.

Deformation och omvandling har i varierande grad drabbat ovannämnda yt- och djupbergarter. Deformationen inom kartområdet är heterogen med både välbevarade och gnejsiga varianter av samma bergartstyp. Vid ca 1,83 till 1,75 miljarder år bildades ytterligare en större mängd magmor som intruderade berggrunden inom kartområdet. Det är dels granit-pegmatitassociationens bergarter med rikligt förekommande pegmatitgranit, granit och pegmatit med tillhörande pegmatit- och aplitgångar och dels de intrusiva bergarter som har en bergartsbildande koppling med basiska bergarter, vilken granit-pegmatitassociationens bergarter saknar.

De yngre bergarterna är till största delen välbevarade och massformiga, men deformation ses dock i närhet till större deformationszoner. Kartområdet korsas av ett par regionala deformationszoner som framträder mycket tydligt på den magnetiska anomalikartan. De två viktigaste är Nautanens deformationszon (NDZ) och en regional deformationszon mellan Kiruna och Råneå, som ligger väster om NDZ och har nordvästlig riktning (parallell med NDZ). Båda zonerna är plastiska (duktila) och visar rörelser där berggrunden väster om deformationszonen rört sig uppåt jämfört med den på zonens östra sida (t.ex. Bergman m.fl. 2001). Deras bildningsålder är okänd, och de har troligen varit aktiva vid flera tillfällen i den geologiska historien.

GEOFYSISK ÖVERSIKT

Kartbladsområdet är täckt med flygmätta geofysiska data och tyngdkraftsinformation. Den flygmätta informationen omfattar magnetfältdata, elektromagnetiska (VLF och slingram) data och gammastrålningsinformation. Mätningarna är utförda med 200 m linjeavstånd, 16–40 m punktavstånd och från 30 eller 60 meters höjd. Flygriktningen var ost–västlig. För två tredjedelar av kartområdet finns elektromagnetiska data (VLF och slingram) och gammastrålningsdata som tillhör LKAB. SGU har under sommaren 2007 utfört geofysiska mätningar från flygplan över de områden som saknade elektromagnetisk information och gammastrålningsinformation. Det innebär att en resistivitetskarta samt en riktningsoberoende s.k. VLF peakerkarta kan framställas över hela kartområdet. Förutom dessa geofysiska data finns det flygmätt magnetisk information över Nautanenzonen. Mätningen utfördes 1997 av CGG Geoterrex-Dighem på uppdrag av North Atlantic Natural Resources AB (NAN). Flygriktningen för dessa mätningar är nordostlig (45 grader).

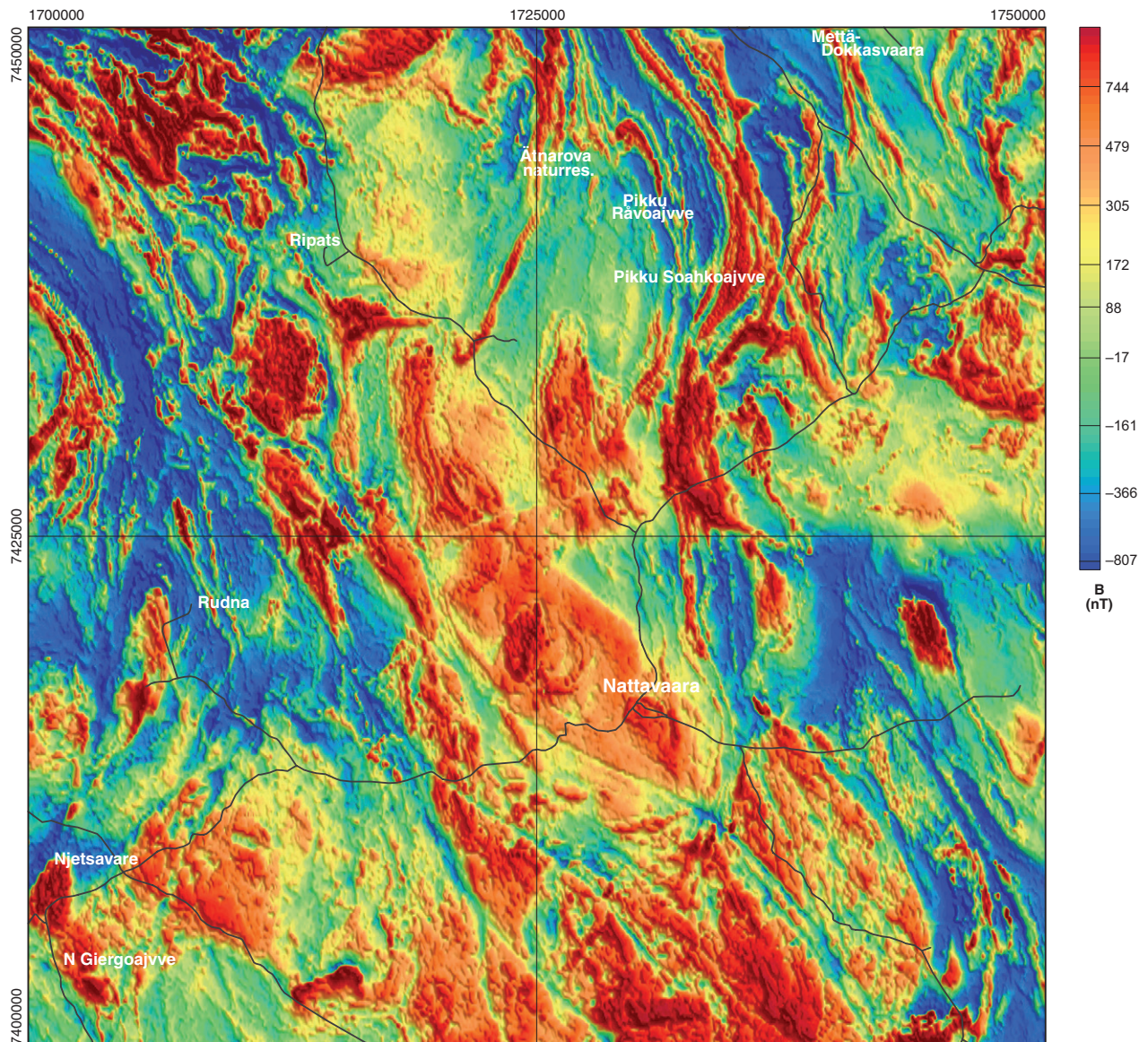
Kompletterande tyngdkraftsmätningar har utförts under sommaren 2006 och vintern 2008 på utvalda objekt och för att förtydla befintlig information. Nu finns det sammanlagt 1 856 punkter med tyngdkraftsinformation inom kartområdet.

Nattavaaraområdet har sedan länge varit föremål för malmprospektering och därmed också för betydande markgeofysiska undersökningar. I samband med olika prospekteringskampanjer mellan 1960- och 1980-talen utfördes en rad magnetiska och elektromagnetiska markmätningar (slingram och IP) både av SGU och LKAB. Större delen av dessa data finns idag i digital form.

Lokaler för anomaliuppföljning väljs utifrån magnetiska mätningar, elektromagnetiska mätningar, gammastrålningsmätningar samt tyngdkraftsmätningar. Arbetet består av profilmätningar, provtagning för mätning av bergarternas fysikaliska egenskaper samt gammastrålnings- och susceptibilitetsmätningar på berghällar. Mätning av magnetisk susceptibilitet har skett på varje dokumenterad häll med 8 mätningar per observerad bergart. Sammanlagt har 226 bergartsprover tagits för mätning av de magnetiska egenskaperna samt bestämning av densiteten. Proverna är uteslutande tagna från häll och är positionsbestämda med handburen GPS. Förutom de under den här karteringen utförda provtagningarna finns det 239 tidigare insamlade prover varav vissa är tagna från block. Dessutom finns det 237 gammastrålningsmätningar utförda på 149 berghällar. På grund av den låga blottningsgraden har det inte varit möjligt att fastställa orsaken till alla anomalier som förekommer inom kartområdet. Vid tolkningsarbetet har vi utgått ifrån data som har samlats in under karteringsarbetet. Insamlade data bearbetas, anomalierna kvantifieras och används för tolkningen av berggrunden. En sammanställning av bergarternas petrofysiska egenskaper visas i tabell 1.

Tabell 1. Petrofysiska egenskaper för några bergarter inom karteringsområdet.

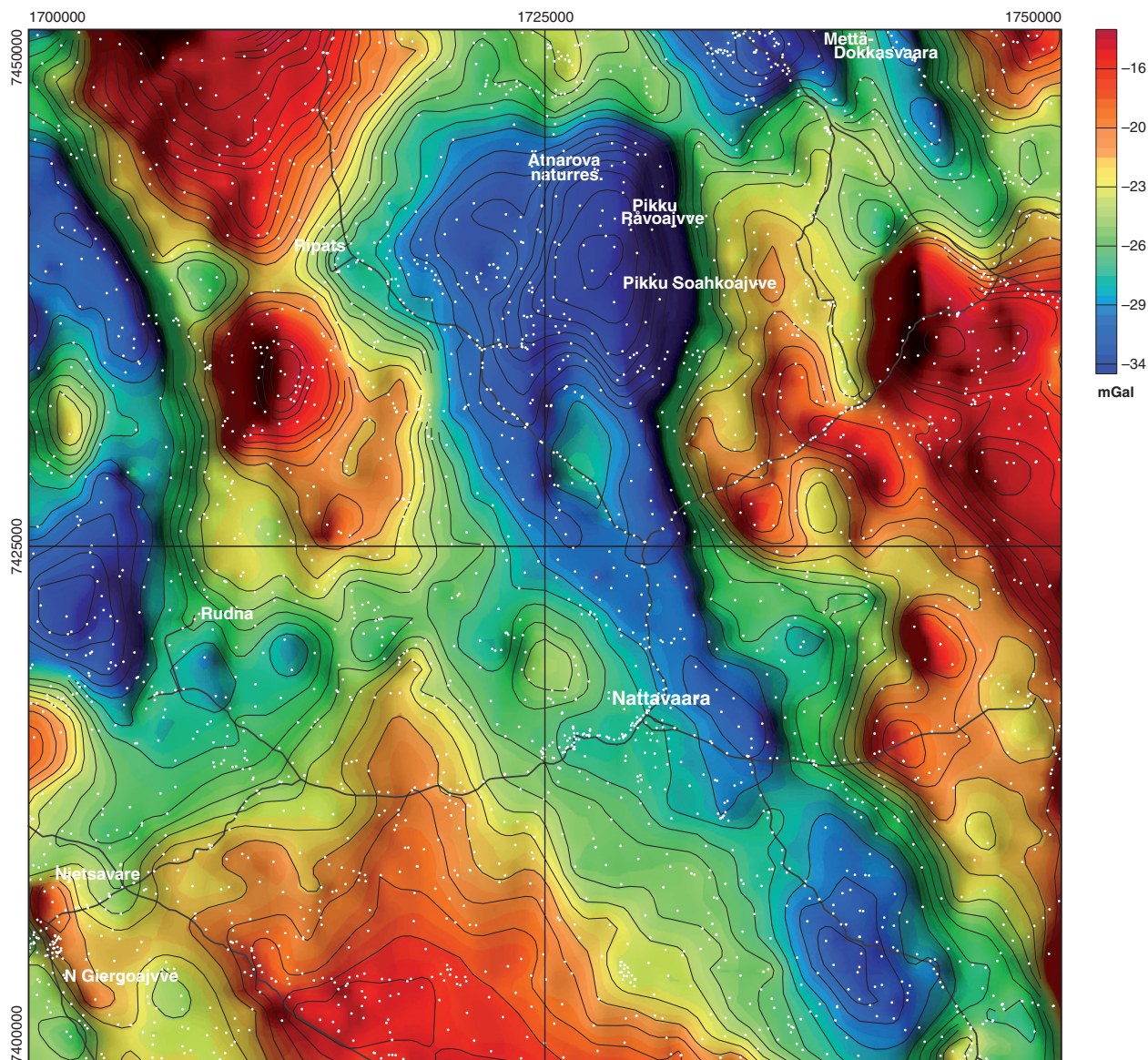
Bergart	Susceptibilitetsmedelvärde ($\times 10^{-5}$ SI-enheter)	Densitet (kg/m ³)	Halten av kalium i %	Halten av uran i ppm	Halten av torium i ppm
<i>Sedimentära bergarter tillhörande Kiruna–Arvidsjaurgruppen:</i>					
Kvartsiter	4	2 633	1,6	0,3	3,9
<i>Vulkaniska bergarter tillhörande Kiruna–Arvidsjaurgruppen:</i>					
Felsiska vulkaniter	200	2 646	4	3,3	19,5
Intermediära vulkaniter med dacitisk sammansättning	3 200	2 767	1,8	1,2	6
Vulkaniter med andesitisk och basaltisk sammansättning	6 300	2 900	1,4	0,6	2,5
<i>Tidigsvekokarelska intrusivbergarter:</i>					
Tonalit, granodiorit	1 500	2 682	2,3	0,8	6,3
Omkrystalliserad granit	2 800	2 611	3,9	1,8	12,7
Gabbroider	5 500	2 967	0,8	1,2	2,9
<i>Sen till postsvekokarelska bergarter:</i>					
Granit, monzonit, kvartsmonzonit	2 300	2 642	4,1	1,4	10,7
<i>Granit-pegmatitassociationen:</i>					
Granit	1 100	2 608	3,8	4,5	63,3
Pegmatitgranit	532	2 593	4,2	23,1	46,7



Figur 1. Magnetisk anomalikarta över 27K Nattavaara. Magnetiska data är reducerade till epok 1965.o. Kartan visar totalfältets avvikelser från DGRF 1965.o.

Bergarterna inom kartområdet uppvisar varierande magnetiseringsnivåer, vilket framgår av den magnetiska anomalikartan (fig. 1). I nordöstra delen av kartområdet förekommer högmagnetiska, bandade anomalier som troligtvis orsakas av tunna skikt av metavulkaniska bergarter med hög susceptibilitet (medelvärde $5\,200 \times 10^{-5}$ SI-enheter). Söder om Dundret i kartområdets nordvästra del ger gabbroida bergarter upphov till ett mycket oregelbundet, högmagnetiskt anomalimönster. Dessa bergarter har $3\,700 \times 10^{-5}$ SI-enheter som medelvärde för susceptibiliteten och en hög medeldensitet ($2\,913 \text{ kg/m}^3$) som orsakar ett massöverskott, vilket tydligt kan urskiljas på tyngdkraftskartan. I samma område påträffades även en del graniter och granitpegmatiter med relativt låg susceptibilitet. Sett utifrån tyngdkraftskartan är de granitiska bergarterna volymmässigt av underordnad betydelse. I den västra delen av kartområdet framträder högmagnetiska, bandade och veckade anomalier som antagligen orsakas av intermediära till basiska vulkaniter med hög susceptibilitet (medelvärde $3\,200 \times 10^{-5}$ SI-enheter).

I höjd med Muorjerova (6c) finns ett massöverskott på tyngdkraftskartan som sammanfaller med en högmagnetisk, rund anomali (fig. 2). Här är det gabbroider och basiska vulkaniter med hög densitet



Figur 2. Bougueranomalikarta över 27K Nattavaara. Kartan visar variationer i tyngdkraftsfältet uttryckt som bougueranomali (IGSN71) och baseras på mätningar med ett mätpunktsavstånd mellan 1,5–3 km. Vita prickar representerar mätpunkter.

($2\,811\text{--}3\,023\text{ kg/m}^3$) och hög till mycket hög susceptibilitet ($6\,600\text{--}21\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter) som observerades inom området. I östra delen av kartområdet vid Iso Koutovaara (6 j) finns ytterligare ett område med tyngdkraftsoverskott som kan kopplas till gabbroida bergarter, vilka har en medeldensitet på $3\,065\text{ kg/m}^3$.

I mitten av kartområdet framträder stora områden med mer rundade och homogena mönster i den magnetiska anomalibilden. De sammanfaller med ett tyngdkraftsminimum som stryker i nordnordvästlig riktning. Områdena består huvudsakligen av granitoider med i förhållande till omgivningen lägre susceptibilitet (medelvärde 900×10^{-5} SI-enheter) och densitet (medelvärde $2\,626\text{ kg/m}^3$). Längre mot sydost i kartområdets sydöstra del finns ett område med högre magnetiseringsnivå och ett tyngdkraftsunderskott. Fältobservationerna pekar på att denna anomali orsakas av monzo- och syenograniter med högre susceptibilitet (medelvärde $2\,300 \times 10^{-5}$ SI-enheter). Detta tyngdkraftsminimum har regional utbredning och dess huvudsakliga sträckning är mellan Nautanens deformationszon (NDZ) och en annan regional deformationszon med samma riktning. Den senare ligger väster om NDZ och sträcker sig från trakten söder om Kiruna till Råneå. Från elektromagnetiska data (VLF och slingram) finns det även

indikationer på att det förekommer metasedimentära bergartsled med grafit och magnetkis bl.a. öster om Orrivaara (5 c). Resultaten av en magnetisk markprofil och resistivitetsmätningar antyder att det finns metasedimentära bergartsled med magnetkis och grafit. Liknande geofysiska indikationer finns vid och söder om Puolalaki (5 i–j) och är där bekräftade av borrhålsdata med rapporter om magnetkis och grafit.

Nära kartbladsgränsen i sydost (0 j) förekommer kraftigt högmagnetiska, bandade anomalier som kopplas till basiska vulkaniter. Susceptibiliteten hos de basiska vulkaniterna varierar mellan 60 och $25\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. En modell Anpassning av en markmätt magnetisk profil över anomalierna visar att anomaliernas storlek korrelerar mot en magnetiserbarhet av berggrunden på $6\,900 \times 10^{-5}$ SI-enheter till $17\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter.

I den magnetiska anomalibilden över kartområdet 27K framträder några små cirkulära negativa magnetiska anomalier i storleksordningen 200–300 meter i diameter, dels sydost om Meurisvare (1 e), dels sydost om Lomontivaara (0 g). Markprofiler över dessa strukturer visar lägre magnetiseringsnivåer i storleksordningen 500 till 700 nT. Anomalierna kan tolkas som ”pipe”-liknande strukturer men deras verkliga orsak är inte förklarad då hållblottningar saknas i dessa områden. Liknande anomalier förekommer även i Karjalavaaraområdet (4–5 f). De cirkulära, negativa magnetiska anomalierna på kartan tolkas som bergarter likåldriga med den bergart som de förekommer i och med en basisk sammansättning.

Drygt 16 % av spektrometermätningarna på hållar inom kartområdet 27K Nattavaara har gett en uranhalt som överstiger det övre gränsvärdet för byggnadsmaterial, 16 ppm, vilket motsvarar ett radiumindex på 1,0 eller 200 Bq/kg radium-226. Närmare 16 % av mätningarna har också ett aktivitetsindex större än 2. Radiumindex bör vara mindre än 1,0 och aktivitetsindex mindre än 2,0 för byggnadsmaterial (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). Majoriteten av de mätningar som gett radiumindex >1 och aktivitetsindex >2 har gjorts på granit-pegmatitassociationens bergarter.

Granit-pegmatitassociationen kan delas in i två huvudtyper. Den första är en jämnkornig granit som generellt har höga toriumhalter men låga uranhalter. Den andra består av ojämnkorniga granitpegmatiter med generellt höga uran- och toriumhalter. Det är i den andra typen som de högsta uranhalterna uppmättes, 127 ppm vid Kaddevaara (6 c), 111 ppm vid Purnuvaara (8 c), 57 ppm vid Muorijokka (8 b) och 44 ppm söder om Kadderova (7 b, fig. 3).

BERGARTER

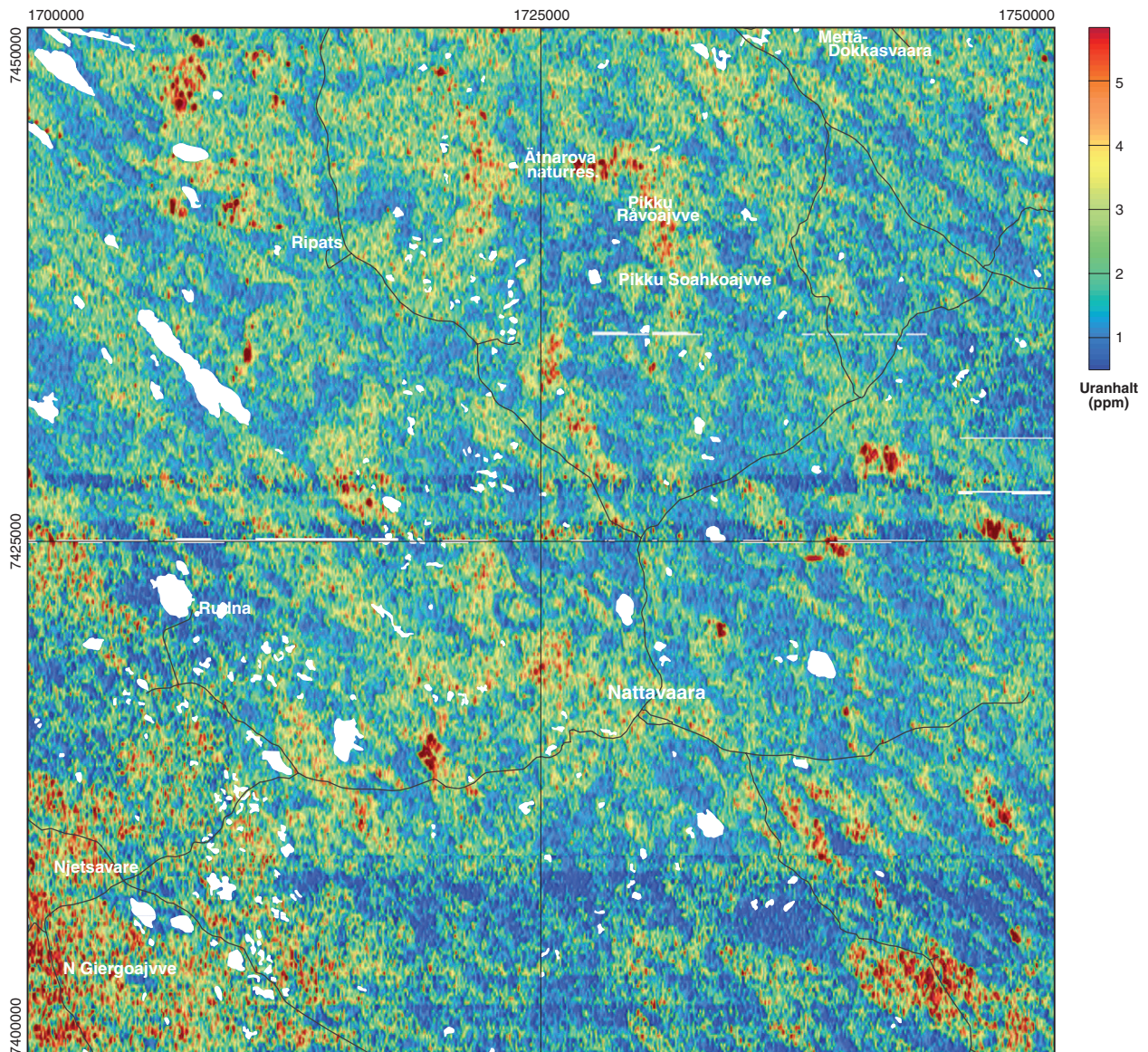
Bergartsbenämningarna nedan är till största delen från uppskattningar av modala sammansättningar som gjorts i fält, och till mindre del från modalanalyser av tunnslip och från geokemiska analyser.

Ytbergarter tillhörande Kiruna–Arvidsjaurgruppen, ca 1,96–1,86 miljarder år

Sedimentära bergarter

I västra delen av kartområdet förekommer kvartsit och metaarenit, vilka ofta är kraftigt spröde tektoniskt deformerade i zoner (fig. 4 a). Inlagrat i dessa sandiga led finns underordnat mer lerhaltiga led som blivit till skifferar och ställvis glimmerskiffer. I kontakten till överlagrande vulkaniska avsättningar förekommer ställvis horisonter med konglomerat, som består av rundade bollar av kvartsit, metaarenit samt vulkaniska och intrusiva bergarter (fig. 4 b). I den kvartsitiska och metaarenitiska enheten finns även inlagrat vulkaniska lager med sura till intermediära sammansättningar (fig. 4 c). Oftast är de vulkaniska lagren mycket kraftigt deformerade och ger ställvis intryck av sedimentära, skifferliknande bergarter (fig. 4 d). De särskiljs enklast från de sedimentära skifferarna genom innehållet av strökorn. De intermediära vulkaniska lagren har även mycket högre innehåll av magnetit än de skifferar som har ett sedimentärt ursprung.

De sedimentära bergarterna har låg susceptibilitet (medelvärde 4×10^{-5} SI-enheter) och återfinns i ett bågformat lågmagnetiskt område i den västra delen av kartområdet 27K Nattavaara NV. Det lågmagne-

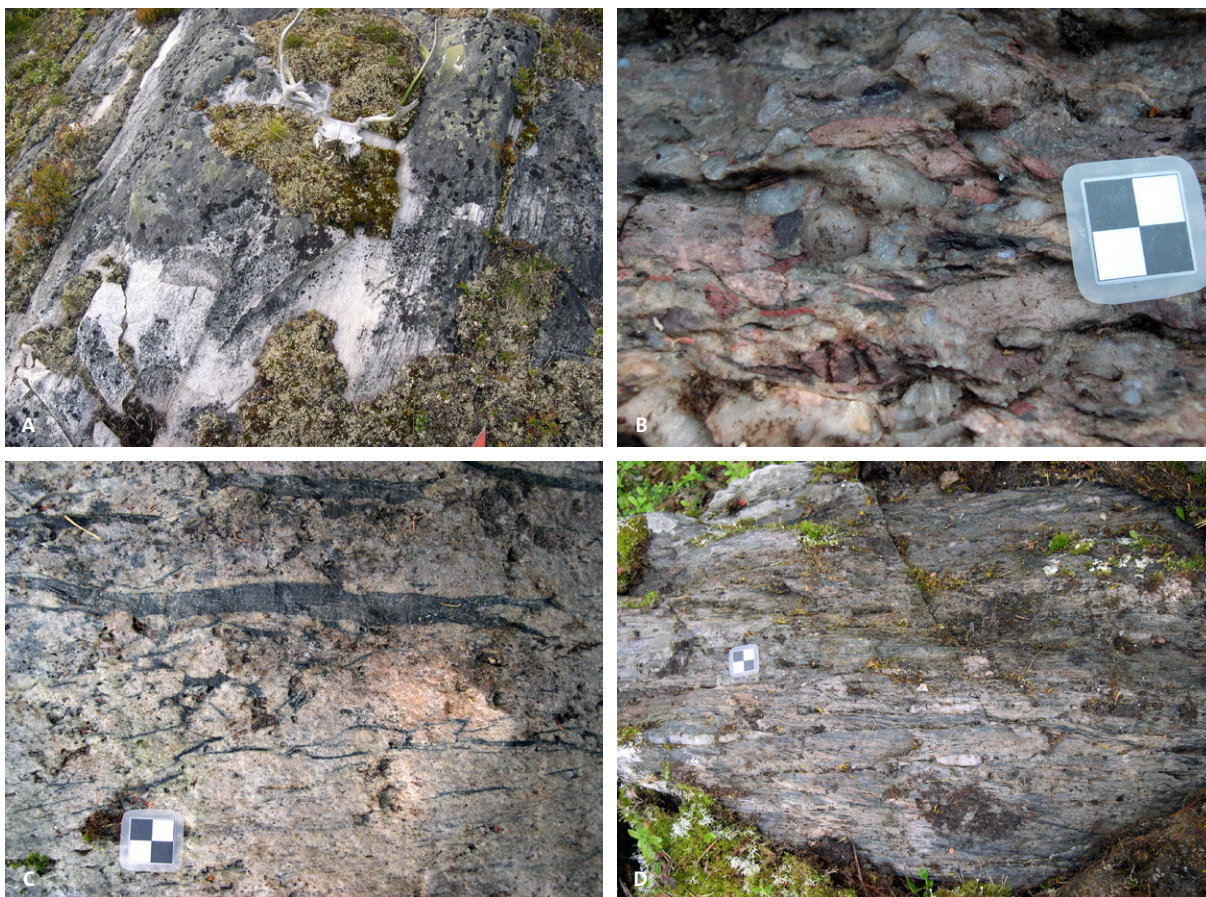


Figur 3. Karta över markens uranhalt över 27K Nattavaara. Kartan visar den beräknade fördelningen av uran i markens ytskikt. Halten uran är uttryckt i ppm ekvivalent uranhalt, vilket innebär att den är beräknad under antagande av radioaktiv jämvikt.

tiska området sammanfaller med ett tyngdkraftsunderskott som orsakas av kvartsiternas och metaareni-
ternas låga densitet (medeldensitet $2\,633\text{ kg/m}^3$). I det lågmagnetiska området med sedimentära bergarter
i västra delen av kartområdet förekommer några smala, högmagnetiska anomalier som sammanfaller
med tunna lager av vulkanit (susceptibilitet $400\text{--}2\,300 \times 10^{-5}$ SI-enheter).

De elektromagnetiska kartorna visar att det finns anomalier som motsvarar berggrund med mycket god
elektrisk ledningsförmåga. Sådana anomalier finns öster om den stora mikrogabbroiden vid Orrivaara
(5 c), vid Puolalaki (5 i) och söder om Puolalaki (5 i–j). En del av de elektromagnetiska anomalierna sam-
manfaller med tunna, högmagnetiska anomalier.

Borrhålsuppgifter inom kartområdet 27K Nattavaara NO indikerar att denna typ av anomalier tro-
ligen orsakas av bergarter som innehåller t.ex. grafit, magnetkis och andra sulfidmineraliseringar eller
lerhaltiga bergarter.

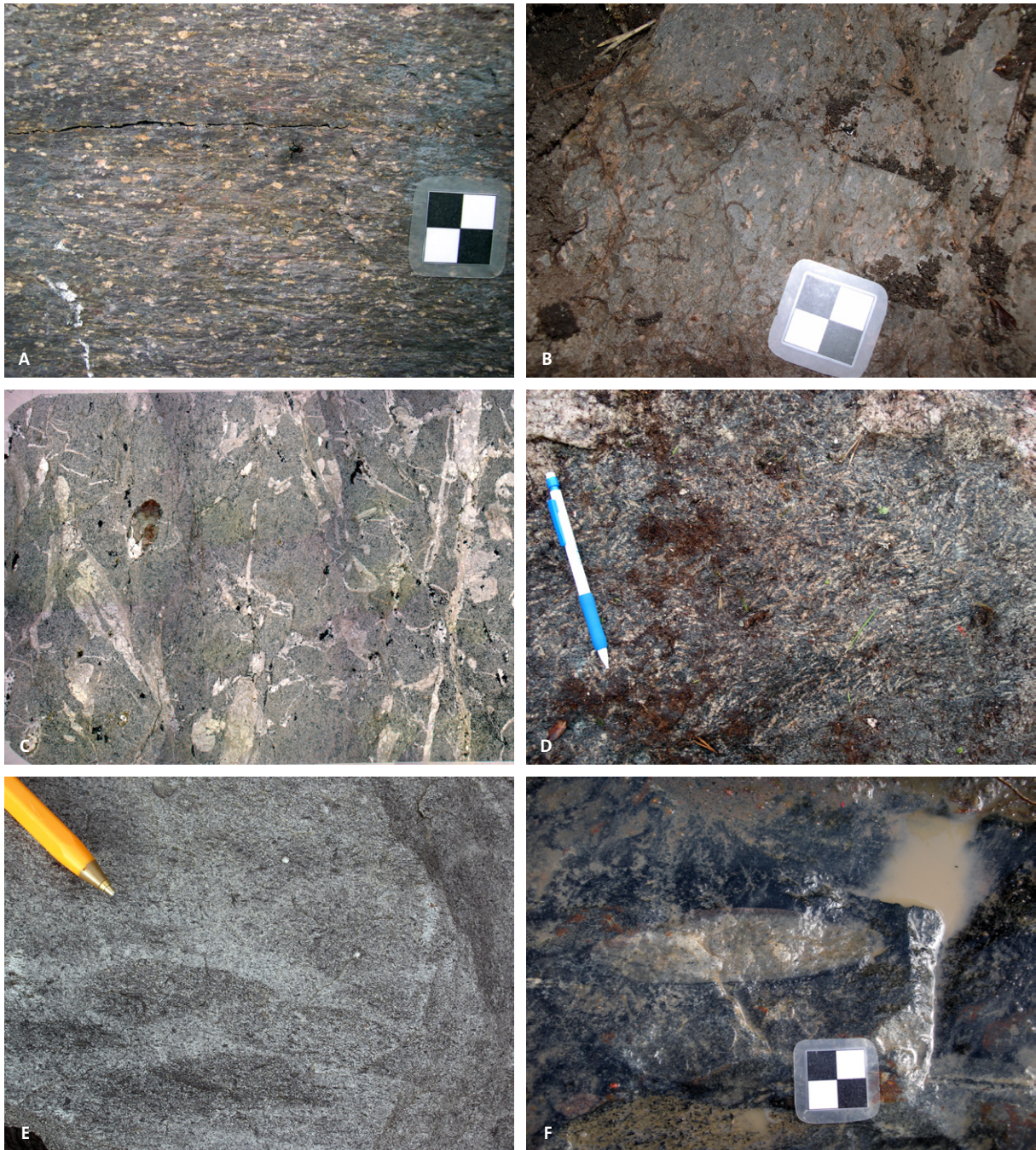


Figur 4. **A.** Kvartsit (7440330/1702060). Foto: Dick Claeson. **B.** Konglomerat ovan kvartsit i kontakten till överlagrande vulkanit, "uppåt" är åt SV. Konglomeratet består av nästan sfäriska bollar till svagt kantiga bitar av kvartsit, samt strökoränsförande och icke strökoränsförande klaster av vulkanit, från röda till mörkt grå, generellt kantiga (7438015/1702467). Foto: Dick Claeson. **C.** Övergångs-zon (ca 5 m mäktig) med utsträckta klaster av finlaminerad, sur vulkanit i kvartsit (7437321/1703009). Foto: Dick Claeson. **D.** Det första som avlagras på kvartsiten är troligen någon form av askor som helt saknar strökoräns och är det första att puffa ut ur vulkanerna. En kraftig deformation har påverkat de första ca 20–25 m av vulkaniten och den ser ut att mer eller mindre sakna strökoräns och är ställvis lik skiffer (slate). Denna har samma K-, U- och Th-halter som de senare avsatta strökoränsrika vulkaniterna (7437314/1703005). Foto: Dick Claeson.

Vulkaniska bergarter

De vulkaniska bergarterna varierar mycket i sammansättning och grad av metamorf överprägling. I västra delen av kartområdet finns ryolitiska till trakytiska vulkaniter, ställvis ignimbritstrimmiga, med strökoräns av kvarts (blåtonad) och fältspat som är relativt välbevarade (fig. 5 a). Tillsammans med dessa förekommer relativt välbevarade trakyandesitiska vulkaniter med strökoräns av fältspat (fig. 5 b, c). I övriga delar av kartområdet är vulkaniterna mera deformerade (folierade) och har en högre grad av metamorf överprägling. De sura till intermediära vulkaniterna är mestadels ryolitiska till dacitiska i sin kemiska sammansättning. De har ofta strökoräns av kvarts och fältspat och varierande mindre mängd biotit i grundmassan. De intermediära till andesitiska vulkaniterna är ställvis fältspatporfyriska med biotit i grundmassan. Vid ett mindre antal lokaler finns plagioklasporfyrisk intermediär till andesitisk vulkanit (fig. 5 d). I andra delar av kartområdet finns intermediära och basiska vulkaniter med megakrister, fragment och körtlar av amfibol. Agglomerat med innehåll av sura till basiska vulkaniska klaster förekommer i större sammanhängande områden, t.ex. vid Björkholmen (8–9 h, fig. 5 e, f).

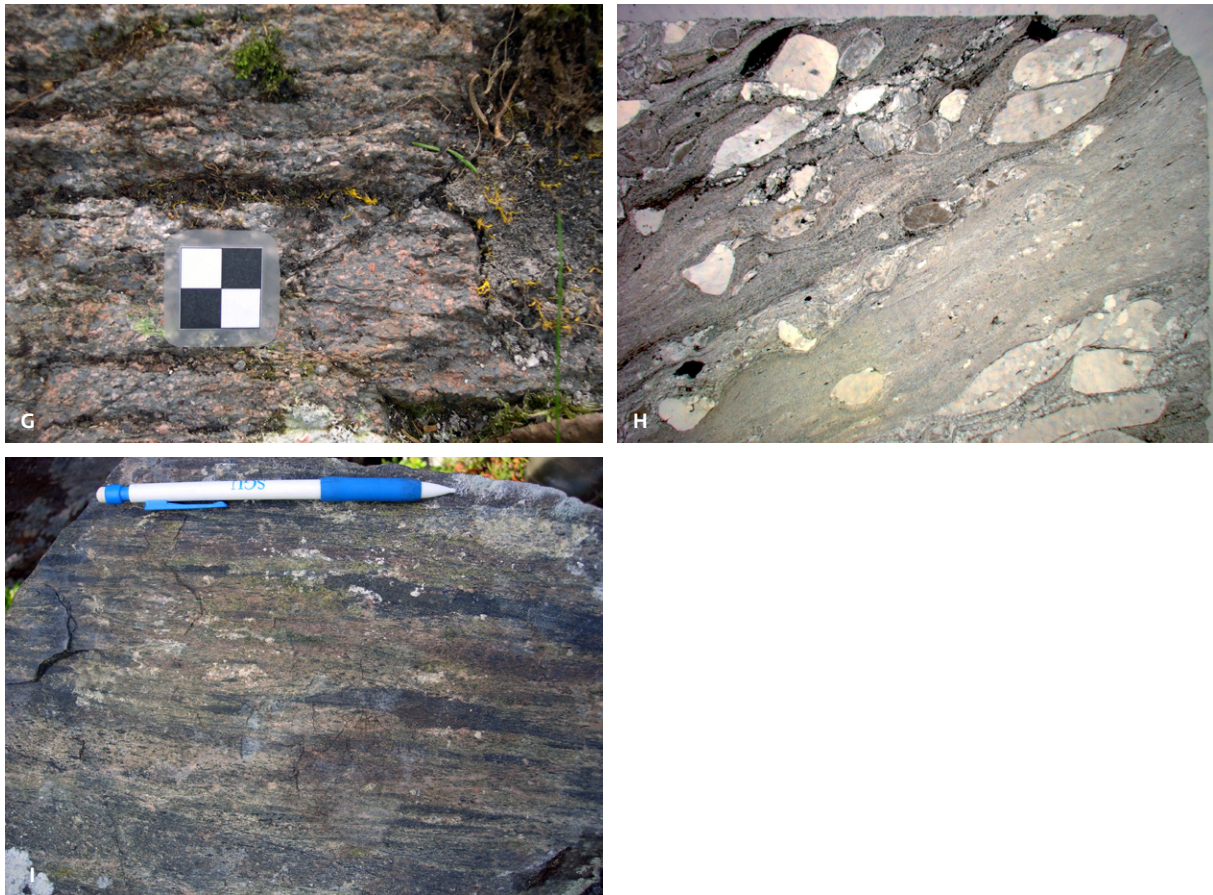
Omvandlingar av vulkaniska bergarter är vanligen observerade i närheten av eller direkt i zoner där rörelser skett i berggrunden och bergarterna är då ofta mer deformerade. Skapolit, epidot, serpentin och



amfibol är vanliga som omvandlingsmineral. Olika omvandlingar av fältspaterna, framför allt sericitisering och albitisering förekommer också.

En U-Pb-datering av zirkon från en relativt välbevarad strökornsförande (kvarts och fältspat) ryolit från den västra delen av kartområdet (8 a), visar en bildningsålder på ca 1868 ± 6 miljoner år (fig. 5 g, h). Denna relativt välbevarade enhet med ryolit till trakyt ska då hänföras till Kiruna–Arvidsjaurgruppens övre del. Från en ställvis agglomeratisk, intermediär vulkanit på Sammakkovaara (8 j) i den nordöstra delen av kartområdet, indikerar analysresultaten från en U-Pb-datering av zirkon en bildningsålder på ca 1882 ± 6 miljoner år (fig. 5 i). Den intermediära vulkaniten ska då hänföras till Kiruna–Arvidsjaurgruppens undre del.

Felsiska vulkaniter med ryolitisk sammansättning har i regel lägre susceptibilitet (medelvärde 200×10^{-5} SI-enheter) än de intermediära och basiska vulkaniterna. Medeldensiteten för de felsiska vulkaniterna är 2646 kg/m^3 , medelvärde för kalium är 4 %, uranhalt 3,3 ppm och toriumhalt 19,5 ppm.



Figur 5. **A.** Vålbevarad sur vulkanit (ryolit) där frekvensen av ströckorn är 10–15 %. Foliation, bandning och laminering varierar omkring 235–240/76–86 (dip direction, 7437283/1702958). Foto: Dick Claeson. **B.** Vålbevarad trakyandesit (benmoreit). Malakit, kopparkis, pyrit och magnetit finns i sprickor och drusrum (7438223/1701977). Foto: Dick Claeson. **C.** Bild på helt tunnslip av trakyandesiten i fig. 5B. Mikrofoto: Dick Claeson. **D.** Plagioklasporfyrisk andesit, grå till mörkgrå, fint medelkornig med 1–3 cm långa och 2–3 mm breda kristaller av plagioklas. Ströckornen ligger lokalt i varierande riktningar och saknas ställvis helt (7447783/1737115). Foto: Alexandra Berglund. **E.** Monomikta fragment i intermediär till basisk vulkanit med amfibol, ställvis som kvastar och kärvar (7440463/1737756). Foto: Ildikó Antal Lundin. **F.** Intermediär till basisk vulkanit med polymikta fragment som har en mängd sammansättningar, sura till basiska, mestadels vulkaniter (7445167/1738695). Foto: Dick Claeson. **G.** Vålbevarad sur vulkanit (ryolit) med ströckorn av fältspat och blåtonad kvarts (7440119/1700588). Foto: Dick Claeson. **H.** Bild från tunnslip av ryoliten i fig. 5G, undulös kvarts, kalifältspat, plagioklas, glimmer, opak och kalcit. Bandad kompositionellt och kornstorlek, ströckorn av kvarts och till största delen kalifältspat men även några plagioklas. Generellt lite omvandling och bandningen får anses vara primär och av vulkaniskt ursprung. Mikrofoto: Dick Claeson. **I.** Intermediär till basisk vulkanit (andesit), mörkt grå, finkornig med epidot som körtlar, ställvis agglomerat (7444060/1747531). Foto: Dick Claeson.

Vulkaniter med intermediär sammansättning har susceptibilitetsvärden mellan 10 och $10\,700 \times 10^{-5}$ SI-enheter (medelvärde $3\,200 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och en medeldensitet på $2\,767 \text{ kg/m}^3$. De har generellt låga gammastrålningsvärden, dvs. medelvärde för kalium är 1,8 %, för uran 1,2 ppm och för torium 6 ppm. Vulkaniter med basisk sammansättning har de högsta uppmätta susceptibiliteterna, mellan 20 och $54\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter (medelvärde $6\,300 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och en medeldensitet på $2\,890 \text{ kg/m}^3$.

De flesta av vulkaniterna har låg remanent magnetisering. Enstaka höga värden förekommer dock. Till exempel finns det längst upp i nordost i närheten av Iso Vähävaara (9j) en mafisk vulkanit med en Königsbergerfaktor (Q-kvot) på 8,6. Ultrabasisk vulkanit vid Puolalaki har höga magnesium- (MgO 34,5 %) och nickelhalter (1 900 ppm).

Tidigsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,96–1,87 miljarder år

Tonalit, granodiorit och granit är vanliga bergarter bland tidigsvekokarelska felsiska intrusivbergarter. Underordnat förekommer även kvartsmonzonit till kvartsmonzodiorit och monzodiorit. Det finns mindre områden med granit till granitporfyr som troligen är subvulkaniska intrusioner. Bland de mafiska intrusivbergarterna är gabbroider till dioritoider de vanligaste.

Tonalit och granodiorit är för det mesta både biotit- och amfibolförande. Granitoiderna har ställvis en metamorf överpräglning med omkristalliserad, finkornig matrix och relikta strökorn. De är relik grovkorniga med en distinkt foliation, men det finns områden där de är mer massformiga. Foliationen klipps av den yngre granit till pegmatit (granit-pegmatitassociationen) som förekommer i området, och de tidigsvekokarelska bergarterna förekommer även som inneslutningar i yngre granit och pegmatit.

De tidigsvekokarelska granitoiderna har ett susceptibilitetsmedelvärde på $1\,500 \times 10^{-5}$ SI-enheter och ett densitetsmedelvärde på $2\,682 \text{ kg/m}^3$. Dessa granitoider skiljer sig från de yngre graniterna genom sina lägre kalium- (medelvärde 2,3 %), uran- (medelvärde 0,8 ppm) och toriumhalter (medelvärde 6,3 ppm).

Omkristalliserad granit, med ”sockrig” kvarts och ställvis relik ögontextur, finns längst i sydväst och i söder inom kartområdet. Dessa graniter är i många fall relativt fattiga på mörka mineral (biotit 3–5 %) och foliationen syns då som utdragna stråk av kvarts, ställvis även av biotit. Det finns även en amfibol- och biotitförande (15 %) granitvariant som har relik ögontextur. Det har inte varit möjligt att utröna i fält om alla omkristalliserade granitoider tillhör samma generation. Denna typ av granitoider har generellt högre susceptibilitet ($1\,800\text{--}4\,800 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och lägre toriumhalter än de yngsta graniterna. De omkristalliserade granitoiderna har låg densitet, medelvärde $2\,611 \text{ kg/m}^3$, och deras utbredning syns tydligt som ett underskott på tyngdkraftskartan. Medelvärdet för halterna av kalium i graniterna är 3,9 %, för uran 1,8 ppm och för torium 12,7 ppm.

En datering av en omkristalliserad granit med ”sockrig” kvarts och relik ögontextur visar en bildningsålder på ca $1\,876 \pm 8$ miljoner år (U-Pb zirkon, fig. 6a).

En U-Pb-zirkondatering av en mycket öppet veckad och lågstrålande granitoid indikerar en bildningsålder på ca $1\,876 \pm 5$ miljoner år (fig. 6b). En analys från en punkt på randen av en zirkon från detta prov visar ett lågt Th/U-förhållande, och randen har en mörk istället för ljus färg i katodluminiscens (CL), vilket gör troligt att randen vuxit i samband med en metamorf händelse. Analysen ger en $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -ålder på ca 1 800 miljoner år vilken tolkas som tidpunkten för metamorfosen.

Kvartsmonzonit till kvartsmonzodiorit och monzodiorit av troligen tidigsvekokarelsk ålder förekommer i små områden och är vanligen rödgrå till grå, finkorniga till medelkorniga och ställvis relik fältspatporfyriska. Dessa bergarter uppvisar en stark regionalmetamorf överpräglning och är vanligen kraftigt deformerade. Enklaver av finkorniga, mafiska bergarter förekommer ofta.

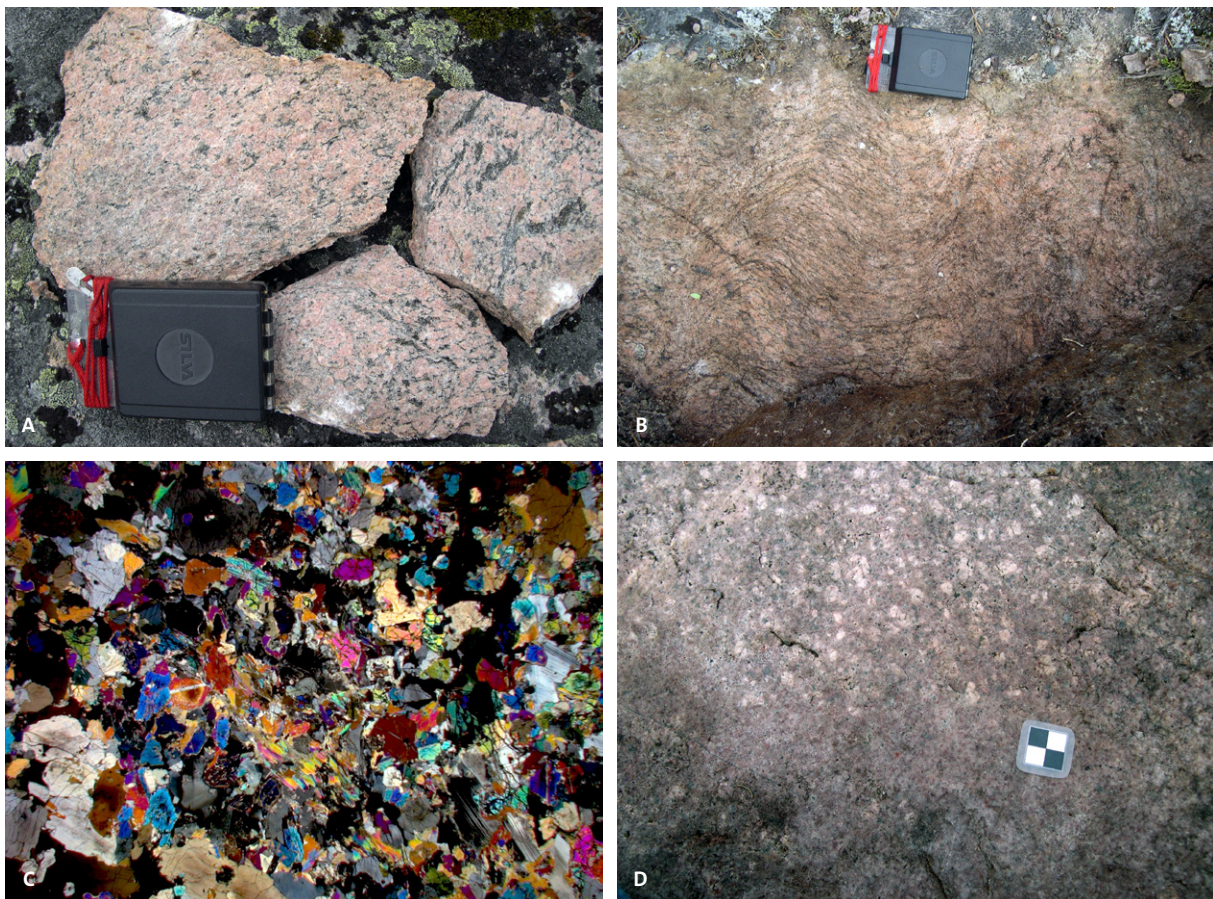
Det finns inga direkta dateringar av de basiska intrusivbergarterna inom kartområdet 27K Nattavaara, vilket innebär att den uppdelning som gjorts här bygger på fältuppträdande och bedömningar av relativa åldersförhållanden.

I den nordvästra delen av kartområdet finns de sydligaste delarna av ett stort gabbromassiv som utgör Dundret. Gabbromassivet är magmatiskt lagrat och uppvisar även ultramafiska delar. Söder om Dundret finns ett större område med gabbroiska bergarter där en del innehåller sulfidmineraliseringar. Längst i öster (6–7 i–j) finns ett stort massiv med magmatisk lagring och ultramafiska delar, och tyngdkraftsdata indikerar en fortsättning av basiska bergarter på djupet. Ultramafiska och gabbroida bergarter, till största delen kumulat, med höga magnesiumhalter (MgO 19,6 %) förekommer inom området, t.ex. vid Iso Koutovaara (6j). Den ultramafiska bergarten där består av pyroxen, amfibol, olivin, biotit och plagioklas (fig. 6c). Densiteten varierar mellan $2\,882$ och $3\,226 \text{ kg/m}^3$ (medelvärde $3\,065 \text{ kg/m}^3$) och ger upphov till ett tyngdkraftsöverskott. Susceptibiliteten varierar mellan 40 och $11\,600 \times 10^{-5}$ SI-enheter (medelvärde $2\,800 \times 10^{-5}$ SI-enheter). Modellanpassning som baseras på tyngdkraftsdata och de basiska bergarternas densitet visar att dessa har en mäktighet mellan 500 och 1 000 meter.

Söder om ovan nämnda massiv finns ett område med mikrogabbroid till mikrodioritoid som innehåller mera kvartsrika bergarter. Nordväst om Sarvisvaara (3–4 i) förekommer en rund magnetisk anomali som överensstämmer med en tyngdkraftsförhöjning. Anomalierna orsakas av en gabbro med densiteten 2935 kg/m^3 och en susceptibilitet mellan 1500 och 5200×10^{-5} SI-enheter och med en Königsberg-faktor (Q-kvot) på 6 till 8.

En stor intrusion av mikrogabbroid till mikrodioritoid förekommer vid Muorjerova (6c). Den finkorniga till fint medelkorniga karaktären tillsammans med tyngdkraftsdata indikerar att det troligen är intrusionens övre del som är blottat och att den fortsätter på djupet. Denna bergarts medeldensitet är 2957 kg/m^3 och dess medelsusceptibilitet är 8100×10^{-5} SI-enheter. Geofysisk modellering visar på ett djupgående mellan 2800 och 4500 meter.

Vid Puolalaki (5 i) finns ultrabasiska, ultramafiska och gabbroiska till dioritiska bergarter i ett område som varit föremål för utvinning av magnesiumrik råvara. I övrigt finns det inom kartbladsområdet ett antal mindre intrusioner av basiska bergarter med trolig tidigsvetokarelsk ålder som framträder tydligt i tyngdkraftsdata.



Figur 6. **A.** Folierad metagranit, omkristalliserad och omvandlad, med en relik ögontextur (7423707/1701050). Foto: Dick Claeson. **B.** Starkt deformerad, omkristalliserad granit som lokalt uppvisar en relik fältspatströmkorn textur. Bergarten är medel- till finkornig, röd till grå-röd och har vanligen en låg andel mörka mineral (1–5 % biotit och opaka mineral). Kvarts och biotit definierar vanligen foliationen och bergarten är ställvis öppet veckad vilket ger ett "vågigt" intryck (7413636/1714479). Foto: Dick Claeson. **C.** Bild från tunnslip av grovkornigt ultramafisk kumulat: klinopyroxen, ortopyroxen, amfibol, olivin, biotit, plagioklas och opakmineral. Amfibol, biotit och plagioklas förekommer som interstitiella mineral, amfibol som oikokrister, plagioklas ställvis zonerad, ojämnkornig och i huvudsak massformig. Fräsch och relativt opåverkad, dock ses en svag deformation som böjning och kinking av biotit (7432489/1746881). Mikrofoto: Dick Claeson. **D.** Subvulkanisk granitporfyr, massformig, mycket finkornig till finkornig. Strömkorn av fältspat och kvarts 2–15 mm, 10–50 %. Enstaka fältspat 20 mm, kvarts 5 mm. Amfibol i grundmassa. I denna bergart finns det megaxenoliter av deformerad, omkristalliserad och lågstrålande granit, se fig.3A (7424560/1702571). Foto: Dick Claeson.

Tidigsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,88–1,86 miljarder år

Subvulkaniska intrusioner förekommer i liten omfattning inom kartområdet 27K Nattavaara, utom vid Linavare (4a) där ett större område med sur vulkanit till granitporfyr och granit finns (fig. 6d). Denna intrusion framträder på den magnetiska anomalikartan som ett lågmagnetiskt område och på tyngdkraftskartan som ett tyngdkraftsunderskott (medeldensitet $2\,620\text{ kg/m}^3$). En U-Pb-zirkondatering av en granitporfyr indikerar en bildningsålder på ca $1\,870 \pm 6$ miljoner år. Den ovan beskrivna $1\,876 \pm 8$ miljoner år gamla omkristalliserade graniten, med ”sockrig” kvarts och reliktextur ligger som inneslutningar i granitporfyren. Denna subvulkaniska intrusion är likåldrig med de välbevarade ryolitiska till traktytiska vulkaniterna som finns norr om intrusionen vilka är daterade till ca $1\,868 \pm 6$ miljoner år (se ovan).

Sen- till postsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,81–1,76 miljarder år

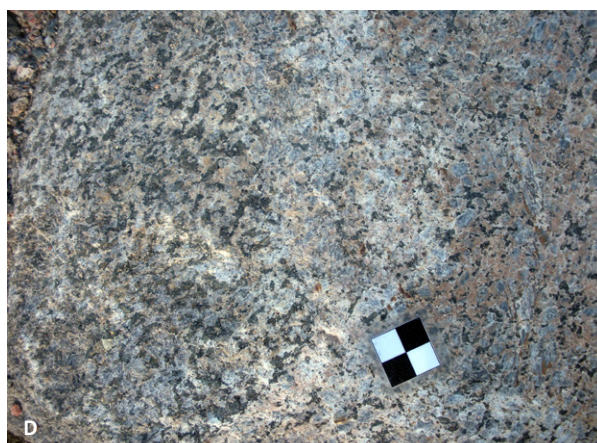
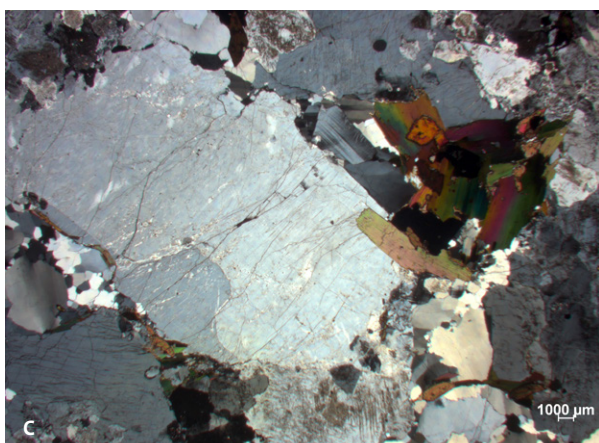
De intrusivbergarter som tolkas tillhöra en generation som bildades för ca 1,81–1,76 miljarder år sedan finns till största delen i de södra delarna av kartområdet 27K Nattavaara. De utgör stora massiv i söder och består främst av massformig, ojämnkornig till svagt porfyrisk granit, monzonit till kvartsmonzonit och kvartsmonzodiorit till monzodiorit (fig. 7a). De är till största delen grovkorniga till medelkorniga. En röd, mestadels medelkornig till grovkornig syenogranit är vanlig i de stora massiven i söder och fältrelationerna visar att de är likåldriga. Syenograniten utgör ställvis relativt stora delar av massiven i söder. Jämnkornig, massformig, finkornig till fint medelkornig granit finns som mindre partier och gångar och tolkas vara samtida med huvudbergarterna i de stora massiven i söder. Subvulkaniska intrusioner förekommer i massiven som delar med finkornig till fint medelkornig, ojämnkornig till porfyrisk granit. En U-Pb-zirkondatering av en ojämnkornig, medelkornig till grovkornig monzonit till kvartsmonzonit vid Tiurevaara (0h) indikerar en bildningsålder på ca $1\,793 \pm 10$ miljoner år (fig. 7b, c).

De här beskrivna sen- till postsvekokarelska bergarterna, exklusive de mer basiska leden, har en medelhalt av kalium på 4,1 %, av uran på 1,4 ppm och av torium på 10,7 ppm. Susceptibiliteten är högre än den för granit-pegmatitassociationens bergarter (medelvärde $2\,300 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och deras utbredning i sydöstra delen av kartområdet kan ses på den magnetiska anomalikartan (fig. 1).

Vid Ahmavaara (9d) finns ett större område med välbevarad fältspatporfyrisk monzonit till monzodiorit. I liten omfattning finns syenitiska bergarter som visar gradvisa övergångar till monzonit (fig. 7d). Tillsammans med dessa bergarter förekommer en monzogabbro som visar blandningsstrukturer (”mingling”) med de förra och därmed tolkas som samtida (fig. 7e). Mycket fina blottningar av dessa bergartsassociationer finns vid Aitikgruvans slammagasin strax norr om kartområdet 27K Nattavaara. En U-Pb-zirkondatering av en monzonit till syenit från denna lokal indikerar en bildningsålder på ca $1\,806 \pm 7$ miljoner år. I övrigt finns mindre områden med välbevarad fältspatporfyrisk granit till monzonit inom kartområdet 27K Nattavaara NO. Ingen åldersbestämning är gjord på dessa bergarter men de tolkas vara likåldriga med de som finns vid Ahmavaara.

Bergarterna vid Ahmavaara uppvisar höga susceptibilitetsvärden och ger upphov till en positiv magnetisk anomali. Medelvärde för monzoniten är $3\,600 \times 10^{-5}$ SI-enheter, för syeniten $3\,460 \times 10^{-5}$ SI-enheter och för monzogabbbron $7\,400 \times 10^{-5}$ SI-enheter.

Figur 7. **A.** Massformig till svagt folierad, ojämnkornig till porfyrisk kvartsmonzonit–granit. Foliation 200/88 (dip direction). Medelkornig, fältspatströkorn 5–20 mm 0–15 %, grård till rödgrå (7402731/1703250). Foto: Dick Claeson. **B.** Porfyrisk till ojämnkornig, medel- till grovkornig, grård till rödgrå kvartsmonzonit, monzonit och granit, massformig och har ofta rapakivitextur. Fältspat som strökorn 5–15 mm, 0–5 % (7401804/1736602). Foto: Dick Claeson. **C.** Bild från tunnslip av den välbevarade kvartsmonzoniten i fig. 7B. Mikrofoto: Dick Claeson. **D.** Monzonit, monzogabbro och syenit uppträder om vartannat och av kontaktrelationerna framgår att de troligen är likåldriga. Syenit i liten omfattning, lilatonande färg. Syenit: kalium 4,5 %, U 1,2 ppm, Th 4,9 ppm (7450585/1716666). Foto: Dick Claeson. **E.** Massformig monzogabbro, medel- till grovkornig, strökorn av plagioklas och med en kaliumhalt av ca 2,5 % (7450493/1715943). Foto: Dick Claeson. **F.** Pegmatit med muskovitaggregat samt turmalinaggregat sammanväxta med kvarts (7448133/1749255). Foto: Alexandra Berglund. **G.** Bankningsplan utmed mycket svagt utvecklade foliationsplan i en granit som är grovkornig och ojämnkornig med 10–20 mm strökorn av fältspat (7404861/1713360). Foto: Dick Claeson.



Inom kartområdet 27K Nattavaara SV finns det ett antal intrusioner med gabbroida till dioritoida sammansättningar som visar blandningsstrukturer ("mingling") mellan gabbroida intrusivbergarter och sen- till postsvekokarelska sura intrusivbergarter. Rena hybridbergarter finns i kontaktområden till en del gabbroida intrusioner. Detta tillsammans med att man ser en kornförminskning mot kontakten till granit och "back-veining" av granit in i gabbroiden gör det troligt att gabbroiderna här är sen- till postsvekokarelska.

Densiteten bland de mafiska intrusiva bergarterna i området runt Messaure damm (1 a) varierar mellan 2 858 och 3 020 kg/m³ och ger upphov till ett tyngdkraftsöverskott. Susceptibiliteten varierar mellan 5 200 och 17 200 × 10⁻⁵ SI-enheter.

Sen- till postsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,83–1,75 miljarder år (granit-pegmatitassociationen)

Mycket vanliga bergarter i kartområdet är yngre graniter till pegmatiter som sammanfattas under begreppet granit-pegmatitassociationen (fig. 7 f). De är mestadels medel- till grovkorniga och uppvisar partier med skriftgranit. Delvis är de finkorniga till fint medelkorniga och ger då ett mer subvulkaniskt intryck. Generellt är de massformiga, men ställvis har de en foliation utmed vilken bankningsplan har utvecklats (fig. 7 g). Underordnat förekommer aplitiska delar. Om granit-pegmatitassociationens bergarter är samtida med, yngre eller äldre än bergarterna i associationen "Sen- till postsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,81–1,76 miljarder år" som helhet har inte gått att utröna i fält. Båda associationernas bergarter har en snarlik deformationsgrad och metamorf överpräglning. Dock ser det ut som att granit-pegmatitassociationens bergarter vanligen förekommer som gångar i de flesta av de bergarter som tillhör associationen "Sen- till postsvekokarelska intrusivbergarter, ca 1,81–1,76 miljarder år".

Granit-pegmatitassociationens bergarter uppvisar anomala uran- och toriumhalter. De medelkorniga, jämnkorniga graniterna har i regel lägre uranhalter (medelvärde 4,5 ppm) och högre toriumhalter (medelvärde 63,3 ppm) medan den ojämnkorniga pegmatitgranitiska varianten vanligen har högre uranhalter (medelvärde 23,1 ppm) och något lägre toriumhalter (medelvärde 46,7 ppm).

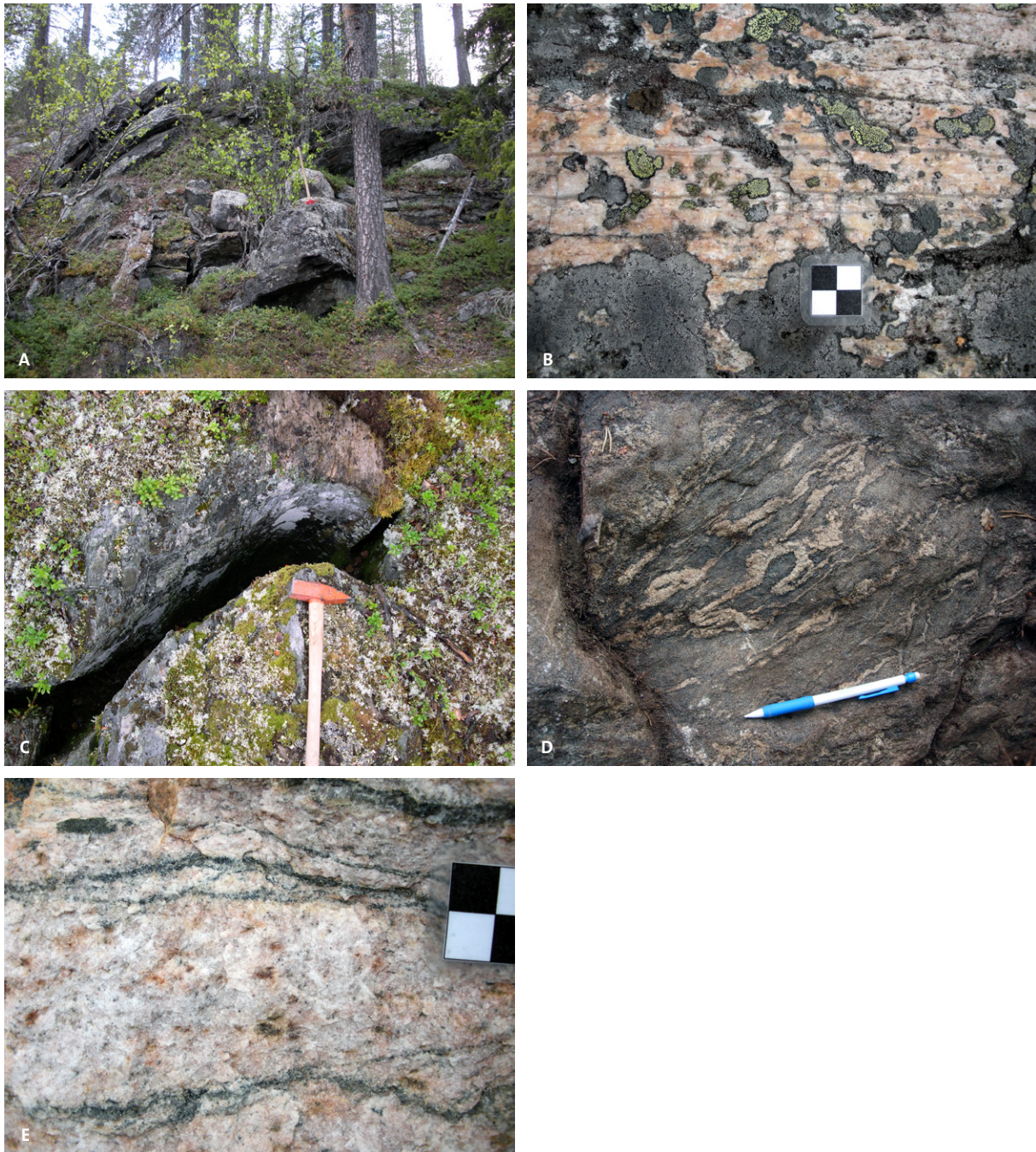
STRUKTURER, DEFORMATION OCH METAMORFOS

Kartområdet korsas av ett par regionala deformationszoner som framträder mycket tydligt på den magnetiska anomalikartan. Dessa utgörs av Nautanens deformationszon (NDZ) och en regional deformationszon, som ligger väster om NDZ och har nordvästlig riktning (parallell med NDZ). Båda zonerna är plastiska (duktila) och visar rörelser där berggrunden väster om deformationszonen rört sig uppåt jämfört med den på zonens östra sida (t.ex. Bergman m.fl. 2001). Flertalet av de äldre, plastiska deformationszonerna har aktiverats vid senare tillfällen och uppvisar även spröd deformation (fig. 8 a).

Deformationszoner med nordvästlig eller västnordvästlig riktning framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 1) och även på elektromagnetiska (VLF och resistivitet) kartor som goda elektriska ledare (fig. 9). Nautanens deformationszon och den regionala deformationszonen väster därom är beskrivna av Bergman m.fl. (2001). Förutom de ovannämnda deformationszonerna framträder några zoner med ostnordostlig riktning. Elektromagnetisk information indikerar att de har en spröd karaktär. Det finns även nord-sydligt strykande deformationszoner i sydväst och i sydost. Mylonitiska bergarter är observerade i deformationszonerna (fig. 8 b).

Det förekommer relativt öppna veck i omkristalliserad tidigsvekokarelsk granit och kraftig deformation i omkristalliserad, grovkornig tidigsvekokarelsk granit med "sockrig" kvarts och reliktextur (fig. 6 b). Dessa bergarter har en helt annan metamorf överpräglning än de yngre sen- till postsvekokarelska bergarterna som de är rumsligt associerade med.

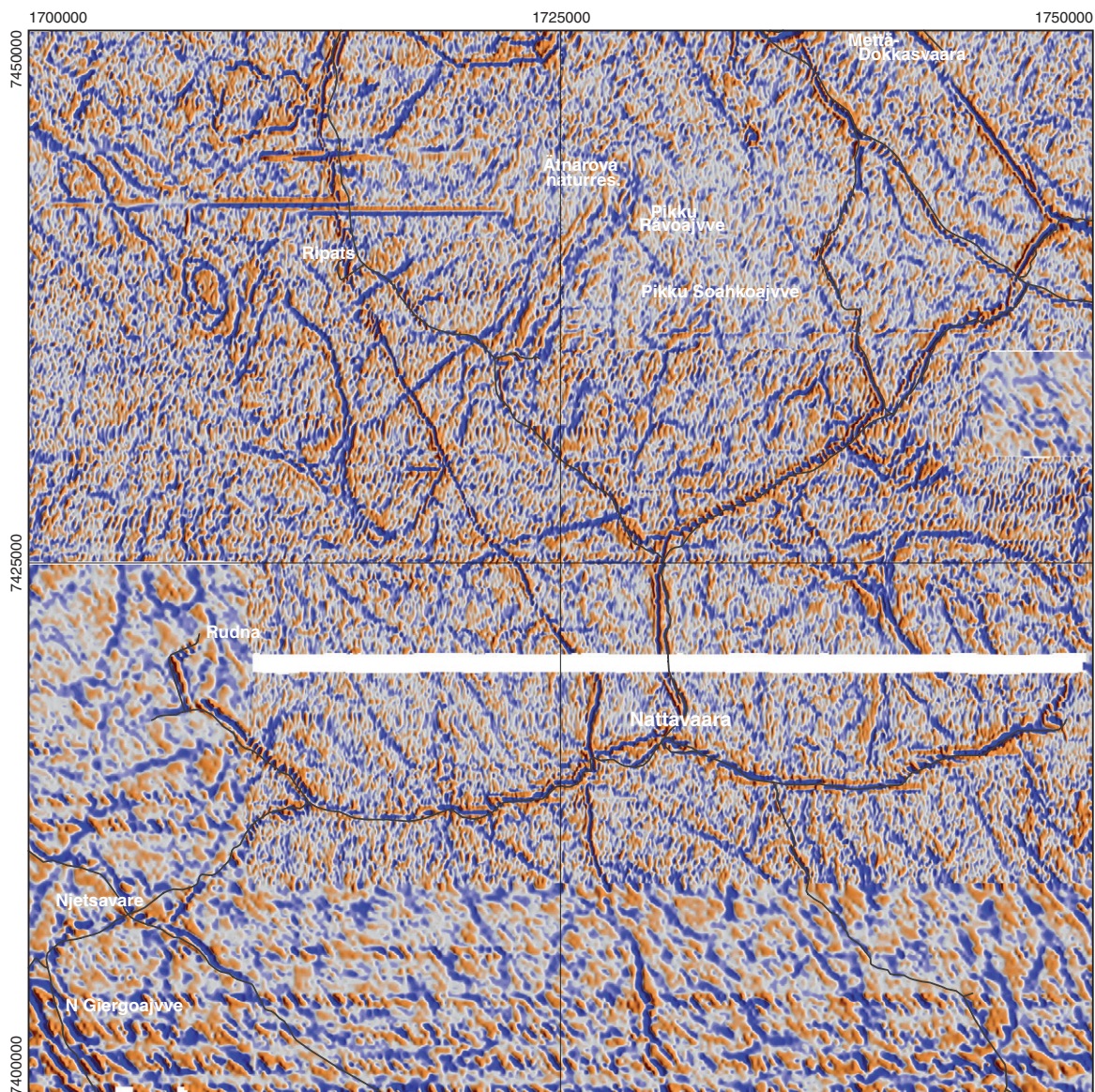
Deformation förekommer även i basiska till sura vulkaniter, t.ex. veckstrukturer samt epidot- och kvartsfyllda sprickzoner (fig. 8 c).



Figur 8. **A.** Storskaligt veck i intermediär till basisk vulkanit med veckaxel ca 180–190/35–40. Små veck i decimeterskala inuti detta stora veck gav veckaxeln 200/40 (7402793/1744670). Foto: Dick Claeson. **B.** Sur vulkanit med stråk av mylonit. Hydrotermalt omvandlad i form av albitisering (7402559/1747467). Foto: Dick Claeson. **C.** Relativt öppen veckstruktur i intermediär vulkanit med veckaxel 330/82, foliationen 240/80 (dip direction, 7434663/1703793). Foto: Dick Claeson. **D.** Ådrad paragnejs, ursprung troligen en gråvacka (7430650/1748000). Foto: Alexandra Berglund. **E.** Kraftigt hydrotermalt omvandlad och albitiserad sur till intermediär vulkanit med utdragna band av amfibol i foliationsplanet. Förekommer med mylonit i en deformationszon (7402410/1747642). Foto: Dick Claeson.

De tidigvekokarelska bergarterna har ställvis omvandlats under hög temperatur och högt tryck till gnejser med granitiska och pegmatitiska ådror, sliror och partier i bergarten. Detta är mest framträdande hos de sedimentära bergarter som från början haft en högre halt av lerigt material i sin sammansättning, t.ex. gråvackor (fig. 8 d). Ibland har mineralet granat bildats i de omvandlade bergarterna.

Skapolit förekommer som omvandlingsmineral i de flesta bergarter, och omvandlingen är starkast i närheten av deformationszoner. Olika omvandlingar av fältspaterna, framför allt sericitisering och albi-



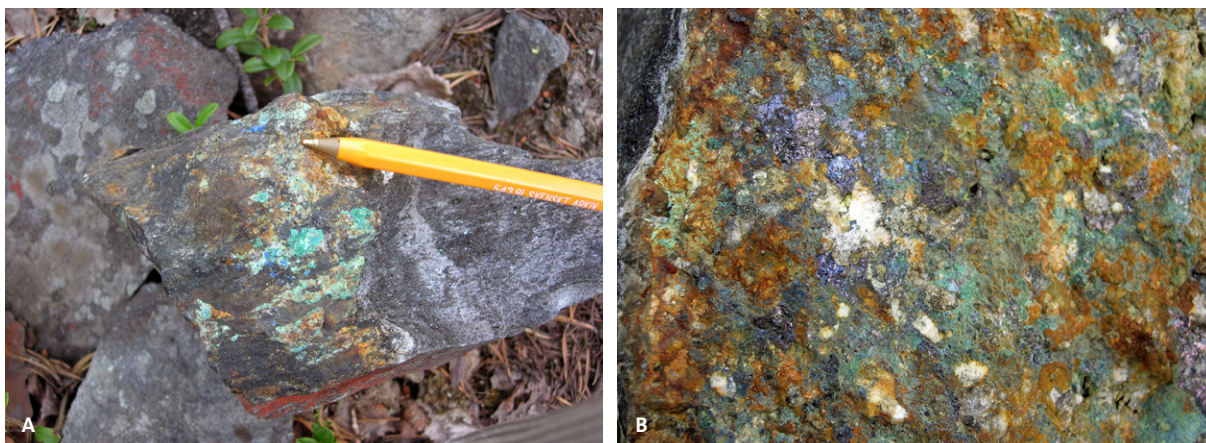
Figur 9. VLF-karta över kartbladet 27K Nattavaara. Kartan visar riktningsoberoende VLF-respons, så kallad peakar imaginärdelen. VLF-responsen är beräknad på mätningar från två sändare där blå färg indikerar god ledningsförmåga. VLF-kartan baseras på flygburna mätningar utförda på ca 30 och 60 meters flyghöjd med ett linjeavstånd på 200 m och öst-västlig flygriktning.

tisering, förekommer också i de flesta bergarter. Dessa omvandlingar är vanligen kopplade till hydrotermal aktivitet i och i närheten av deformationszonerna (fig. 8 e). De felsiska, hydrotermalt omvandlade vulkaniterna som förekommer i sydost (0 j) uppvisar mycket låga kaliumhalter, mellan 0,2–0,4 %, vilket antyder albitisering.

NATURRESURSER

Strax norr om kartområdet 27K Nattavaara återfinns både sulfid- och järnoxidmalmer av internationell betydelse. Aitikgruvan är ett djupt dagbrott och en av Europas största producenter av kopparkoncentrat. I Malmberget bryts järnoxid, mest som magnetit, och man bryter nu på ca 1000 meters djup.

Det finns intressanta mineraliseringar med guld och basmetaller i kartområdet, och borrhningar och schaktningar har utförts tidigare vid t.ex. Puolalaki (5 i), Järbojoki (8 g–h) och Purnu (6 i, fig. 10 a, b).



Figur 10. **A.** Molybdenglansfyndighet med kopparmineraliseringar där berggrunden består av basisk vulkanit samt pegmatit. Kopparkis, malakit, azurit och bornit finns i vulkaniten (7448131/1749141). Foto: Ildikó Antal Lundin. **B.** I pegmatiten finns malakit, azurit, bornit och molybdenglans (7448131/1749141). Foto: Ildikó Antal Lundin.

En kopparmineralisering med ca 2000 ppm koppar påträffades i en gabbroid bergart vid Saivovaara. Mineraliseringen har hög susceptibilitet ($22\,800 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och mycket stark remanent magnetisering (132 A/m). Detta kan jämföras med mineraliseringen i Nautanen norr om kartbladsområdet som också har en mycket stark remanent magnetisering (335 A/m).

I ett mindre område nordost om Saivovaara återfinns en kraftig magnetisering som vänder kompassnålen när man passerar. Magnetfältet här är så kraftigt att det inte går att mäta upp anomalin med en vanlig protonmagnetometer. Anomalin där mätning inte går att utföra är av storleksordningen 20–30 m. Orsaken till anomalin är troligtvis en bergart med mycket hög magnetithalt. En markprofil över en närliggande magnetisk anomaly visar höga totalfältsvärden, upp till 60 000 nT. Modellberäkning av markprofilen visar att det krävs en susceptibilitet på $30\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter vilket motsvarar 10 % magnetit för att förklara denna anomaly. Om anomalin skulle orsakas av att bergarten har en stark remanent magnetisering skulle susceptibiliteten vara helt underordnad remanensen.

Industrimineral har brutits vid Iso Sormus (6h) och Puolalaki (5i), bland annat olivin. Uranmineraliseringar uppträder i granit-pegmatitassociationens bergarter och prospektering efter uran pågår i dagsläget (2008).

De borrhningar som gjorts inom kartområdet finns i de flesta fall dokumenterade i rapporter som är tillgängliga vid SGU. Även en större mängd borrhkärnor kan undersökas på plats vid SGUs filial i Malå, Mineralinformationskontoret.

REFERENSER

- Bergman, S., Kübler, L. & Martinsson, O., 2000: Regionala geologiska och geofysiska kartor över norra Norrbottens län: Berggrundskarta (öster om kaledoniska orogenen). *Sveriges geologiska undersökning Ba 56:1*.
- Bergman, S., Kübler, L. & Martinsson, O., 2001: Description of regional geological and geophysical maps of northern Norrbotten County (east of the Caledonian orogen). *Sveriges geologiska undersökning Ba 56*, 110 s.
- Claeson, D. & Antal Lundin, I., 2007: Kartområdet 27K Nattavaara. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2006. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 126*, 33–41.

- Claeson, D. & Antal Lundin, I., 2008: Kartområdet 27K Nattavaara. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2007. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 130*, 13–26.
- Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 2000: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur, Lund, 491 s.
- The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 2000: *Naturally occurring radioactivity in the Nordic countries – recommendations*. ISBN 91-89230-00-0, 81 s.
- Witschard, F., 1996: Berggrundskartan 28K Gällivare NV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 98*.
- Witschard, F., 1996: Berggrundskartan 28K Gällivare NO. *Sveriges geologiska undersökning Ai 99*.
- Witschard, F., 1996: Berggrundskartan 28K Gällivare SV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 100*.
- Witschard, F., 1996: Berggrundskartan 28K Gällivare SO. *Sveriges geologiska undersökning Ai 101*.
- Ödman, O.H., 1957: Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 41*, 151 s.