

Rapporter och meddelanden 123

# Berggrundsgeologisk undersökning

Sammanfattning av pågående verksamhet 2005

Hans Delin (red.)



# SGU

Sveriges geologiska undersökning  
Geological Survey of Sweden



Rapporter och meddelanden 123

# **Berggrundsgeologisk undersökning**

**Sammanfattning av pågående verksamhet 2005**

*Bedrock mapping  
Summary of ongoing activities 2005  
with an introduction in English*

Hans Delin (red.)

Sveriges geologiska undersökning  
2006

ISSN 0349-2176  
ISBN 91-7158-752-7

Omslagsbild: Extrageolog Lina Åberg undersöker subhorisontell bankning i senorogen granit på Luppioberget vid Torneälven. Kartområdet 26M Överkalix NO, projekt Mellersta Norrbotten. Foto Christer Åkerman.

© Sveriges geologiska undersökning

Layout: Agneta Ek, SGU  
Tryck: NRS Tryckeri, 2006

## INLEDNING

I denna skrift presenteras sammanfattningar av de fältarbeten och övriga undersökningar som utfördes under fältsäsongen 2005 inom SGUs berggrundsgeologiska undersökningsverksamhet. Syftet är att kontinuerligt informera om karteringsläget och att presentera preliminära resultat efter hand som undersökningarna fortskrider. Detta gör att geoinformationen snabbare kan nå användarna och komma till nytta.

Rapporteringen startade med 1994 års fältarbeten och detta är den tolfte rapporten i sitt slag. De tidigare volymerna har publicerats våren efter respektive fältsäsong och är av relativt kortfattad och preliminär karaktär, eftersom de skrivs innan någon större bearbetning av den insamlade informationen ägt rum. Liksom tidigare har innehållet i denna rapport inte genomgått en strikt vetenskaplig granskning, och författarna ansvarar för innehållet i varje enskild del. För vidare information hänvisas den intresserade till den för området ansvarige geologen eller geofysikern.

Manusstopp för rapporterna var den 16 december 2005.

Den insamlade berggrundsgeologiska och geofysiska informationen lagras successivt i SGUs databaser. De färdiga berggrundskartorna är tillgängliga både i tryckt form och som kartdatabaser. Produktionsläget för dessa framgår av figurerna 1 och 2 respektive figurerna 3 och 4.

Alla är välkomna att ta del av arbetsmaterial från pågående arbeten, men det är först efter en slutlig sammanställning och utgivning som resultaten och grundinformationen finns till allmän försäljning.

Hans Delin  
1:e Statsgeolog

## INTRODUCTION

This volume provides summaries of predominantly field activities carried out during the summer of 2005 within the Geological Survey of Sweden's (SGU) programme for bedrock mapping. It aims to present the status of bedrock map production at SGU as at 16th December 2005 and to provide access to new geological information from ongoing projects prior to final release when the material is published.

This report series started with the field works of 1994 and the present one is the twelfth volume. The reports in all these volumes are relatively short and general in character and provide preliminary results from ongoing projects. As in earlier volumes, the reports presented here have not been subjected to a peer scientific review and the authors are solely responsible for the information provided in the individual contributions. If you are interested in more information from the individual projects, please do not hesitate to contact directly the responsible geologist or geophysicist. However, information cannot be fully released to the general public before the final compilation and publication.

The location of the ongoing mapping projects and the status of production of bedrock maps at different scales can be seen in figures 1 and 2. Geological and geophysical information from the mapping projects is stored in SGU's databases. The compiled information is available both as printed bedrock geological maps and as map databases, status of the latter is illustrated in figures 3 and 4

Hans Delin  
Senior State Geologist

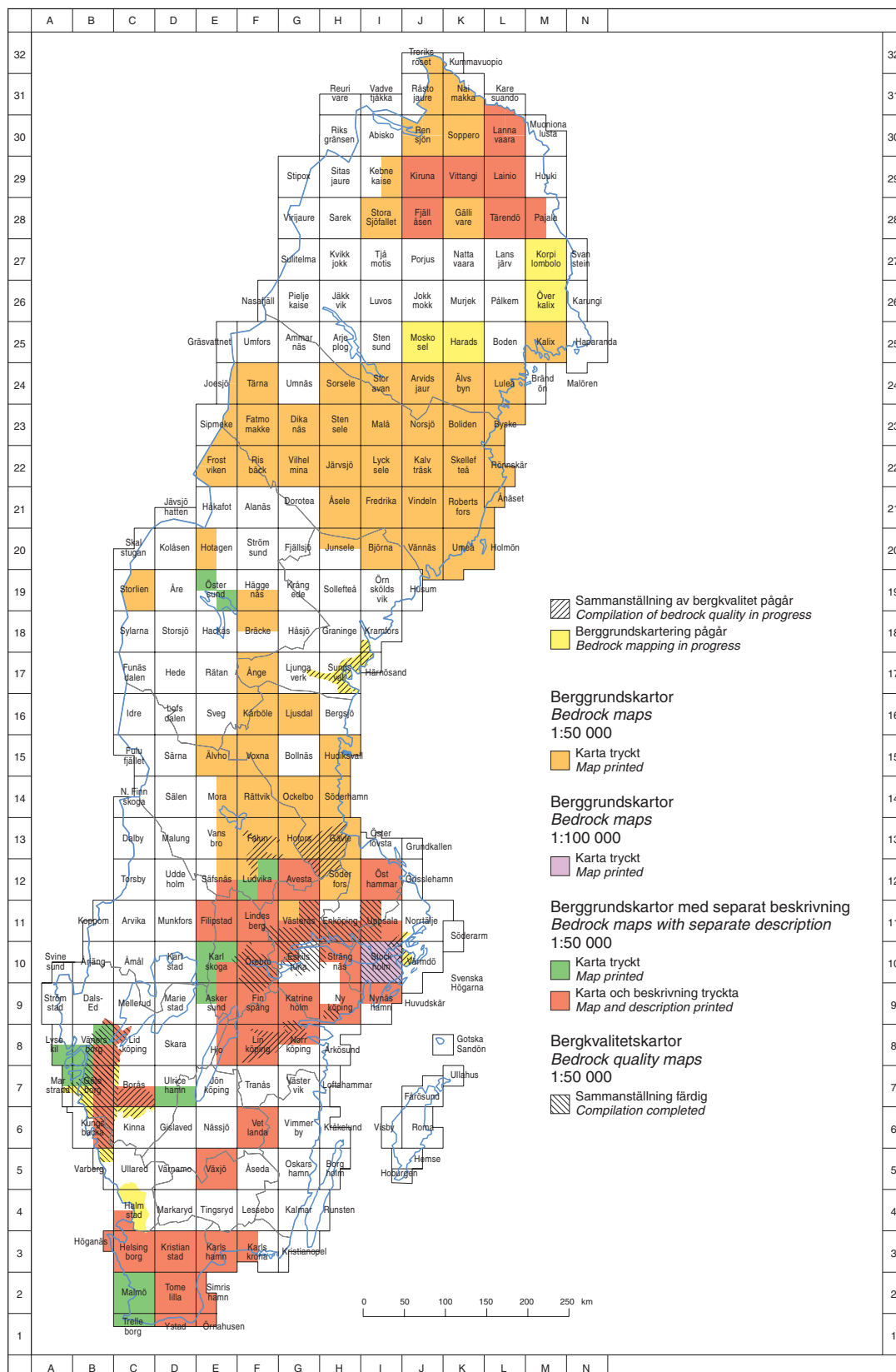


Fig. 1. Produktionsläget för lokala berggrundskartor och bergkvalitetskartor (2006-04-30).  
 Status concerning production of local bedrock maps and bedrock quality maps (2006-04-30).

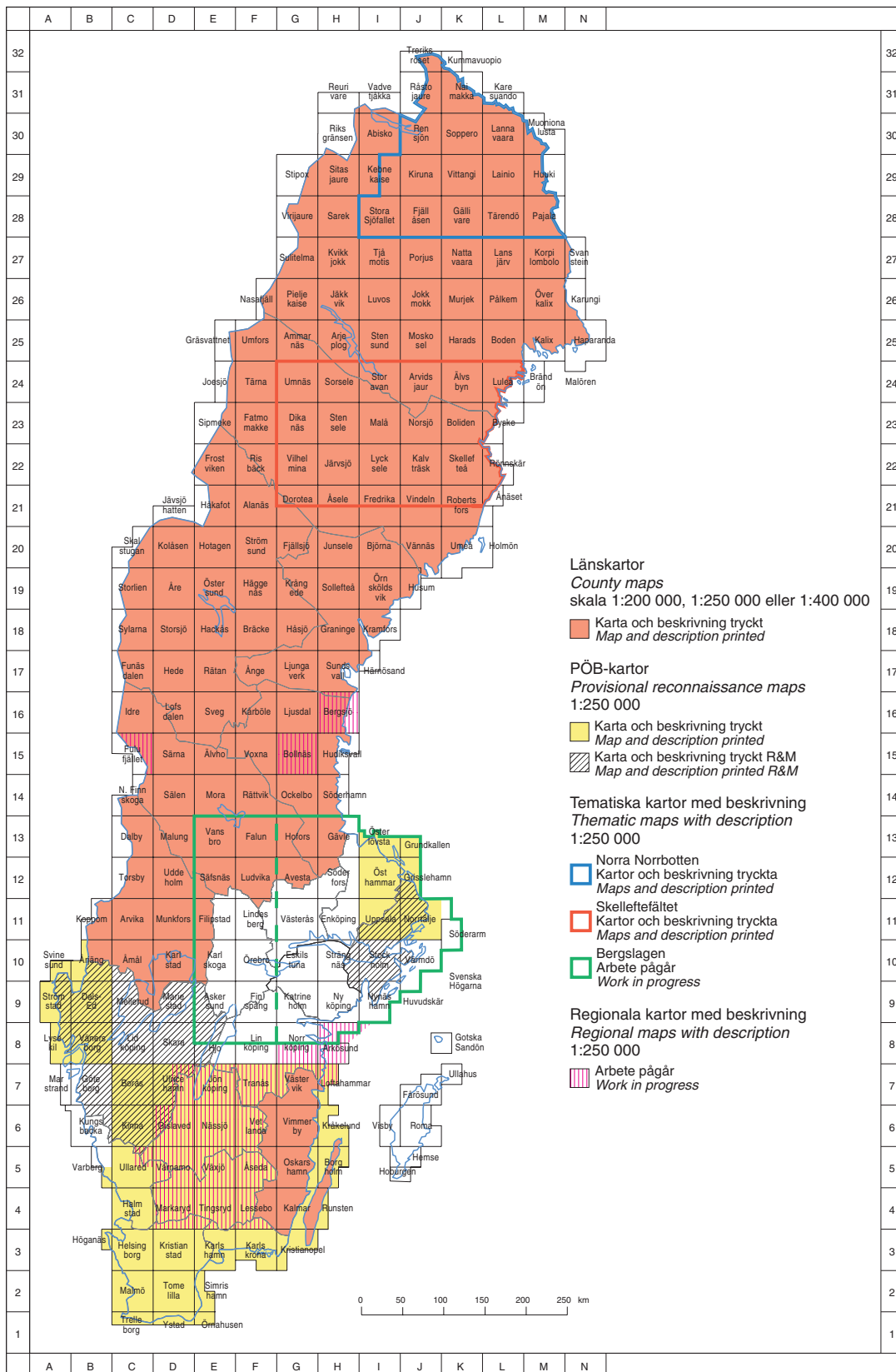


Fig. 2. Produktionsläget för regionala berggrundskartor (2006-04-30).  
 Status concerning production of regional bedrock maps (2006-04-30).

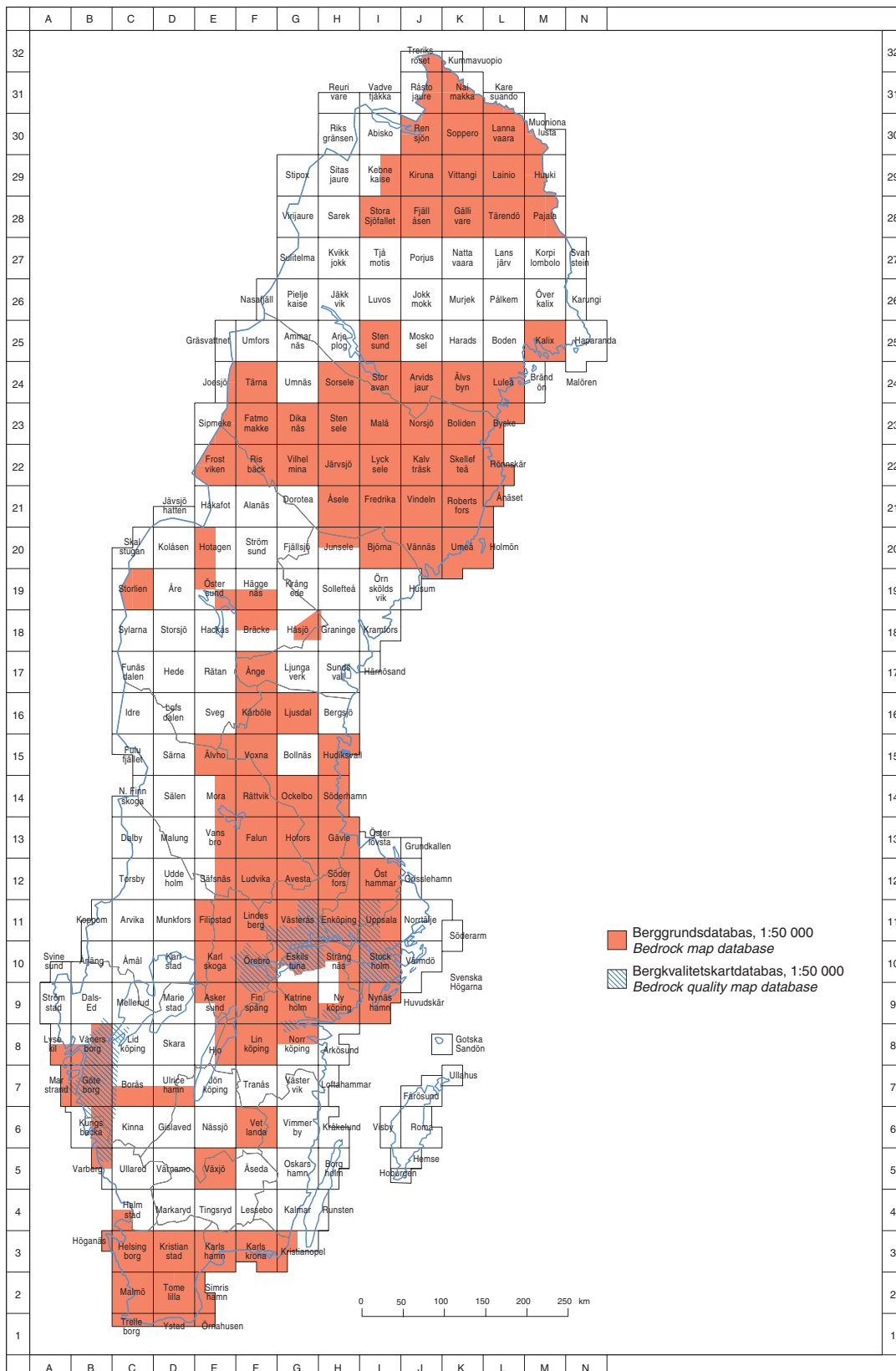


Fig. 3. Produktionsläget för digitala lokala berggrundskartor. Den angivna skalan i teckenförklaringen anger den skala i vilken kartan är digitaliserad (2006-04-30).

Status concerning production of digital local bedrock geological maps. The map scale shown in the legend refers to the scale in which the map is digitized (2006-04-30).

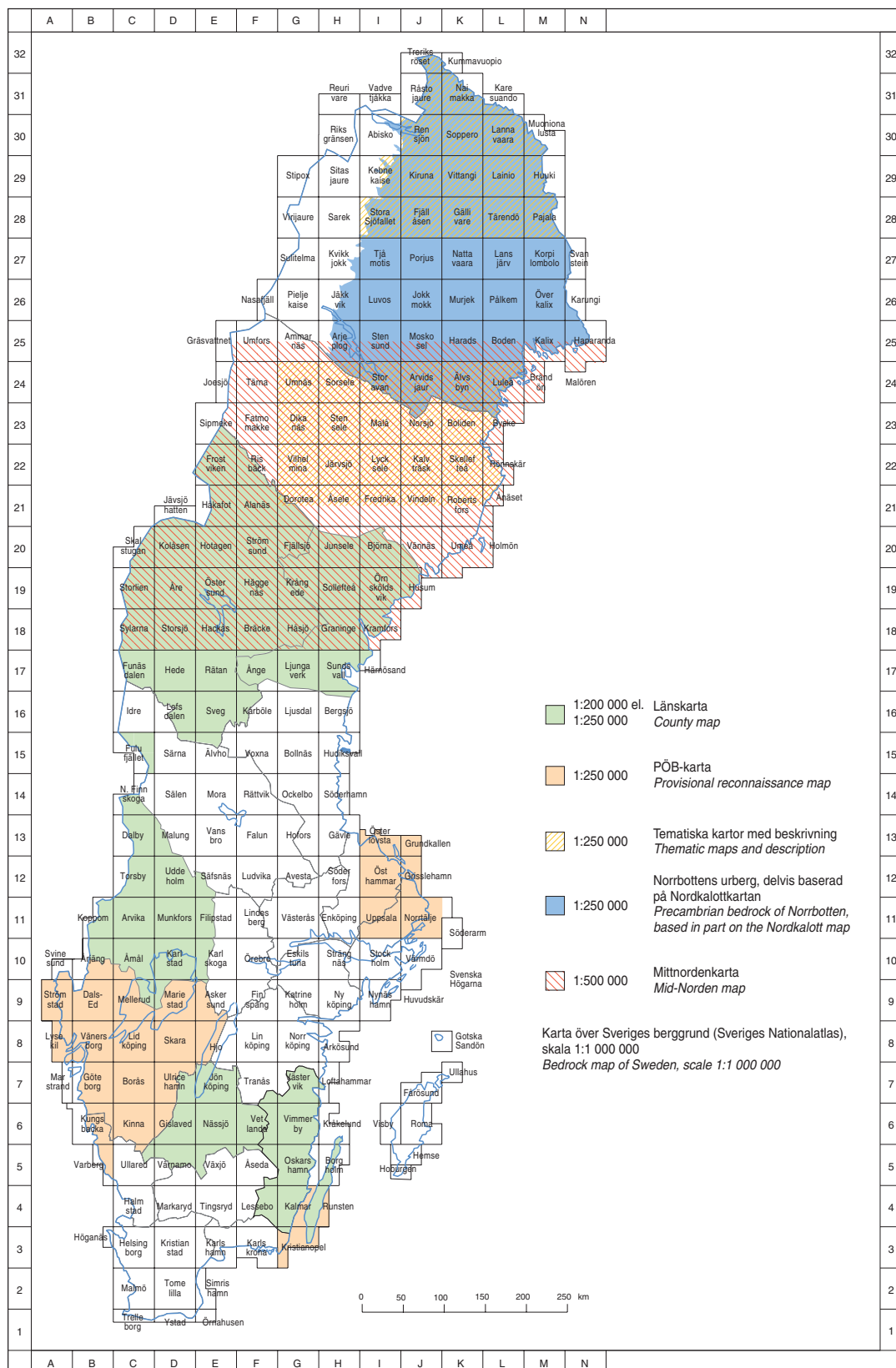


Fig. 4. Produktionsläget för digitala regionala berggrundskartor. Den angivna skalan i teckenförklaringen anger den skala i vilken kartan är digitaliserad (2006-04-30).

Status concerning production of digital regional bedrock geological maps. The map scale shown in the legend refers to the scale in which the map is digitized (2006-04-30).

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

## Malmpotentiella områden. Kartor 1:50 000

<b>Projekt Östersund–Hackås</b> .....	10
<b>Kartområdet 18E Hackås SO</b> .....	12
Torbjörn Thelander, Uppsala	
<b>Geofysik</b> .....	15
Rune Johansson, Uppsala	
<b>Kartområdet 19E Östersund NO</b> .....	18
Linda Wickström, Uppsala	
<b>Projekt Moskosel–Harads</b> .....	21
Benno Kathol och Sven Aaro och Fanny Hartvig, Uppsala	
<b>Projekt Mellersta Norrbotten</b> .....	28
Leif Björk, Erik Jonsson, Leif Kero och Christer Åkerman, Uppsala	
<b>Kartområdet 27M Korpilombolo och 27N Svanstein</b> .....	32
<b>Kartområdet 26M Överkalix och 26N Karungi</b> .....	36

## Tätortsprojekt. Kartor 1:50 000 och 1:250 000

<b>Projekt Södra Halland, berg</b> .....	42
Inger Lundqvist, Göteborg och Maria Carlsäter, Uppsala	
<b>Projekt Östra Göteborg, berg</b> .....	52
Lena Lundqvist, Göteborg, Jenny Andersson, Uppsala, Ulf Bergström, Fredrik Hellström, Göteborg och Ildikó Antal Lundin, Uppsala	
<b>Projekt Östra Göteborg, bergkvalitet</b> .....	63
Mattias Göransson, Mehrdad Bastani, Uppsala, Ulf Bergström, Göteborg, Dick Claeson, Lund, Tomas Eliasson, Fredrik Hellström, Göteborg och Hossein Shomali, Uppsala	
<b>Projekt Östra Mälardalen, berg</b> .....	68
Magnus Ripa, Mehrdad Bastani, Hans Delin och Lena Persson, Uppsala	
<b>Kartområdet 11H Enköping NO</b> .....	69
<b>Kartområdet 11I Uppsala NO</b> .....	79
<b>Projekt Östra Mälardalen, bergkvalitet</b> .....	95
Fanny Hartvig, Lena Persson, Malin Sträng och Torbjörn Thelander, Uppsala	
<b>Projekt Gävleborgs län</b> .....	101
Stefan Bergman, Lena Albrecht, Martin Ahl, Lutz Kübler och Johan Söderman, Uppsala	
<b>Södra Gästrikland, bergkvalitet</b> .....	101
<b>Kartområdet 15G Bollnäs</b> .....	101
<b>Kartområdet 16H Bergsjö</b> .....	111
<b>Projekt Dalarna, bergkvalitet</b> .....	119
Magnus Döse och Lutz Kübler, Uppsala	
<b>Projekt Sundsvall, berg och bergkvalitet</b> .....	142
Katarina P. Nilsson, Torbjörn Bergman, Ildikó Antal Lundin och Mats Wedmark, Uppsala	

## Regionala kartor 1:250 000

<b>Projekt Småland</b> .....	155
<b>Geologiska arbeten 2005</b> .....	157
<b>Kartområdet 4D Markaryd SV</b> .....	158
Fredrik hellström, Göteborg	
<b>Kartområdet 4D Markaryd SO</b> .....	161
Ulf Bergström, Göteborg	
<b>Kartområdet 4D Markaryd NV</b> .....	162
Ulf Bergström, Göteborg	
<b>Kartområdet 5D Värnamo SV</b> .....	162
Fredrik hellström, Göteborg	
<b>Kartområdet 7F Tranås NV, NO och SV</b> .....	165
Fredrik hellström, Göteborg och Vladislav Stejskal, Uppsala	
<b>Kartområdet 8G Norrköping SV, SO och 8H Arkösund SV</b> .....	172
Dick Claeson	
<b>Markgeofysiska arbeten 2005</b> .....	175
<b>Kartområdet 4D Markaryd SO</b> .....	179
Johan Jönberger, Uppsala	
<b>Kartområdet 4D Markaryd SV</b> .....	181
Niklas Juhojuntti, Uppsala	
<b>Kartområdet 4D Markaryd NV</b> .....	181
Johan Jönberger och Niklas Juhojuntti, Uppsala	
<b>Kartområdet 4E Tingsryd SO</b> .....	184
Niklas Juhojuntti, Uppsala	
<b>Kartområdet 5D Värnamo SV</b> .....	186
Johan Jönberger, Uppsala	
<b>Kartområdet 5E Växjö SO</b> .....	186
Johan Jönberger, Uppsala	
<b>Kartområdet 5E Växjö SV</b> .....	187
Niklas Juhojuntti, Uppsala	
<b>Kartområdet 7F Tranås SV</b> .....	187
Johan Jönberger, Uppsala	
<b>Kartområdet 7F Tranås NO</b> .....	189
Niklas Juhojuntti och Vladislav Stejskal, Uppsala	
<b>Kartområdet 7F Tranås NV</b> .....	189
Niklas Juhojuntti, Uppsala	
<b>Kartområdet 8G Norrköping SV</b> .....	190
Niklas Juhojuntti, Uppsala	
<b>Kartområdet 8G Norrköping SO</b> .....	191
Johan Jönberger, Uppsala	
<b>Kartområdet 8H Arkösund SV</b> .....	193
Johan Jönberger och Niklas Juhojuntti, Uppsala	
<b>Kartor och övriga publikationer 2005</b> .....	197
.....	

Box 670, 751 28 Uppsala  
Tel. 018-17 90 00  
Fax. 018-17 92 10

Geovetarcentrum  
Guldhedsgatan 5A, 413 81 Göteborg  
Tel. 031-20 00 75  
Fax. 031-20 02 05

Sveriges geologiska undersökning  
Kiliansgatan 10, 223 50 Lund  
Tel. 046-14 01 05  
Fax. 046-12 00 39

Sveriges geologiska undersökning  
Skolgatan 4, 930 70 Malå  
Tel. 0953-10 760  
Fax. 0953-216 86

# MALMPOTENTIELLA OMRÅDEN. KARTOR 1:50 000

## Östersund–Hackås

*Torbjörn Thelander, Rune Johansson och Linda Wickström*

Projekt “Östersund-Hackås, berg” startade våren 2003 och har ett planerat slut hösten 2006 (fig.1). Syftet med projektet är att skapa ett berggrundsgeologiskt underlag för bland annat prospektering efter mineralresurser och nyttosten. Resultaten av undersökningarna redovisas i form av berggrundsgeologiska, geofysiska och geokemiska databaser samt tryckta berggrundskartor i skala 1:50 000. Arbetet genomförs som så kallad baskartering, där i genomsnitt ca 4–5 km<sup>2</sup> undersöks per dag. Resultaten från fältsäsongerna 2003 och 2004 finns redovisade i Thelander (2004) och Johansson m.fl. (2005). Under fältsäsongen 2005 slutfördes karteringen inom kartområdet 18E Hackås SO, och därmed är karteringen inom samtliga tre kartområden slutförda. I september genomfördes en slutexkursion i kartområdena.

Den berggrundsgeologiska karteringen inom 18E Hackås SO sommaren 2005, inklusive förberedelser för slutexkursionen, omfattade 23 personveckor och genomfördes av Torbjörn Thelander med biträde av projektgeolog Risto Kumpulainen och extrageolog Stefan Persson. Linda Wickström utförde främst kompletterande arbeten i den paleozoiska berggrunden. Sammantaget registrerades 995 hållobservationer och 17 bergartsprover har lämnats för kemisk analys. Tunnslip har tillverkats av 23 bergartsprover och 3 prover har tagits för åldersbestämning. Den geologiska karteringen är preliminärt sammanfattad i figur 2. Rune Johansson har utfört geofysiska markmätningar och tolkningar.

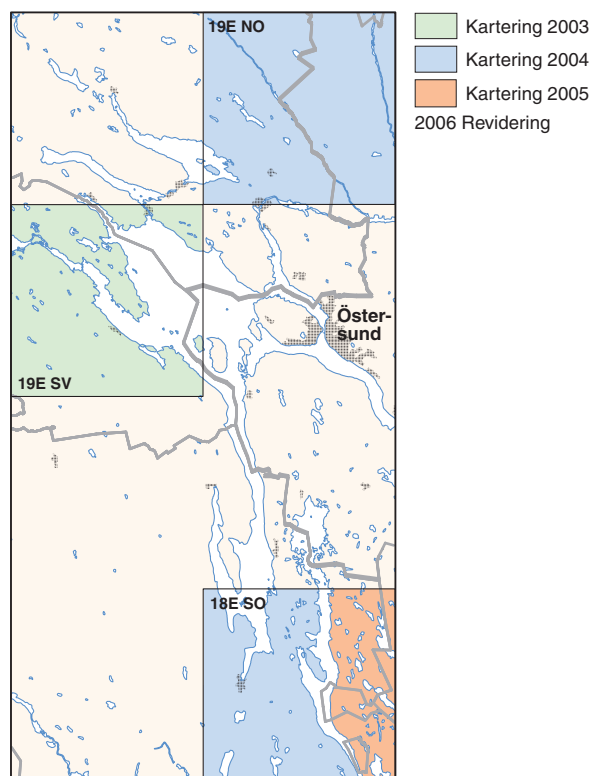


Fig. 1. Projektområdet Östersund-Hackås.

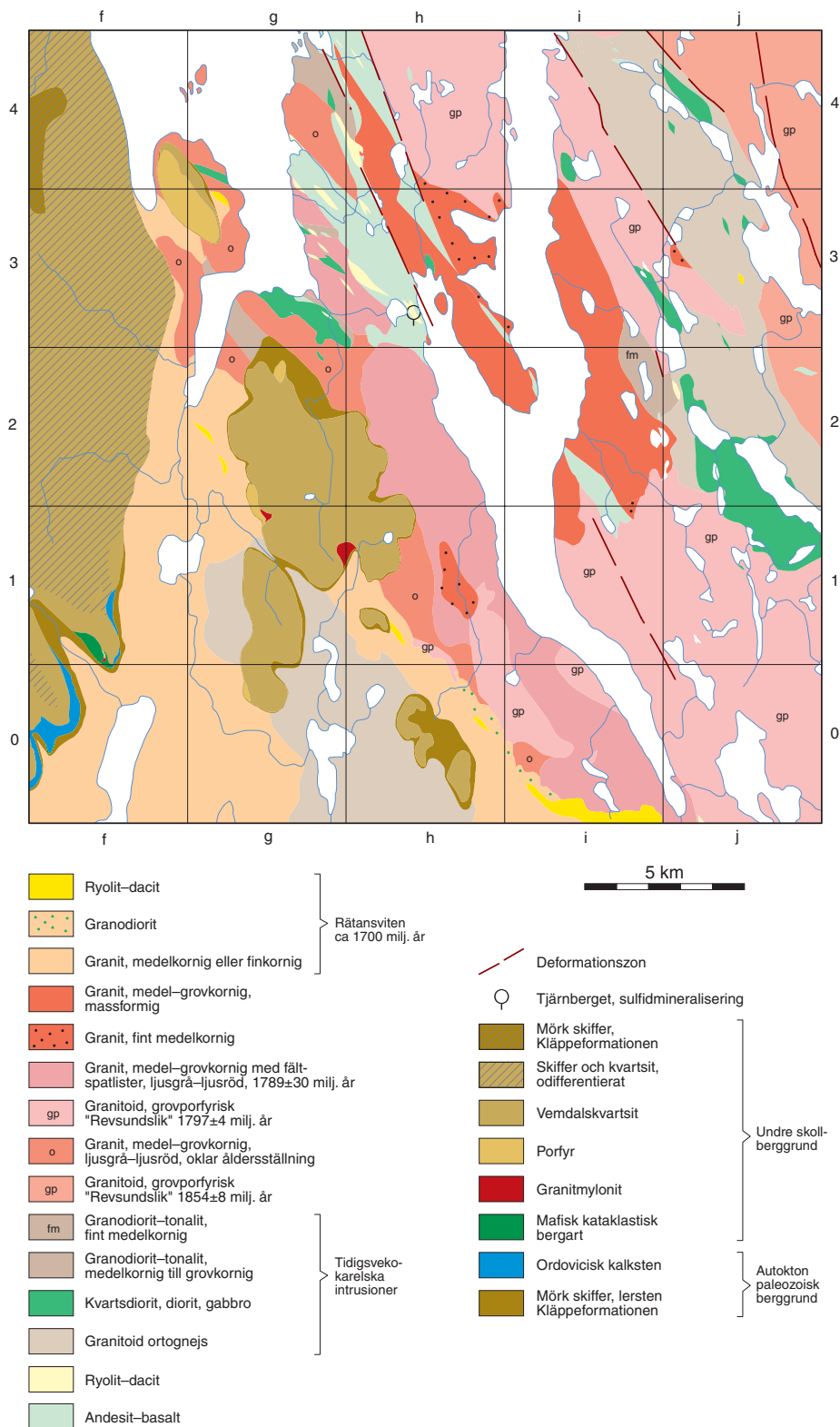


Fig. 2. Förenklad berggrundskarta över 18E Hackås SO.

## BERGGRUNDSGEOLOGI INOM 18E HACKÅS SO

*Torbjörn Thelander*

Den följande beskrivningen av berggrunden inom kartområdet 18E Hackås SO redovisar huvudsakligen nytillkommen information från fältsäsongen 2005 som främst berör området öster om sjön Näkten. Trots revideringsarbeten väster om Näkten kvarstår fortfarande en del oklarheter om hur vissa granitintrusioner där skall grupperas och korreleras.

Tidigare arbeten som behandlar kartbladsområdet 18E Hackås SO, bl.a. Gorbatshev (1997), Högdahl (2000) och Bergman m.fl. (2006), finns sammanfattade i Johansson m.fl. (2005) och upprepas inte här. I den senare skisseras även områdets geologiska utveckling.

### Proterozoisk berggrund öster om Näkten

#### *Svekofenniska ytbergarter*

De svekofenniska ytbergarterna öster om Näkten domineras i sitt största utbredningsområde (1–2 i) av vulkaniter med andesitisk till basaltisk sammansättning, i många fall plagioklas-hornbländeporfyriska. Spridda förekomster av bandade, basiska vulkaniter finns också som inneslutningar i ortognejserna i kartområdets nordöstra del. De förekomster av ryolit till dacit som påträffats öster om Näkten har en obetydlig utbredning.

#### *Granitoida ortognejser*

De granitoida ortognejserna torde utgöra de äldsta intrusiva bergartsleden inom kartområdet. De har en fältbedömd granitisk till granodioritisk sammansättning med tonalitiska inslag. De är i allmänhet tydligt gnejsbandade och ställvis migmatitiserade (fig. 3 a). Gnejsbandningen är veckad i en deformationsfas som föregått de genomgripande plastiska deformationzonerna i kartområdet. På den magnetiska anomalikartan visar ortognejserna låga till medelhöga nivåer. En datering av ortognejserna är under utförande.

Enheten kan möjligen korreleras med de bergarter väster om sjön Näkten som i Johansson m.fl. (2005) informellt kallades *granitoidgrupp A*. De senare har dock en mer granitisk sammansättning med tydligt utdragna megakrister av kalifältspat, vilket gör att de också visar stora likheter med de porfyriska graniterna. Till skillnad mot dessa visar dock *granitoidgrupp A* ställvis en tydligt veckad gnejsbandning påverkad av senare plastisk deformation.

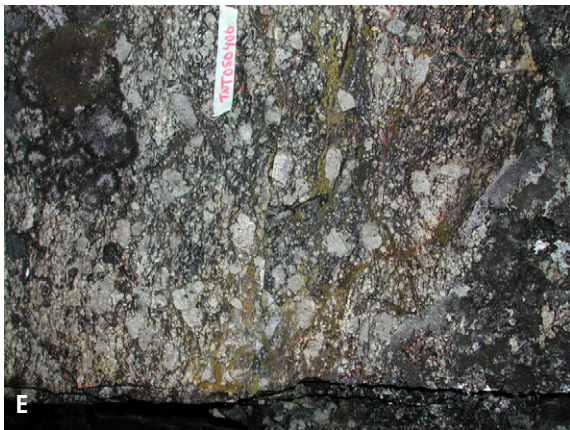
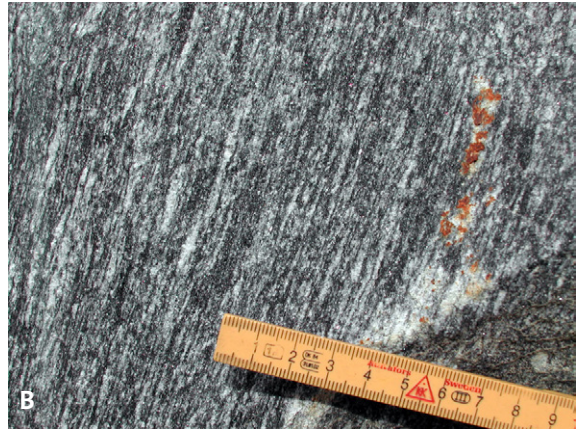
I de *granodioriter och tonaliter* som förekommer mellan Näkten och Storsjön är vanligen mineralen parallellorienterade, och ställvis genomsatta av kraftiga plastiska skjuvzoner vars bredd varierar från någon cm till några tiotals meter (fig. 3 b). Någon utpräglad gnejsbandning eller migmatitisering, jämförbar med den i ortognejserna, har däremot inte noterats. Detta tolkas så att bergartsenheten är något yngre än de granitoida ortognejserna.

#### *Diorit till gabbro*

Medelkornig till grovt medelkornig diorit till gabbro uppträder som en väl sammanhållen kropp väster om sjöarna Stor-Noren och Lill-Noren (1–2 j). Mot norr gränsar kroppen till kvartsdiorit till tonalit. Utmed den sydvästra kontakten förekommer lokaler där diorit till gabbrokroppen intruderats av porfyrisk granit (fig. 3 c). På den magnetiska anomalikartan framträder bergartskroppen som en kraftig, positiv anomali.

---

Fig. 3. Fotografier av bergarter inom undersökningsområdet. Koordinater i rikets nät. **A.** Något migmatitiserad, granodioritisk ortognejs med veckad gnejsbandning (2j, 6964874/1447271). **B.** Plastiskt deformerad granodiorit till tonalit (3g, 6965145/1432237). **C.** Gång av småporfyrisk granit i diorit till gabbro (1j, 6958322/1449696). **D.** Folierad megakristförande granit (1j, 6957151/1445770). **E.** Grovporfyrisk granit med megakrister av kalifältspat (4i, 6974180/1441450). **F.** Plastiskt skjuvad, grovporfyrisk granit (4i, 6975353/1441700). **G.** Intrusiv kontakt mellan medelkornig granit och ojämnkornig, folierad granit (2i, 6960848/1444960). **H.** Diabasgång i diabasgång (4i, 6974467/1442424).



### **Megakristförande granitoider**

I kartområdet finns stora förekomster av megakristförande granitoider, tidigare refererade till som Revsundsgranit. Emellertid har radiometriska dateringar av liknande megakristförande granitoider utanför kartområdet, vilka av hävd förts till Revsundsgranit, givit så spridda åldrar att en begreppsförvirring av termen Revsundsgranit uppstått. Termen undviks därför tills vidare i den följande beskrivningen. De megakristförande graniterna öster om sjön Näkten förekommer i huvudsak inom tre delområden.

*Delområde 1.* Den megakristförande graniten i kartområdets nordöstra del har en fältuppskattad granodioritisk sammansättning. Den är vanligen grå eller rödgrå och späckad med flera centimeter långa strökorn av ljus kalifältspat, men ställvis är frekvensen av dem mindre påfallande. Granitens utbredningsområde sammanfaller med en ganska lugn magnetisk anomalibild. Bergarten är mer eller mindre starkt genomsatt av en tektonisk foliation som visar på genomgripande plastisk deformation. Högdahl (2000) har daterat ett prov från en förhållandevis tektoniskt opåverkad lokal, vilket gav en ålder av  $1\,854 \pm 8$  miljoner år för graniten.

*Delområde 2.* Den grovporfyriska graniten i kartområdets sydöstra del innehåller också rikligt med strökorn av kalifältspat, av vilka en del är plagioklasmantrade. Graniten är vanligen rödaktig men grå färgtoner finns. Den magnetiska anomalikartan över granitens utbredningsområde visar ett splittrat anomalimönster som återspeglar kraftigt varierande magnetithalt i graniten. Susceptibilitetsmätningar över hälltytor ger också stora variationer. Plastiska skjuvzoner (fig. 3 d) med strykningar omkring 140–160 grader är vanliga, men är ej så omfattande som i delområde 1. Den grovporfyriska graniten kan följas till en lokal belägen ca 1 km öster om kartområdets sydöstra hörn, där ett dateringsprov givit åldern  $1\,797 \pm 4$  miljoner år (Delin & Aaro 2002).

*Delområde 3.* Den grovporfyriska granitoiden i ett område inom delrutorna 3–4 i–j är åtminstone i sin norra del genomgående grå (fig. 3 e). En mer eller mindre tydlig parallellorientering hos mineralkornen förekommer vanligen. Utmed gränsen mot ortognejserna i nordost finns en plastisk skjuvzon som är åtminstone några hundra meter bred, men skjuvzoner finns även inom andra delar av området (fig. 3 f). Ett dateringsprov av den grovporfyriska granitoiden har tagits men något resultat föreligger inte ännu.

### **Övriga graniter (utom Rätangranit)**

Massformig, ojämnkornig, medel- till grovkornig granit uppträder i ett stort sammanhängande område öster om Näkten. I en lokal visar graniten en intrusiv kontakt med äldre, svekokarelsk folierad granitoid (fig. 3 g). Graniten bedöms ha en fortsättning även väster om Näkten.

En fint medelkornig, vanligen svagt planfolierad granit uppträder som gångar i såväl ortognejserna som i samtliga delområden av de megakristförande graniterna.

### **Rätangranitsviten**

Någon förekomst av den granitdominerade Rätansviten har inte påträffats öster om sjön Näkten. För beskrivning av enheten refereras till Johansson m.fl. (2005). En del justeringar av enhetens utbredningsområde (3g) har däremot gjorts utifrån det flygmagnetiska underlaget.

Vulkaniterna inom delruta 0 i domineras av ryolit till dacit med konglomeratiska inslag. De har en oklar åldersställning men hänförs åtminstone tillsvidare till Rätansviten.

### **Diabasgångar**

Enstaka förekomster av diabas, ställvis med väl utbildad ofitisk textur, har påträffats från trakten kring sjön Näkten och österut (fig. 3 h). Vanligtvis är de decimeter- till meterbreda gångar, men i kartområdets nordöstra del når de större dimensioner. Den största observerade gången har en blottad utbredning som når ca 75 m, men eftersom den inte kan följas några längre sträckor vare sig i fält eller med hjälp av den magnetiska anomalikartan, tolkas gången som flackt liggande eller horisontell.

## Paleozoisk berggrund

Den kompletterande karteringen av den paleozoiska berggrunden har ytterligare befast förekomsten av Kläppeformationen i delrutorna 3–4f. Dessutom har några fossilbelagda förekomster av Tøyenskiffer påträffats i trakten av Åsarna (0f). De senare har på grund av den översiktliga kartskalan i figur 2 inte markerats. I övrigt hänvisas till Johansson m.fl. (2005).

## GEOFYSIK INOM 18 H HACKÅS SO

*Rune Johansson*

### Befintlig information

Geofysiska flygmätningar utfördes 1977 av SGU och omfattade magnetiska, radiometriska och elektromagnetiska (VLF) mätningar. Under vintern 2000–2001 utförde NGU (Norges geologiska undersökning) magnetiska, radiometriska och elektromagnetiska (VLF och 5-frekvens slingram) mätningar från helikopter inom delar av kartområdet. Tyngdkraftsmätningar har utförts vid olika tillfällen och kompletterande sådana utfördes under 2004. För mer information om flygmätningarna och tyngdkraftsmätningarna hänvisas till Johansson m.fl. (2005).

Under 2004 utfördes mätningar med gammaspektrometer på 108 hållar, främst inom den centrala delen av kartområdet. Vid flertalet spektrometerlokaler togs prover (totalt 102) för parametermätning. Mätning med hållsusceptimeter gjordes i samband med både spektrometermätningarna och berggrundskarteringen. Slutligen utfördes profilmätning med magnetometer inom områdets norra, centrala del.

### Fältarbete 2005

Fältarbetet 2005 har omfattat fortsatt mätning med gammaspektrometer på 94 hållar, främst inom den östra delen av kartområdet. Under 2004 och 2005 har därmed mätningar utförts på sammanlagt 202 hållar (se fig. 4). I samband med spektrometermätningarna har provtagning gjorts för parametermätning. Totalt togs 87 prover vilket gör att det nu finns sammanlagt 189 prover från området.

Mätning med hållsusceptimeter har gjorts i samband med både spektrometermätningarna och berggrundskarteringen. Mätningarna (2004–2005) redovisas översiktligt i figur 5.

Profilmätning med magnetometer och Wadi (VLF) har gjorts inom områdets södra och östra delar (fig. 6).

### Parametermätning

Under året har parametermätning (densitet och magnetiska egenskaper) utförts på prover som tagits 2004. Mätning av årets prover har påbörjats och beräknas kunna slutföras under januari 2006.

### Tolkning

Tolkning av flyggeofysiska data har utförts under året, inledningsvis som underlag till planeringen av årets fältarbete. Som stöd för tolkningen har resultat från mätningar på hållar och från parametermätningar (2004 års prover) använts. Inför projektets slutexkursion i september gjordes en preliminär geofysisk tolkning som kunde jämföras med de berggrundsgeologiska observationerna.

Under hösten har tolkningsarbetet fortsatt och omfattar samtolkning med geologiska observationer från karteringen. Den nu aktuella berggrundskartan (fig. 2) baseras på både berggrundsgeologisk och geofysisk information.

Tolkningen av geofysiska data, inklusive samtliga parametermätningar, beräknas kunna slutföras under

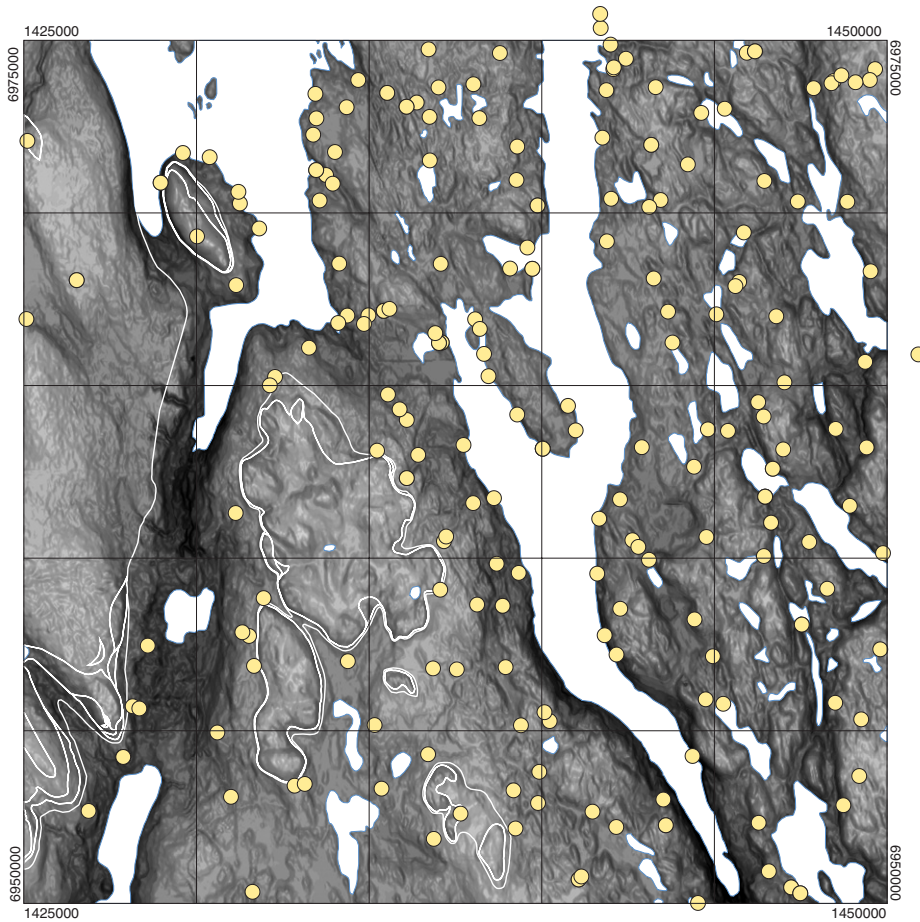


Fig. 4. 18E Hackås SO. Provtagningspunkter för parameterprov (gula cirklar) 2004–2005. Fjällbergarterna (gränser i vitt) har endast provtagits sparsamt. Underlagskartan visar den digitala höjdmollen i gråskala.

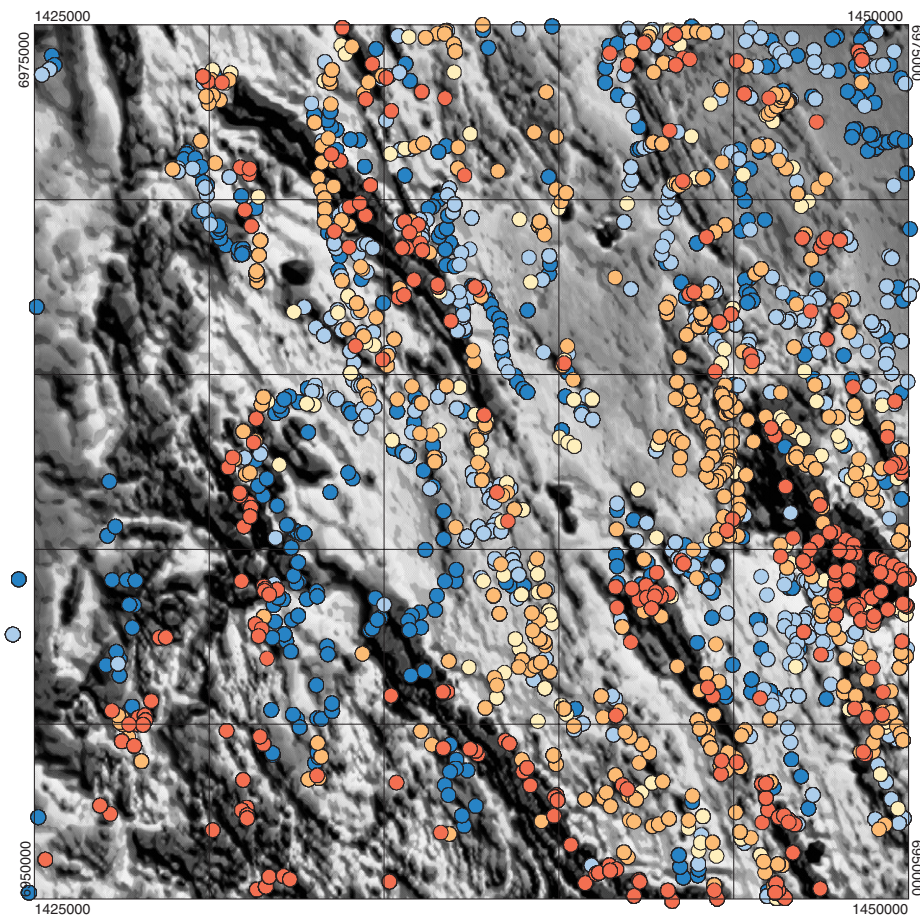


Fig. 5. 18E Hackås SO. Susceptibilitetsmätningar på hållar mot bakgrund av den magnetiska anomalikartan. Positiva anomalier i mörka nyanser och negativa i ljusa. Cirklarnas färger visar susceptibilitetsvärden enligt skalan mörkblått <math><20</math>, ljusblått 20–100, gult 100–200, orange 200–1000 och rött >math>1000 \times 10^{-5}</math> SI-enheter.

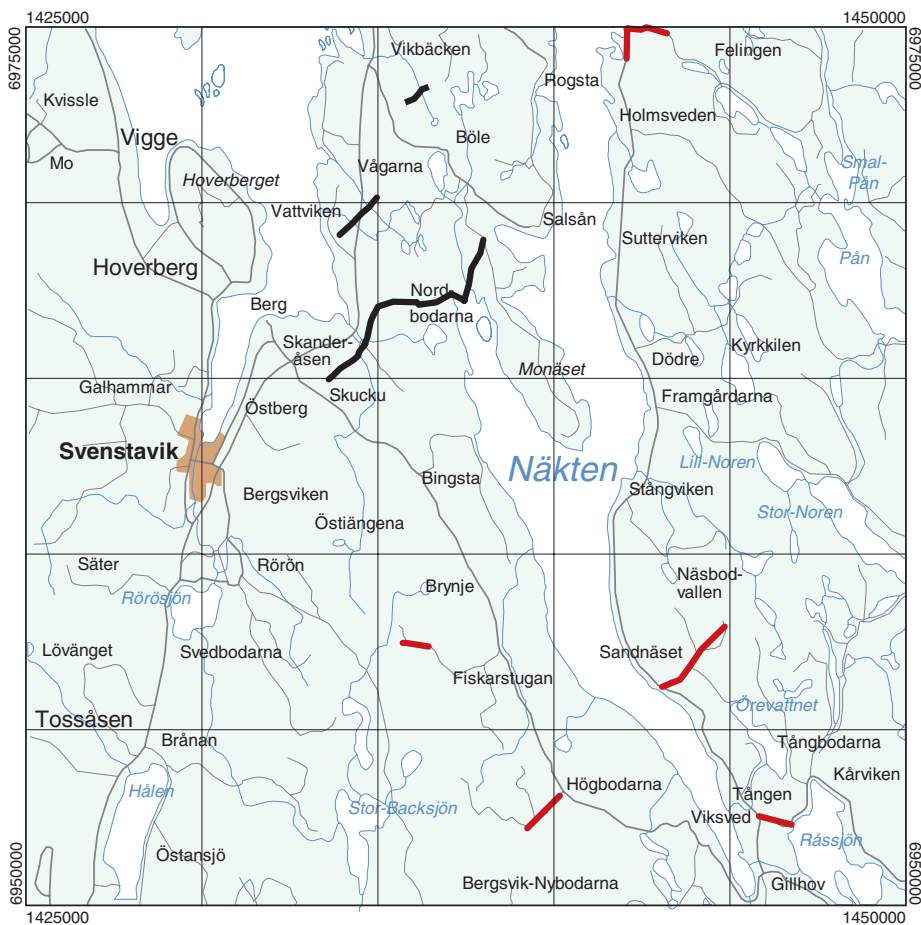


Fig. 6. 18E Hackås SO. Markgeofysiska profil­mätningar. Profiler i svart visar mätningar med magnetometer utförda 2004. Profiler i rött visar mätningar med magnetometer och Wadi (VLF) utförda 2005.

våren 2006. Om ytterligare tolkningsproblem skulle uppstå, finns dock ett visst utrymme för kompletterande fältarbete under 2006.

Strålningsanomalin längs västra stranden av sjön Näkten har visat sig svår att förklara med säkerhet. Den radiometriskt tydligt avvikande graniten har inte kunnat urskiljas utifrån geologiska hällobservationer, men ytterligare försök kommer att göras innan den berggrundsgeologiska kartan färdigställs, bland annat studier av resultat från kemiska analyser. Anomalin sammanfaller åtminstone delvis med en negativ tyngdkraftsanomali och kompletterande provtagning för densitetsbestämning (ingår i den provtagning som presenterats ovan) har gjorts, för att genom modellering närmare studera detta förhållande.

Figur 7 visar resultatet av den flygradiometriska mätningen i form av en ternärkarta som framhäver dels totalstrålningen, dels inlagen av kalium, uran och torium. Gammaindex, som baseras på en kombination av uran-, torium- och kaliumhalter, är förhöjt i några punkter inom den framträdande strålningsanomalin längs Näkten samt i ett par punkter utanför anomalin. Radiumindex, som baseras på uranhalten, uppvisar inte samma markanta förhöjning längs Näkten men däremot i två andra punkter med förhöjt gammaindex. Denna förhöjning orsakas av alunskiffer och radiumindex uppgår till som högst 3,3 i en punkt i kartområdets nordvästligaste del.

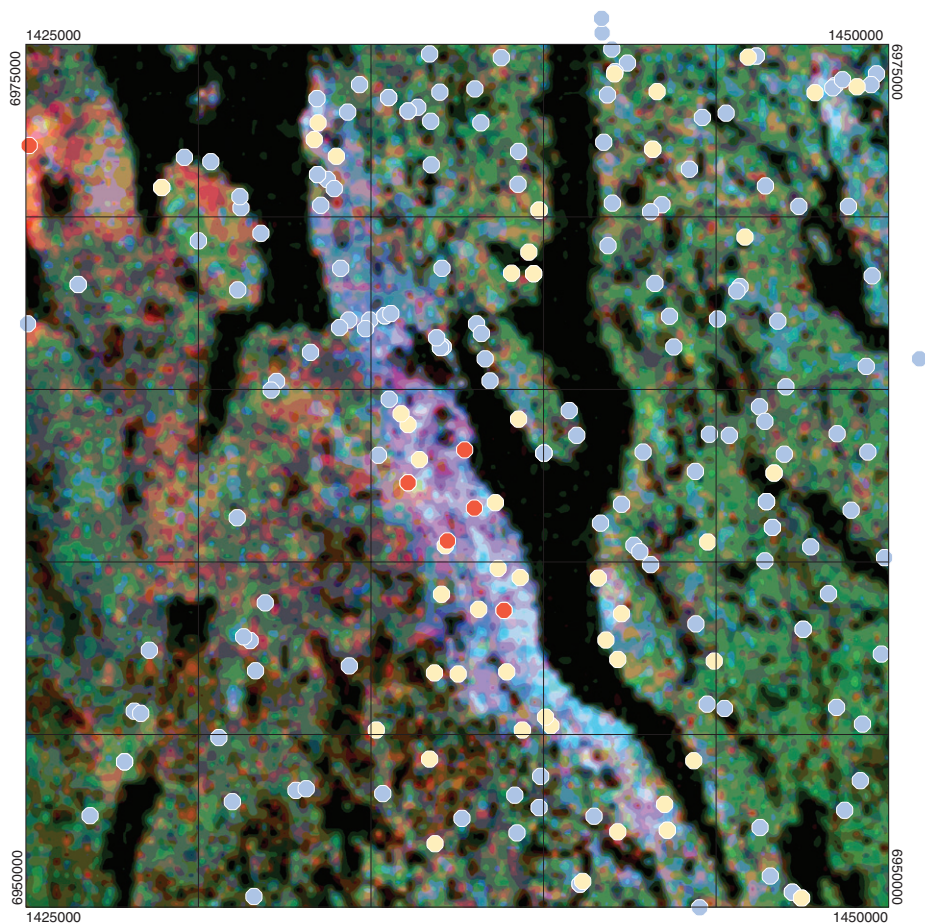


Fig. 7. Flygradiometrisk ternärkarta (K grönt, U rött och Th blått). Röda nyanser, exempelvis i nordväst, är urandominanta medan blå är toriumdominanta. Det framträdande ljusa området längs Näktens västra trand uppvisar både förhöjda uran- och toriumvärden. Cirkulära visar gammaindexvärden baserade på hållspektrometermätningar (blått <1, gult 1–2 och rött >2).

## 19E ÖSTERSUND NO

*Linda Wickström*

Under året som har gått har arbetet med kartan över området 19E Östersund NO fortskridit och den preliminära sammanställningen har avslutats (fig. 8). För en närmare beskrivning av de bergartsenheter som förekommer inom området hänvisas till Johansson m.fl. (2005).

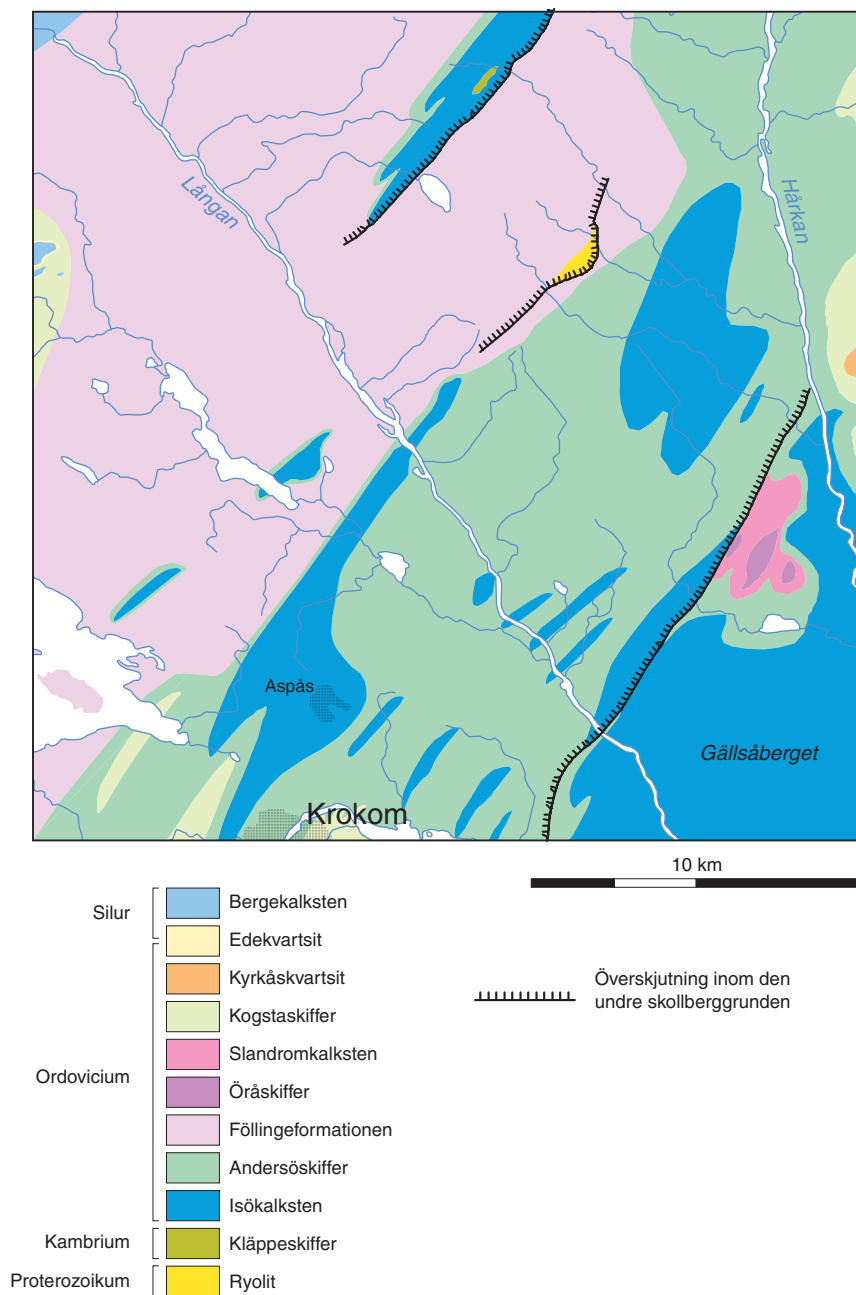


Fig. 8. Förenklad berggrundskarta över 19E Östersund NV.

## Referenser

- Bergman, S., Sjöström, H. & Högdahl, K., 2006: Transpressive shear related to arc magmatism: The Paleoproterozoic Storsjön-Edsbyn Deformation Zone, central Sweden. *Tectonics* 25, 16 s.
- Delin, H. & Aaro, S., 2002: Berggrundskartan 17F Ånge NV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 172*.
- Gorbatshev, R., 1997: Beskrivning till berggrundskartan över Jämtlands län. Del 1: Urberget *Sveriges geologiska undersökning Forskningsrapporter Ca 53:1*, 250 s.
- Högdahl, K., 2000: Late-orogenic, ductile shear zones and protolith ages in the Svecofennian Domain, central Sweden.—*Meddelanden från Stockholms universitets institution för geologi och geokemi* 309.

Johansson, R., Thelander, T. & Wickström, L., 2005: Östersund-Hackås. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden 120*, 10-27

Thelander, T., 2004: Östersund-Hackås. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden 116*, 33-39.

E-post: [torbjorn.thelander@sgu.se](mailto:torbjorn.thelander@sgu.se)   [rune.johansson@sgu.se](mailto:rune.johansson@sgu.se)   [linda.wickstrom@sgu.se](mailto:linda.wickstrom@sgu.se)

# Moskosel–Harads, baskartering berg

Benno Kathol, Sven Aaro och Fanny Hartvig

## ALLMÄN INLEDNING

Projektet ”Moskosel–Harads, baskartering berg” omfattar kartområdena 25J Moskosel och 25K Harads (fig. 1). Syftet är att skapa ett berggrundsgeologiskt underlag för en långsiktigt hållbar resurshantering inom delar av Norrbottens län samt att skapa planerings- och beslutsunderlag för företag, kommuner, länsstyrelser och allmänheten. Resultaten kommer att redovisas i form av berggrundsgeologiska och geofysiska databaser samt tryckta berggrundskartor i skala 1:50 000. Arbetet genomförs enligt rutin GUBStB i SGUs kvalitetssystem. Karteringen har pågått sommaren 2005 i kartområdena 25J Moskosel NV, SO och SV där ca 982 km<sup>2</sup> har undersökts. Tillsammans med fältinsatserna år 2004 (se Kathol & Aaro 2005) är nu 1 525 km<sup>2</sup> karterade.

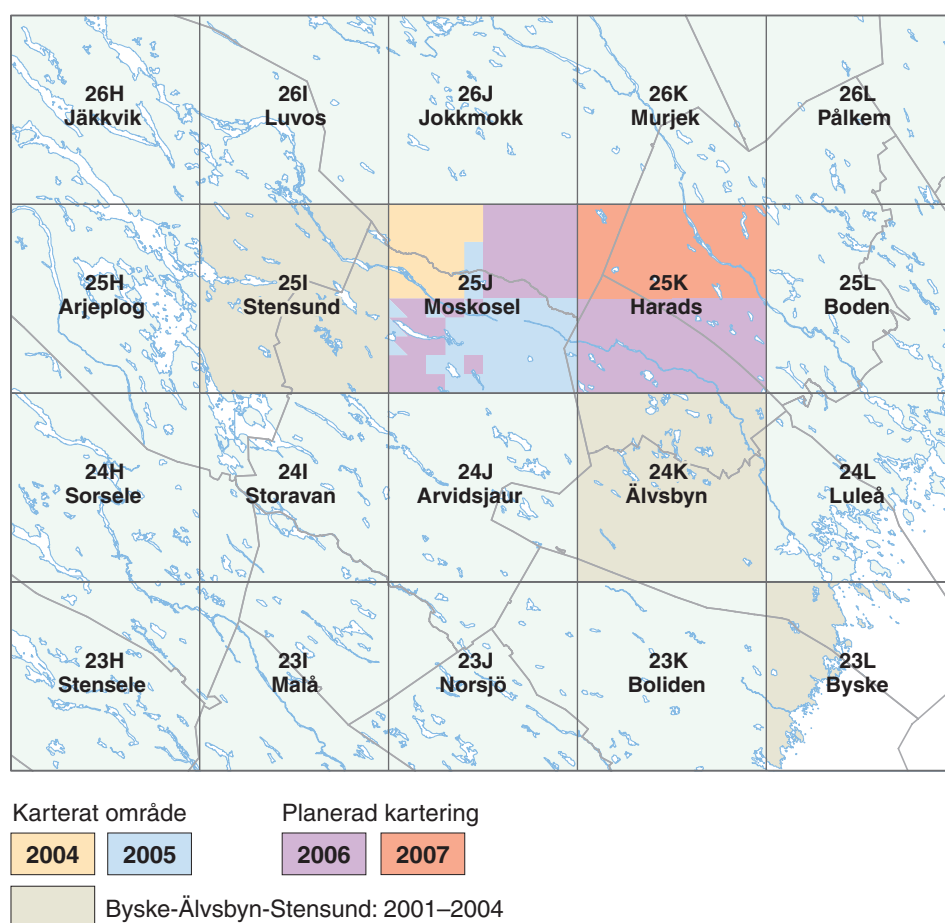


Fig. 1. Genomförd och planerad karteringsverksamhet inom projektet ”Moskosel – Harads, baskartering berg”.

De geologiska fältarbetena har utförts av Fanny Hartvig och Benno Kathol (SGU) med biträde av extrageologerna Lars Bergkvist, Charlåtta Brandt, Stefan Persson (Stockholms universitet) och Klara Liljewalch-Fogelmark (Lunds universitet). Daniel Andersson (Stockholms universitet) har undersökt de sedimentära bergarterna vid Abmoälven och Svanaberget. De geofysiska undersökningarna har utförts av Sven Aaro och Johan Jönberger (SGU). Mimmi Arvidsson (Uppsala universitet) och Sarah Mell (Göteborgs universitet) har biträtt som extrageofysiker. Mineralfyndigheterna har kontrollerats och sammanställts av Bo Gustafsson (SGU). Fältarbetenas och provtagningens omfattning framgår av tabell 1.

**Tabell 1.** Sammanställning av de geologiska och geofysiska fältinsatserna inom kartområdet 25J Moskosel. Siffrorna inom parentes avser antal undersökta tunnslip (beskrivning och modalanalys om möjligt). Lägena för hällobservationer, geokemi- och dateringsprover i kartområdena 25J Moskosel NV och SO visas i figurerna 2 respektive 3.

Tidsperiod	2005	2004–2005
Extrageologer	53 personveckor	72 personveckor
Extrageofysiker	20 personveckor	26 personveckor
Kartbladsgéologer	15 personveckor	25 personveckor
Kartbladsgéofysiker	8 personveckor	11 personveckor
Karterad yta	982 km <sup>2</sup>	1525 km <sup>2</sup>
Observerade hållar/hällområden	1474	2399
Observationslokaler, geofysik	253	352
Gammaspektrometermätningar	621	851
Bergartsprover för petrofysiska mätningar	153	207
Geofysiska profiler (magnetometri, VLF)	22	38
Tunnslip	42 (26)	89 (54)
Kemanalyser	63	87
U-Pb-zirkondateringar	1	2

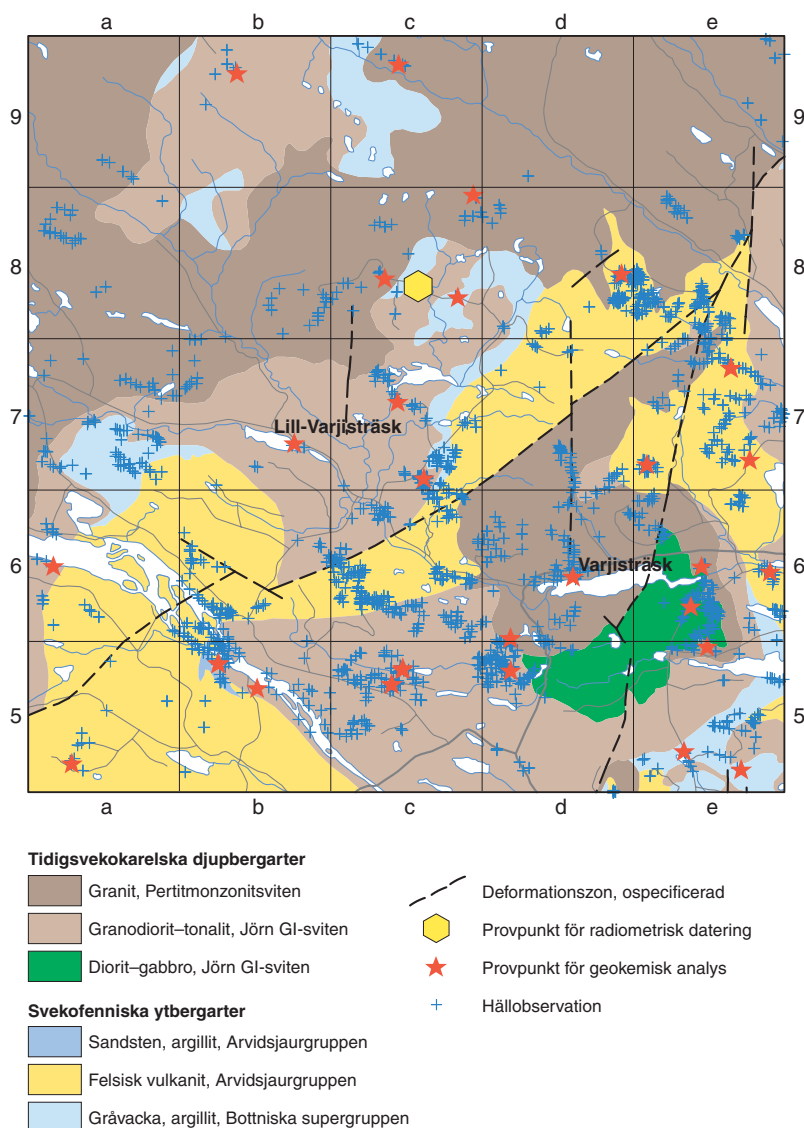


Fig. 2. Preliminär berggrundsgeologisk karta över området 25J Moskosel NV (från Kathol & Aaro 2005), kompletterad med fältobservationerna från sommaren 2005.

Bearbetning av det insamlade materialet är planerad för våren 2006, vilket innebär att en geologisk och geofysisk tolkning av resultaten från fältarbetena inte föreligger ännu. Figur 2 är tagen från Kathol & Aaro (2005), kompletterad med sommarens fältobservationer. En preliminär berggrundskarta över området 25J Moskosel SO visas i figur 3, och en sammanställning av de geofysiska fältinsatserna inom motsvarande område i figur 4.

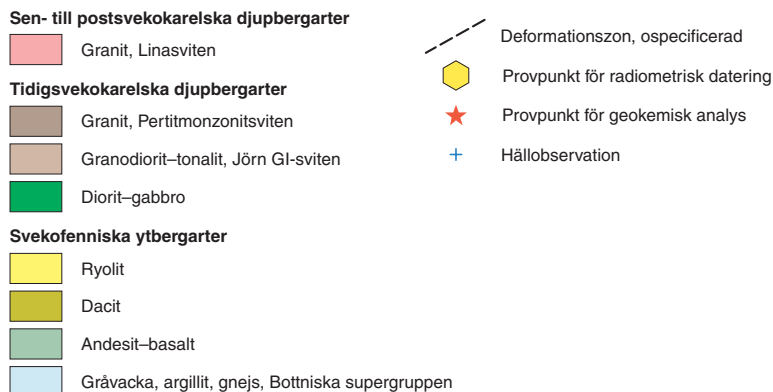
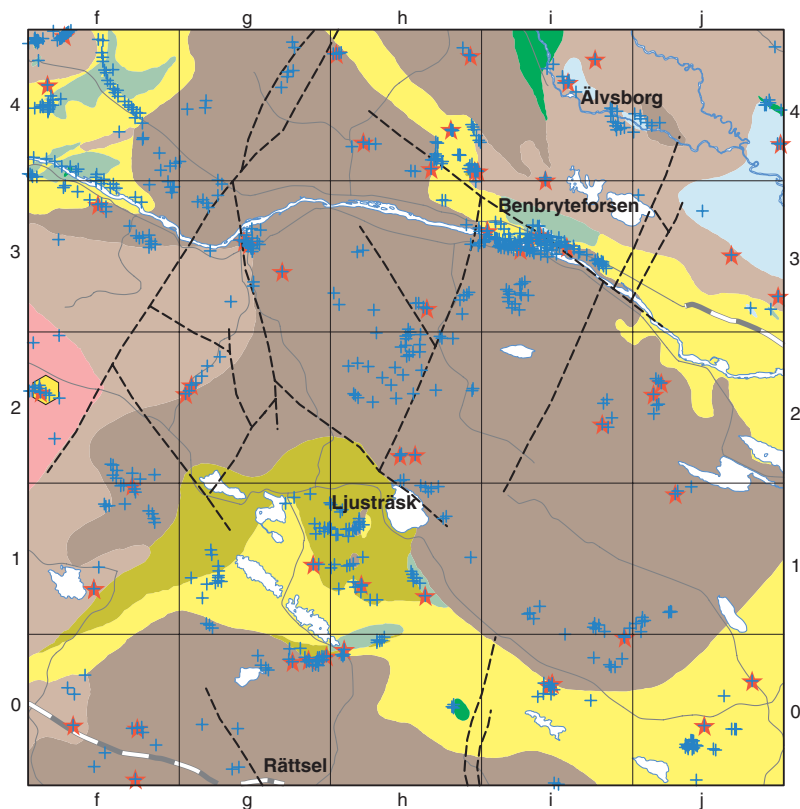


Fig. 3. Preliminär berggrundsgeologisk karta över området 25J Moskosel SO. Hällobesättningarna samt provpunkter för dateringsprovet och geokemianalyserna är inlagda.

## BERGGRUNDEN I PROJEKTOMRÅDETS OMGIVNING

Berggrunden tillhör i sin helhet den fennoskandiska skölden. Områdets troligen äldsta bergarter är marint avsatta gråvackor, sandstenar och lerskifferar. Under en sen fas av denna sedimentation bildades vulkaniter i marina och terrestriska öbågar, huvudsakligen i den norra delen av och norr om ett större havsområde som kallas den bottniska bassängen. Dessa sedimentära och vulkaniska ytbergarter intruderades sedan av tidigsvekokarelska intrusivbergarter. Under huvudfasen av den svekokarelska orogenesisen (bergskedjeveckning för ca 1 900–1 800 miljoner år sedan) nedsänktes den ovan beskrivna berggrunden till större djup i jordskorpan, och bergarterna omvandlades under höga tryck- och temperaturförhållanden (metamorfos). Beroende på bergarternas läge i det orogena bältet blev de i olika grad deformerade, veckade och omkristalliserade. Gråvackorna, sandstenarna och lerskifferarna omvandlades delvis till paragnejser eller kvartsiter och intrusivbergarterna till ortognejser.

Under en sen fas av den svekokarelska orogenesisen intruderades den deformerade berggrunden i projektområdet och dess omgivning av stora mängder magma som stelnade till ytmässigt vidsträckta granit- till

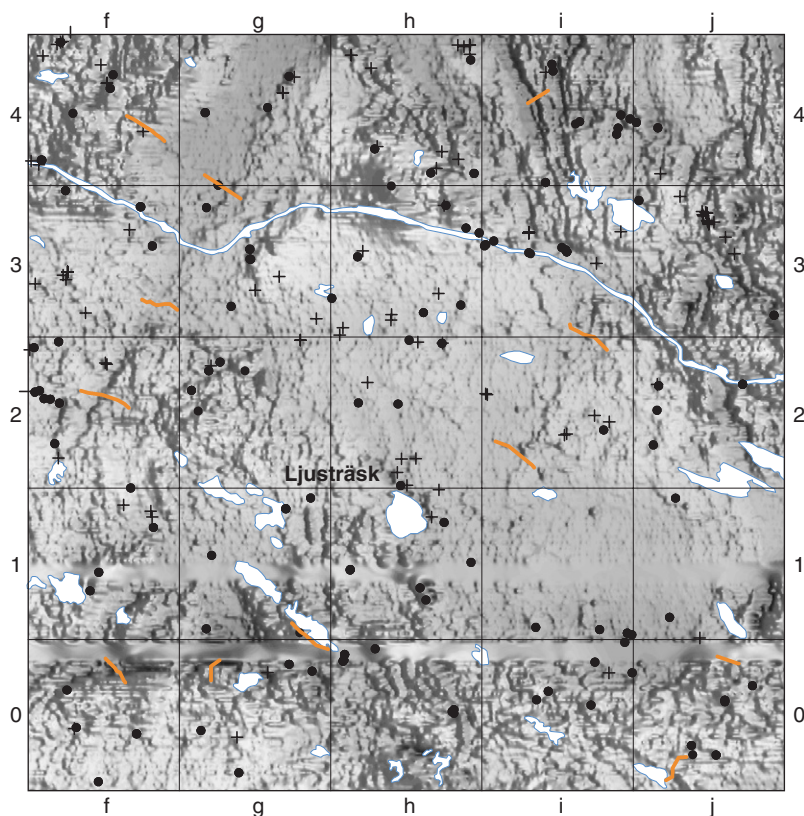


Fig. 4. Magnetfältanomalier och geofysiska fältobservationer i kartområdet 25J Moskosel SO. Svarta punkter markerar observationslokaler där gammaspektrometer- samt susceptibilitetsmätningar utförts. Röda linjer visar lägen för profilmätningar med magnetometer och/eller VLF-instrument under fältsäsongen 2005. Läget för äldre petrofysiska data är markerade med plustecken.

monzonitintrusioner. Beroende på magmornas ursprung indelas de sen- till postsvekokarelska bergarterna i Skellefte–Härnösviden i söder och Linasviden i norr samt i bergarter som hör till Revsunds- och Boden–Edeforsviderna. De senare räknas till det så kallade transskandinaviska magmatiska bältet. De yngsta bergarterna i projektområdet är gångbergarter av olika slag.

## DATERINGSRESULTAT

En U-Pb-zirkondatering av en ställvis pegmatitlirig granit från Stenselekojan (2f) levererade en ålder av  $1792 \pm 16$  miljoner år. Det dateringsprov som togs år 2004 av en medelkornig, jämnkornig granit (pertitmonzonitsviden), i närheten av kvarts-fältspatbrottet på berget Reuna (8c), gav en ålder på  $1867 \pm 8$  miljoner år.

## RESULTAT FRÅN 25J MOSKOSEL NV

Vid Tjärgetvare (6e) sydväst om Stor-Varjisträsket, i det som tidigare har tolkats som sur vulkanit (Walsér 1979), förekommer en lagrad vulkanisk sandsten med ryolitisk sammansättning och inneslutningar av medelkornig granit. I sandstenen finns det kvartskorn som ser ut som kvartskornen i de granitiska inneslutningarna, och delar av inneslutningarna har oskarpa kontakter mot ryoliten. Granitens oregelbundna uppträdande tyder på att det handlar om apofyser. Tolkningen är att graniten har intruderat den vulkaniska sandstenen, vilket resulterat i uppsprickning av sandstenen och bildningen av granitiska apofyser. Sandstenen föreligger idag som i stort sett in situ-liggande xenoliter. En korsskiktning i sandstenen tyder på att uppåt är mot öster.

Vid Frostselet (6e), väster om Stor-Varjisträsket förekommer samma typ av vulkanisk sandsten med ryolitisk sammansättning. I denna uppträder grovkornigare granitiska partier på vissa ställen längs sandstensens

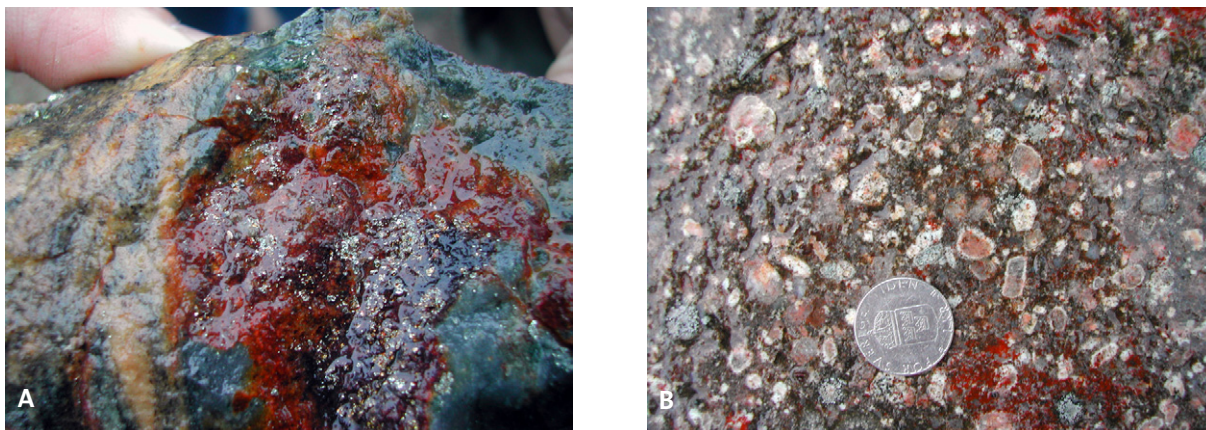


Fig. 5. Foton av bergarter från kartområdet 25J Moskosel NV. Koordinater i rikets nät. **A.** Sulfidmineral i en mycket kiselrik ytbergart. Kormtjärnen, ca 8 km sydost om Varjisträsk station. Bildens bredd: ca 10 cm (7325776/1673544). **B.** Porfyrisk, massformig granit med rapakivitextur. Tjärgetpojarna drygt 4 km ostsydost om Varjisträsk station (7329822/1672451).

lagringsytor. De granitiska partierna har en hög kvartshalt och ansamlingar av kvarts eller “*chert*”. Det granitiska, grövre materialet tolkas här som leukosom. Bildningen av det kan ha skett samtidigt med intrusionen av pertitmonzonitsviten, under migmatiseringen för 1 830 miljoner år sedan eller i samband med en äldre metamorf fas. I detta vulkanitstråk, som har en nord-sydlig till nordvästlig riktning, har även linser av marmor hittats, vilket tyder på att sandstenssekvensen har avsatts i en “*back-arc*”-miljö.

En mycket kiselrik, gnejsig och delvis bandad ytbergart vid Kormtjärnen (5e), söder om Stor-Varjisträsket, har tidigare tolkats som gnejs av generellt sedimentärt ursprung (Walser 1979). Sulfider, som t.ex. pyrit, kopparkis och bornit förekommer i bergarten och tycks växa över foliationen (fig. 5 a). Vid Norra Luossejaure (5e), söder om Stor-Varjisträsket, förekommer en sedimentär bergart som är lagrad och gnejsig. Den genomsätts ställvis av felsiska ådror och uppträder tillsammans med en finkornig till fint medelkornig och ställvis folierad grå granitoid, som räknas till Jörn GI-sviten. Foliationen i granitoiden är oregelbunden i sin strykning och är inte penetrativ. Den sedimentära bergarten är associerad med sura, omlagrade vulkaniter.

I det som tidigare har tolkats som gabbro till diorit (Walser 1979) förekommer en medelkornig, jämnkornig och massformig mafisk bergart vid Tjärgetvare (6e), söder om Stor-Varjisträsket. En modalanalys visar att det är en gabbro. Gabbron antas tillhöra Jörn GI-sviten. Öster om gabbrokroppen förekommer en porfyrisk, massformig granit vid Tjärgetpojarna (5e), i kontakten mellan gabbro till diorit och alkalifältspatgranit (Walser 1979). Strökornen i graniten uppvisar en rapakivitextur (fig. 5 b). Graniten tolkas som en randfas av en intrusion som antas tillhöra Linasviten. Den intruderar gabbron, i vilken det finns små granitgångar. Öster om den porfyrisk graniten uppträder en fint medelkornig, svagt folierad granodiorit till tonalit som antas tillhöra Jörn GI-sviten.

## RESULTAT FRÅN 25J MOSKOSEL SO

Berggrunden i de centrala och södra delarna av kartområdet 25J Moskosel SO domineras av monzograniter som räknas till den tidigsvekokarelska pertitmonzonitsviten. Den centrala delen av detta granitmassiv är omgiven av huvudsakligen felsiska vulkaniter. Deformationsgraden är högre i vulkanitstråket vid Benbryteforsen (3 i) än i stråket vid Ljusträsk (1h), söder om det centrala granitmassivet. Vulkaniterna i kartområdets sydöstra hörn är välbevarade och uppvisar primära strukturer och texturer. Bergarterna i det södra vulkanitstråket räknas till Arvidsjaurgruppen medan det stratigrafiska läget för vulkaniterna vid Benbryteforsen är oklart.

Granodioriter och underordnat tonaliter som räknas till den tidigsvekokarelska Jörn GI-sviten, uppträder i kartområdets nordöstra och västra delar. Genom en U-Pb-datering på zirkon ( $1\,792 \pm 16$  miljoner år) har sen- till postsvekokarelska graniter (Linasviten) påvisats i gränstrakten mellan kartområdena 25J Moskosel SV och SO.

I anslutning till granodioriter av Jörn GI-sviten i den nordöstra delen av kartområdet uppträder starkt folierade till förgnejsade sediment- och intrusivbergarter av än så länge okänd ålder.

### **Vulkaniter och sedimentära bergarter**

Öster om Svanaberget (4f) uppträder en växellagring av vulkanisk sandsten med andesitisk sammansättning och vulkaniskt konglomerat. Klasterna är välrundade, sfäriska (1–10 cm i diameter) och består av en andesit som underlagrar den växellagrade sekvensen. Dessutom förekommer klaster av en tät, ljus grå ryolit. Konglomeratlagren är graderade och uppåtriktningen är mot öster.

Vulkanitsekvensen nedanför Benbryteforsen (3i) består av en växellagring av omlagrade vulkaniska sandstenar och primärt avsatta vulkanoklastiska ryoliter. På ett ställe har centimeter- till decimeterstora, urvittade linser av karbonat observerats (fig. 6a). Isoklinalveckning förekommer ställvis.

Mycket välbevarade ryoliter vid Svartjärnsberget (0j) uppvisar primära texturer, t.ex. upp till 2 cm stora litofyser och enstaka sfärliter (fig. 6b), ignimbritstrimmighet och syngenetiskt veckad flödesbandning. Ryoliterna räknas till Arvidsjaurgruppen. Vid Östra Gåbdejaure (0h) är kontakten mellan en vulkanoklastisk ryolit och en grovporfyrisk andesit (fig. 6c) blottad. I ryoliten uppträder upp till en meter tjocka lager av konglomerat. Även bergarterna vid Östra Gåbdejaure hänförs till Arvidsjaurgruppen.

### **Intrusivbergarter**

Vid Ljusträskbäcken (3g) uppträder en nordnordostligt strykande gång av ofitisk, glest plagioklasporfyrisk diabas i gråröd, fint medelkornig till medelkornig, jämnkornig granodiorit. Dessutom förekommer finkornig subvulkanisk ryolit till granit i området. Granodioriten räknas till Jörn GI-sviten och subvulkaniten till pertitmonzonitsviten. En kvarts-fältspatporfyrisk, perlitisk, troligen kiselomvandlad ryolit uppvisar småskaliga, kvartsläkta spricksystem. I en vägskärning ca 350 m öster om lokalerna vid Ljusträskbäcken, i nordvästra delen av Norra Hästberget (3g), uppvisar en ryolit, som liknar den vid Ljusträskbäcken, en skarp gräns mot en finkornig, jämnkornig granit. Graniten räknas till pertitmonzonitsviten, vilket innebär att den subvulkaniska ryoliten till graniten förekommer i gränsområdet mellan Jörn GI- och pertitmonzonitsviterna.

En massformig till svagt folierad, medelkornig monzogranit vid Magertjärnen (3h) söder om Benbryteforsen räknas till pertitmonzonitsviten. I en små- till grovporfyrisk, massformig granit vid Gåstjärnen (1j), även den tillhörande pertitmonzonitsviten, uppträder en gång av en röd, fint medelkornig, massformig granit. Den kan möjligen, med hjälp av litokemisk analys, relateras till Linasviten.

En gråröd, fint medelkornig till medelkornig, ställvis pegmatitlirig monzogranit från området runt Stenselekojan (2f) har daterats. Provet är taget ca 700 m sydost om kojan och gav en ålder på  $1792 \pm 16$  miljoner år. Denna ålder medför att graniten räknas till den sen- till postsvekokarelska Linasviten. Dess utbredning i kartområdet 25J Moskosel SV och SO ska undersökas vidare med hjälp av litokemiska analyser av den daterade graniten och omgivande, makroskopiskt liknande graniter (jämförelse av spärelementspektra).

### **Högmetamorfa bergarter**

Vid Älvsborg (4i) har en ljus grå kvarts-fältspatgnejs påträffats (fig. 6d). Om gnejsigheten är relaterad till en lokal skjuzon eller om det handlar om en eller flera linser av en äldre (arkeisk?) gnejs har inte kunnat avgöras i fält. Ett prov har tagits för Sm-Nd analys för att få en första antydning om bergartens ålder.



Fig. 6. Foton av bergarter från kartområdet 25J Moskosel SO. Koordinater i rikets nät. **A.** Gropar efter urvittrade karbonatlinser i ryolit. Piren i Piteälven, ca 1 km öster om bron över Benbryteforsen (7317850/1691034). **B.** Kvarts- och fältspatfyllda litofyser i välbevarad vulkanoklastisk ryolit tillhörande Arvidsjaurgruppen. Svartjärnsberget, ca 13 km sydost om Ljusträsk (7301140/1696948). **C.** Grovporfyrisk andesit. Östra Gåbdejaure, ca 5,5 km sydsydväst om Ljusträsk (7304500/1685455). **D.** Kvarts-fältspatgnejs av okänd ålder. Ca 700 m nordväst om Älvsborg (7323354/1692859).

## REFERENSER

Kathol, B. & Aaro, S., 2005: Moskosel–Harads. I Hans Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 28–30.

Walser, G., 1979: 25J Moskosel, preliminary geological map. *Sveriges geologiska undersökning MK2*.

E-post: benno.kathol@sgu.se

sven.aaro@sgu.se

fanny.hartvig@sgu.se

# Mellersta Norrbotten

Leif Björk, Erik Jonsson, Leif Kero och Christer Åkerman

## INLEDNING

Projektet ingår i SGUs systematiska geologiska kartering av malmpotentiella områden, och dess geografiska utbredning omfattar kartområdena 27K Nattavaara, 27L Lansjärv, 27M Korpilombolo, 27N Svanstein, 26 M Överkalix och 26N Karungi. Arbetet startade våren 2005 och planeras bli avslutat vid utgången av år 2008. Syftet är att skapa lokala berggrundsgeologiska och geofysiska databaser som kan utgöra planerings- och resurshushållningsunderlag för prospekteringsföretag, kommuner, länsstyrelse m.fl. i Norrbottens län. Databaserna kommer att omfatta berggrundskartor, geofysiska flygmätningar och markmätningar, petrofysik, hällobeskrivningar, litogeokemi, åldersbestämningar och mineralfyndigheter.

Sommaren 2005 inleddes fältarbeten inom 27M Korpilombolo, 27N Svanstein, 26 M Överkalix och 26N Karungi (fig. 1).

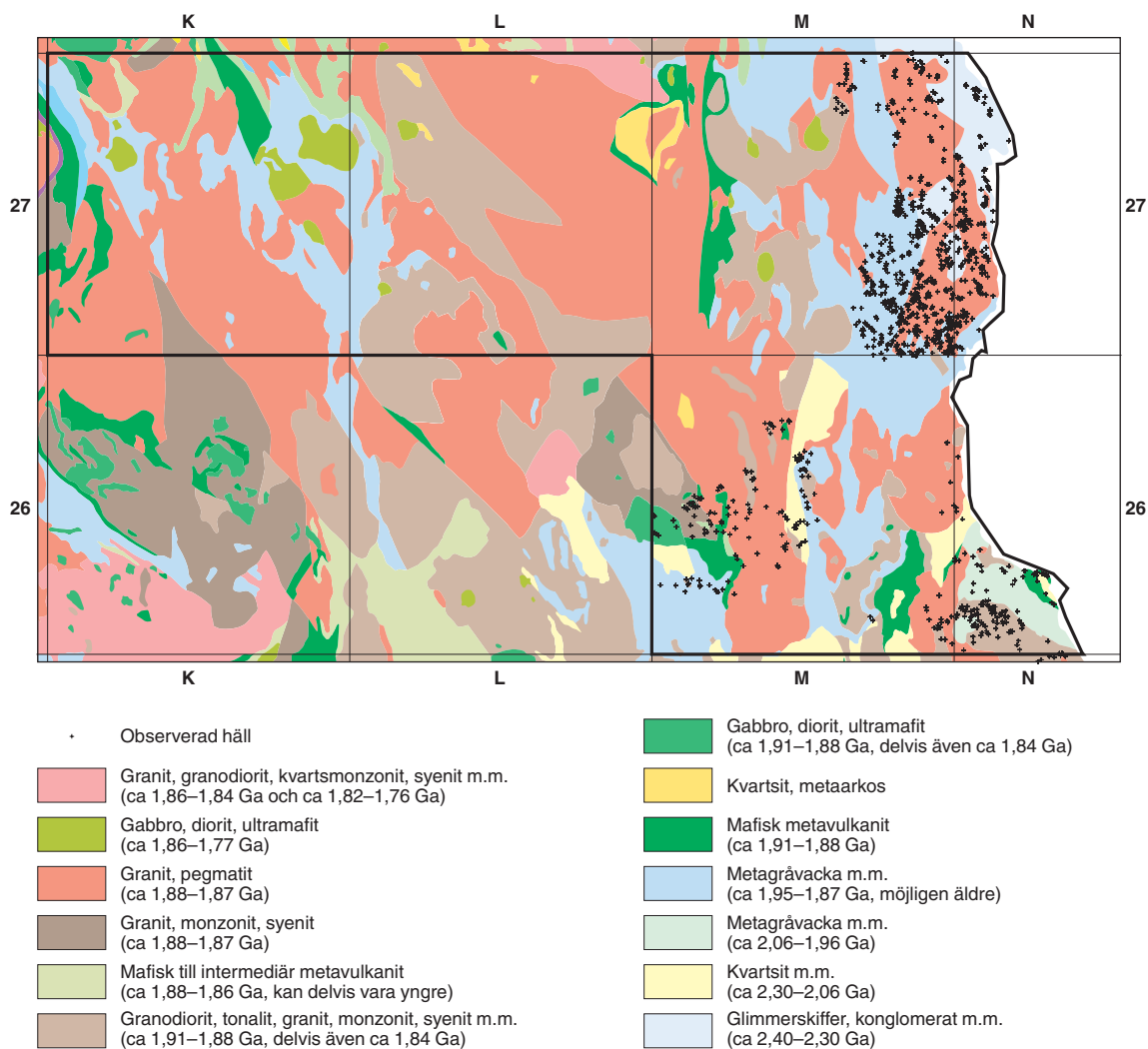


Fig. 1. Projektområdet med kartområdena markerade (tjock svart linje) på ett utsnitt av berggrundskartan över fennoskandiska skölden (Koistinen m.fl. 2001). Svarta plus markerar hållar besökta sommaren 2005.

## Berggrunden i projektområdet

Mellersta Norrbotten uppvisar en stor spännvidd i både bergartstyper och bildningsåldrar. De äldsta bergarterna tillhör den arkeiska delen av den fennoskandiska skölden, dvs. de är äldre än 2,5 miljarder år. Inom projektområdet är det för närvarande osäkert i vilken utsträckning arkeisk berggrund är exponerad. Isotopgeokemiska data visar dock att arkeiskt material finns på djupet, under de yngre bergarterna. Sydost, liksom väster och nordväst om projektområdet förekommer enstaka större och mindre områden med omkring 2,7 miljarder år gamla bergarter som ligger likt isolerade, uppstickande öar i den yngre berggrunden. Dessa, de allra äldsta representanterna för Sveriges geologiska utveckling, består både av metamorfa (omvandlade under höga tryck och temperaturer) ytbergarter och djupbergarter. Merparten av den arkeiska berggrunden i den norra delen av den fennoskandiska skölden har påverkats av åtminstone två regionalmetamorfa händelser.

Rester av något yngre ytbergarter, tillhörande de omkring 2,4 till 1,96 miljarder år gamla karelska bildningarna, pålagrar den arkeiska berggrunden. Dessa yngre, ursprungligen sedimentära och vulkaniska bergarter avsattes i anslutning till en isärslitning (*"rifting"*) av den dåvarande arkeiska kontinenten. De karelska bergarterna inom detta generella område brukar hänföras till de så kallade Kovo- och grönstensgrupperna och finns också representerade i lokala stråk mot norr samt nordväst om projektområdet. Bergarter av denna typ har liksom de arkeiska en ännu större utbredning i Finland. Den ännu yngre, svekofenniska delen av berggrunden pålagrar de karelska bergarterna, och båda grupperna är omvandlade av de höga tryck och temperaturer som rådde under den svekokarelska bergskedjebildning för ca 1,9–1,8 miljarder år sedan. De svekofenniska bergarterna är omkring 1,96–1,85 miljarder år gamla och består av ursprungligen sedimentära och vulkaniska avsättningar. De genomslås i sin tur av något yngre intrusiva bergarter, bland annat de så kallade Haparanda- och pertitmonzonitsviterna. De senare är endast delvis metamorfa och deformerade, vilket visar att de bildades under bergskedjebildningens slutskede.

I området förekommer också större massiv med yngre, omkring 1,8 miljarder år gamla graniter, på flera ställen associerade med granitpegmatiter. De sammanfattas vanligen under beteckningen Linagraniter. Utöver dessa finns en svit med ungefär likåldriga graniter, syenitoider och gabbroider samt mindre mängder med yngre mafiska bergarter (gabbro, diabas).

Flera av bergartstyperna inom projektområdet innehåller mineraliseringar. Tidigare prospekteringsverksamhet har bland annat inbegripit undersökning av förekomster med nickel, guld, koppar, zink och molybden samt industrimineral som grafit, kvarts och fältspat.

## Geofysiska flygmätningar

Flygmätning av det magnetiska totalfältet och den naturliga gammastrålningen gjordes 1969–1970 över kartområdena 26M Överkalix och 26N Karungi. Den norra delen av 27 M Korpilombolo mättes redan 1961, men då mättes endast det totalmagnetiska fältet. Den södra delen mättes 1970 med samma insamlings teknik som för 26M Överkalix och 26N Karungi.

År 1969, då en fluxgate-magnetometer användes, hade mätningarna av det magnetiska totalfältet en noggrannhet på ca  $\pm 10$  nT, och då Trums-magnetometern började användas 1970 förbättrades noggrannheten till ca  $\pm 5$  nT. Som jämförelse kan noteras att den idag är ca  $\pm 0,2$  nT. Lägesbestämningen skedde genom visuella markeringar på en karta längs flygstråk. Denna var tyvärr ej i nivå med dagens GPS-precision som har en noggrannhet på ca  $\pm 10$  m i horisontalld, eller radarmätning som har en noggrannhet på ca  $\pm 5$  m i höjdd. Flyglinjeavståndet var 200 m, flyghöjden 30 m och flygriktningen ost–västlig för de flygmätningar som SGU gjorde inom hela projektområdet.

LKAB utförde flygmätning 1986 över delar av norra delen av 27 M Korpilombolo. Flyglinjeavståndet var 200 m, flyghöjden 30 m och flygriktningen ost–västlig. Lägesbestämningen gjordes med en dopplerpositioneringsmetod. Den magnetiska mätningen har en noggrannhet på ca  $\pm 2$  nT. Utöver mätning av den naturliga gammastrålningen ingick även mätning av elektriska ledare, vilket skedde med två elektromagnetiska mätmetoder: EM-slingram med 1 frekvens och VLF-data från 2 sändare. Inom 27M Korpilombolo finns dock bara VLF-data från 1 sändare.

Områden med gammastrålningsinformation och elektromagnetiska data finns överförda på översiktbilder tillsammans med den del som SGU har mätt radiometriskt. Dessa ytor är inlagda på en bild över projektområdet (fig. 2). SGU har för betydande delar av 27K Nattavaara och delar av 27L Lansjärv även erhållit magnetiska flygmättningsdata från North Atlantic Natural Resources AB (NAN). Boliden AB och NAN har även välvilligt lovat att SGU får ta del av de elektromagnetiska mätningar de har över projektområdet.

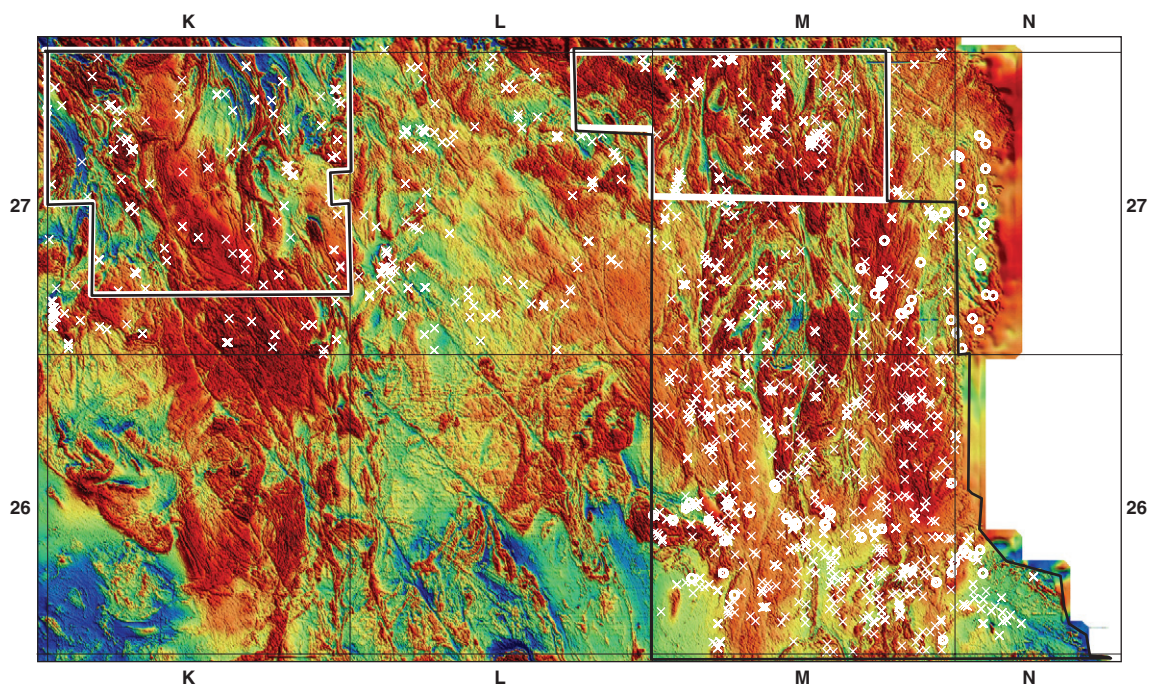


Fig. 2. Områden med gammastrålningsinformation (svart ram) och elektromagnetiska data (vit ram) på ett flygmätt magnetiskt underlag. Provtagningspunkter för parametermätningar (x) och spektrometermätningar (o).

### Geofysiska markmätningar

LMV utförde de första tyngdkraftsmätningarna i området redan 1947. Dessa mätningar kompletterades vid mätkampanjer under 1960-, 1970-, 1980- och 1990-talen. Under 2000-talet har SGU gjort mätningar vid mer än 1000 punkter, och tyngdkraftsdatabasen över området omfattar nu resultat från över 4 100 mät-punkter vilket motsvarar 1 mätning per 5 km<sup>2</sup>. Resultaten kan redovisas som en Bougueranomalikarta med mätpunkterna markerade (fig. 3).

I samband med Nordkalottprojektet och prospekteringskampanjer har geofysiska undersökningar bedrivits i området (Arkko 1986a, 1986b, 1987, Arkko & Lind 1986, Granar m.fl. 1986, Henkel m.fl. 1983, Henkel 1990, 1991, 1993, Korhonen 1989, Korhonen m.fl. 1998). De mätresultat som finns från dessa undersökningar är mycket omfattande. Läget av parametermätta prover finns redovisade i figur 2.

### Fältarbeten 2005

Fältarbetet inleddes med en exkursion för dem som skulle arbeta inom projektet men lockade även deltagare från projektet Moskosel–Harads. Claes Mellqvist ledde den del av exkursionen som ägde rum i Luleå–Haparandaområdet. Den berörde arkeiska bergarter och tidigproterozoiska bergarter som omfattade meta-gråvackor, metavulkaniter, Haparanda- och Degerbergsgranitoider (1,89–1,88 Ga) samt Lina- och Edeforsgranitoider (1,8 Ga). Den andra delen av exkursionen leddes av Stefan Bergman och gick i ett stråk från Pajala till Gällivare och Jokkmokk. Metaarenit, metasiltsten, metavulkanit, gabbro samt olika granitoider (perritmonzonitsviten, Lina-, Porjus-, Jokkmokk- och Haparandagranit) representativa för norra Norrbotten visades.

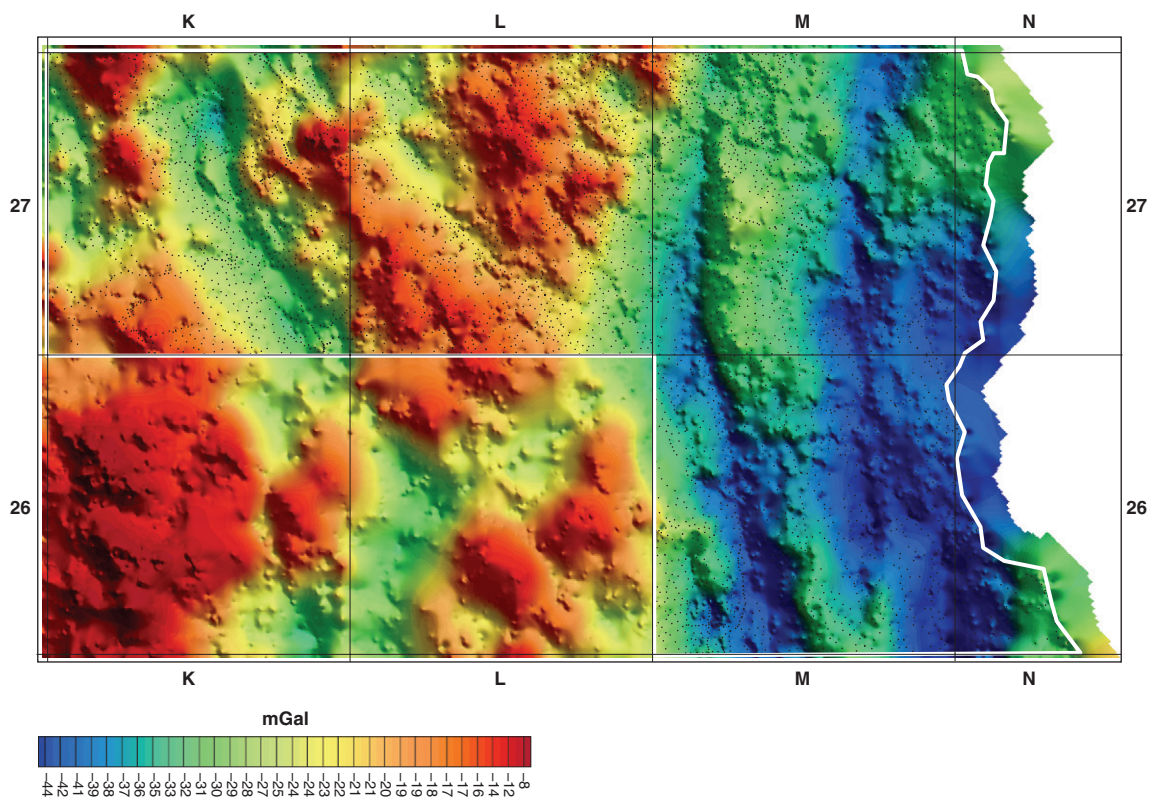


Fig. 3. Bougueranomali-karta med mätpunkterna inlagda.

Direkt efter exkursionen hölls en ”synkroniseringsdag” med genomgång av vilka moment en hällobserveration omfattar, hur dessa skall utföras samt vilka resultat som förväntades vid sommarens fältarbeten.

Det geofysiska fältarbetet har inriktats helt på spektrometermätningar. En extrageofysiker (Linda Ormann) har, med hjälp av de karterande geologerna, gjort mätningar på 79 lokaler (234 mätpunkter) under 20 arbetsdagar inom 27M Korpilombolo, 27N Svanstein, 26 M Överkalix och 26N Karungi. Ett antal kompletterande parameterprover har insamlats. Utvärderingen av gammastrålningsresultaten och hälsusceptibilitetsdata pågår.

Hälsusceptmätningarna redovisas på en karta över den magnetiska anomalibild (fig. 2) som härrör från de ytliga delarna av berggrunden. Anomalibilden har skapats genom att filtrera bort de långvågiga och därför oftast djupa anomaliorsakerna.

I slutskedet av fältsäsongen korrelerades fältarbetsinsatserna i samband med en arbetsexkursion.

Fältarbetsresultat 2005:	Plan km <sup>2</sup>	Resultat km <sup>2</sup>
27M Korpilombolo, 27N Svanstein	700	900
26 M Överkalix och 26N Karungi	700	834

## KARTOMRÅDET 27M KORPILOMBOLO OCH 27N SVANSTEIN

### Tidigare arbeten

Tidigare är området i sin helhet endast karterat i översiktlig skala 1:400 000 (Ödman 1957). På basis av Ödmans och hans medarbetares observationer, samt fläckvisa senare (opublicerade) prospekterings- och karteringsinsatser i bland andra kartområdena 27M och N, sammanställdes områdets geologi översiktligt inom Nordkalottprojektet (Silvennoinen m.fl. 1987) och sedermera också som en (opublicerad) digital karta i skala 1:250 000.

### Karteringsarbetet 2005

Fältsäsongen 2005 genomfördes kartering i kartområdet 27N Svanstein samt i östra kanten av 27M Korpilombolo. Totalt täcktes ca 900 km<sup>2</sup> (jfr fig. 1). Det geologiska fältarbetet utfördes av Erik Jonsson, Vladislav Stejskal och Daniel Boman och det geofysiska av Linda Ormann.

### Berggrunden i området

Berggrunden i mellersta Norrbotten är uppbyggd av paleoproterozoiska bergarter med åt öster tilltagande inslag av komponenter som derivaterats ur en sannolikt underliggande arkeisk berggrund. Det senare har främst påvisats med isotopgeokemiska metoder (se t.ex. Öhlander m.fl. 1987, 1993). Förutom av äldre, relativt högmetamorfa yt- och djupbergartsgnejser genomslås hela karteringsområdet av stora volymer granitiska till pegmatitiska bergarter, vilka tillhör den så kallade granit–pegmatitassociationen (ca 1,81–1,78 Ga, "Linagranitsviten", Ödman 1957, Bergman & Skiöld 1998, Bergman m.fl. 2001, Bergman m.fl. 2002). Karteringsområdet karakteriseras av lokalt dålig blottningsgrad, med fläckvisa koncentrationer av håll på höjdryggar och större myrområden däremellan. I vissa delområden kan även höjdpartierna vara dåligt blottade på grund av draperande täcken av moränmaterial. Orienteringen av myrstråken sammanfaller delvis väl med den generella orienteringen av storskaliga magnetiska lineament.

### Ytbergarter

Enligt vad som är känt för närvarande representeras undersökningsområdets troligen äldsta bergarter av relativt högmetamorfa metasedimentära bergarter (den s.k. Korpilombologruppen, se t.ex. Silvennoinen m.fl. 1987). Baserat på korrelationer med klassificeringen i Finland, har det östligaste segmentet av detta övervägande metasedimentära paket hänförs till den karelska Kovogruppen i området norr om området 27N Korpilombolo, medan ytbergarterna i den västra delen klassificerats som svekofenniska (Bergman m.fl. 2001). I den östra delen av området utgörs ytbergarterna vanligen av glimmerförande kvarts-fältspatdominerade, i varierande grad bandade metaarkosiska till kvartsitiska gnejser (fig. 4a). De innehåller vanligen rikligt med nästan konforma till tydligt klippande gångar, ådror och partier av granitiska till pegmatitiska bergarter. På några lokaler uppträder ställvis kraftigt grönfärgade typer av kvartsitiska bergarter. Färgningen har sitt ursprung i närvaron av fuchsitisk glimmer (kromhaltig muskovit) i vissa band. Troligen är detta en effekt av mobilisering av krom ur lokalt förekommande detritisk kromit i de ursprungliga sedimenten. I vissa fall är de kvartsitiska till metaarkosiska bergarterna kraftigt omkristalliserade, förgrovade och allmänt glimmerförande. De kan då vara svåra att särskilja från de svagt folierade, yngre granitiska bergarter som uppträder allmänt inom området. Detta gäller särskilt då de senare ställvis kan innehålla rikligt med diffusa slamsor eller restitiska spökstrukturer.

Inom de enheter som domineras av metasedimentära bergarter förekommer sporadiska små partier med bandade, fin- till medelkorniga sekvenser som är rika på mafiska mineral, vanligen amfibolitiska och epidotförande. De motsvarar troligen basiska metavulkaniska inlagringar och har hittills ej observerats i några sammanhängande stråk.

I anslutning till den tydliga nord–sydliga gränsen mellan ett relativt lågmagnetiskt och diffust mönstrat

område längst i öster och mer högmagnetiska, ungefär nordnordostligt till nordostligt strykande, tydligt bandade magnetiska mönster i väster, börjar mer samlade och karteringstekniskt uthålligare stråk av metasedimentära bergarter att uppträda. De domineras lokalt av övervägande kvartsitiska till metaarkosiska typer, men successivt uppträder också större volymer av sannolikt metapelitiskt material, vilka nu representeras av ådriga, på flera platser starkt migmatitiska och ”slamsiga” sedimentgnejs (fig. 4b). I de senare har sillimanit, cordierit och granat observerats på några lokaler. Sillimaniten är fibrolitisk och uppträder som skiviga linser och radiella aggregat, huvudsakligen orienterade parallellt med biotitaggregaten. Granat och sillimanit har endast observerats tillsammans på en lokal. I en biotit-muskovit-sillimanitförande gnejs av möjligt ytbergartsursprung har även metamorft bildad korund påträffats i form av distinkta porfyroblaster. De biotitrika sedimentgnejserna uppvisar ofta markant högre susceptibilitetsvärden än de kvartsitiska till metaarkosiska bergarterna.

### Äldre intrusivbergarter

Metadioritoider, vanligen i varierande grad folierade amfibol-biotitrika, medelkorniga eller medel- till grovkorniga bergarter, uppträder på många håll som någon till några meter stora inneslutningar i yngre granitiska till pegmatitiska bergarter. Större sammanhängande kroppar av metadioritiska bergarter är däremot till synes mera sparsamt förekommande.

En något större kropp av diorit till gabbro, vilken till synes är äldre än granit-pegmatitassociationens bergarter, uppträder vid Mettjärvi (27M). Bergarten är dock övervägande massformig, med endast lokala zoner med penetrativ foliation samt talrika, klippande gångar av granitiskt och pegmatitiskt material och kvartsdominerade sprickfyllnader. I anslutning till de penetrativa deformationszonerna är den annars till synes amfibol-plagioklasdominerade bergarten starkt biotitomvandlad. Bergarten är generellt högmagnetisk och dess uppträdande sammanfaller också med en markant, lokal magnetisk anomali. Mindre mängder sulfider uppträder disseminerade i bergarten, och är på något enstaka ställe associerade med sekundära kopparmineral.

Metagranitoider uppträder allmänt i hela det undersökta området, vanligen som större och mindre fragment i granit-pegmatitassociationens bergarter. En huvudtyp är distinkt fältspatporfyrisk och uppvisar mestadels en distinkt foliation som i många fall smiter runt de rektangulära till rundade fältspatkristallerna (fig. 4c). Den uppträder i några delområden som något större sammanhängande kroppar. Metagranitoidernas vanligen relativt högmagnetiska natur gör att de delvis kan skiljas ut i den magnetiska anomalibilden. I mindre mängd förekommer mera jämnt medelkorniga, folierade granitiska bergarter, företrädesvis som fragment i granitiskt till pegmatitiskt material. Dessa är dock ofta svåra att skilja ut i fält, i synnerhet i områden som är rika på heterogent fördelade fragment av andra äldre, folierade bergarter, främst av metasedimentär natur.

I något mindre vid geografisk utsträckning uppträder röda, något porfyrisk till nästan jämnkorniga, kalifältspatrika granitiska bergarter. I sitt fältutseende verkar de variera från granitiska till kvartssyenitiska eller kvartsmonzonitiska sammansättningar. De är generellt något svagt till mycket svagt folierade, men uppvisar samma fältrelationer gentemot klippande gångar och ådror av granit till pegmatit som ovanstående metagranitiska och metadioritiska bergarter.

### Yngre intrusivbergarter

Hela det aktuella undersökningsområdet karakteriseras av närmast överallt närvarande, i många fall omfattande volymer av mestadels heterogena granitiska till pegmatitiska bergarter, som är massformiga eller svagt folierade. Foliationen syns främst i mer jämnkorniga granitiska typer, där en planparallellitet hos de spridda biotitaggregaten på många ställen är uppenbar i färskta ytor. Den vittrade bergartsytan ger däremot som regel ett massformigt intryck. De granitiska till pegmatitiska enheterna uppträder nästan konformt till tydligt klippande mot alla övriga bergarter och innehåller vanligen större och mindre, distinkta fragment av dem (fig. 4d). Därutöver uppträder varierande mängder av otydliga, spökstrukturartade, biotitdominerade inneslutningar i de granitiska leden. De har tolkats som delvis uppsmälta rester av äldre bergarter.



Fig. 4. Foton av bergarter från kartområdena 27M Korpilombolo och 27N Svanstein. Koordinater i rikets nät. **A.** Diffust bandad, ådrig metaarkosisk gnejs (7433046/1850140). **B.** Migmatitisk, kraftigt ådrad sillimanitförande sedimentgnejs (7426027/1841176). **C.** Folierad fältspatporfyrisk granitoid, delvis med små plastiska deformationsstråk (7430757/1855032). **D.** Fragment av bandade och veckade metasedimentära bergarter (metakvartsit-metaarkos med glimmerrika band) i yngre pegmatit till granit (7405711/1849415).

I den östra delen av det karterade området dominerar heterogent granitiskt till pegmatitiskt material i merparten av de observerade hållarna. De stora volymerna av mer pegmatitisk karaktär uppvisar generellt snabbt varierande kornstorlek, saknar normalt tendenser till en utvecklad zonerings och innehåller vanligen skriftgranitiska partier med likaledes varierande kornstorlek. Grövre ansamlingar med pegmatitiskt material förekommer också, och mer reguljära pegmatitgångar med mer eller mindre diffus kärnlignande kvartskörtlar har observerats (fig. 5). Dessa gångar har en mineralogiskt och geokemiskt relativt primitiv karaktär med sparsam mineralflora. Förutom kvarts, fältspat och glimrar har körtlar av magnetit och ilmenitliknande mineral i form av euhedra till subhedra kristaller observerats på flera lokaler samt i block.



Fig. 5. Kvartskörtel med grov kristall av kalifältspat i granitpegmatit (7424853/1842677), koordinater i rikets nät.

## Strukturella drag och deformation

Området karakteriseras av flera markanta och storskaliga strukturella drag, vilka framgår både topografiskt och på den magnetiska anomalikartan (fig. 2). Ett stråk av storskaliga, ungefär nord-sydliga plastiska deformationszoner skär igenom området, subparallellt med den så kallade Pajalazonen (Bergman m.fl. 2001). Den magnetiska anomalibilden över området karakteriseras också av en tydlig skillnad mellan ett relativt lågmagnetiskt område längst i öster, och bandade, mer högmagnetiska bergarter längre västerut. Det östligaste området domineras av stora volymer med flackt liggande, lågmagnetiska granitiska till pegmatitiska bergarter (granit-pegmatitassociationen). Den snabba övergången till ett distinkt bandat mönster mot väster representerar en övergång till sammanhängande områden som domineras av brantstående, främst metasedimentära bergarter, med ett större inslag av relativt sett högmagnetiska sedimentgnejser.

Förhållandevis få större deformationszoner har observerats under det gångna fältarbetet, och det är möjligt att de flesta av dem sammanfaller med låglänta terrängområden. Observerade högtempererade deformationszoner uppvisar företrädesvis nord-sydliga till nordostliga strykningsriktningar. Spröda förkastningszoner uppträder bland annat med en nordvästlig orientering och kan delvis korreleras med relativt smala, lågmagnetiska stråk i den magnetiska anomalikartan (fig. 2). I flera fall uppträder också ungefär nordnordostligt till nordostligt strykande zoner med stark skiffrihet och spröd tektonisering (fig. 6).

Till största delen sammanfaller strykningsriktningarna hos foliationen, bandningen och gnejsigheten i de äldre bergarterna med de storskaliga nord-sydliga till nordostliga magnetiska anomalimönstren. De äldre bergartsenheter är övervägande isoklinalt veckade. Generellt stupar de observerade veckaxlarna ungefär mot sydsydväst. I de granitiska leden av granit-pegmatitassociationen uppträder en allmän, relativt svag men ändå märkbar foliation. Bergman m.fl. (2002) har observerat liknande relationer och en parallellitet mellan den kraftfulla foliationen i Haparandasvitens bergarter och den svagare foliationen i en Linagranit i dess typområde nordväst om Gällivare. Likartade relationer har också observerats på andra lokaler, t.ex. norr om det här aktuella karteringsområdet (Bergman m.fl. 2001).



Fig. 6. Selektivt eroderad häll med lokalt deformerade ytbergartsognejser och inslag av yngre granitiska till pegmatitiska bergarter. Strandhäll vid Torne älv (7428941/1855140), koordinater i rikets nät.

## Naturresurser

Förutom små mängder av sporadiskt uppträdande disseminerade sulfider, främst i intermediära till basiska bergarter, har inga observationer av metalliska mineraliseringar gjorts i det karterade området under 2005. Ett molybdenglansliknande mineral skall ha påträffats i någon häll i området (K. Lantto, muntl. medd.), men detta har ej kunnat verifieras vid fältbesök. Ett större block med en svagt sulfidförande, basisk till ultrabasisk bergart har observerats, och sulfider förekommer allmänt i små mängder i diorit- till gabbrokroppen vid Mettjärvi (se ovan). En eventuell förekomst av zirkon finns omnämnd av Shaikh m.fl. (1986).

Området innehåller flera bergarter, främst bandade och veckade metaelitiska till metaarkosiska/kvartsitiska sedimentgnejser samt grönfärgade (fuchsitisk muskovit) kvartsitiska bergarter, med viss potential som block- eller ornamentsten och försöksverksamhet på dessa har bedrivits i mycket liten skala.

## KARTOMRÅDET 26M ÖVERKALIX OCH 26N KARUNGI

### Tidigare arbeten

Efter 12 års karteringsarbete under ledning av Olof Ödman publicerades år 1957 en berggrundskarta över urberget i Norrbottens län i skala 1:400 000 (Ödman 1957). Geologisk kartering samt geofysiska och geo-kemiska arbeten har därefter bedrivits i samband med malmprospektering, bland annat inom ramen för projektet ”Basprospektering i Norrbottens län” (Sveriges Geologiska AB 1984), och även en berggrunds-geologisk karta i skala 1:100 000 har sammanställts (Sjöstrand m.fl. 1984). Bergartsgränser från sistnämnda sammanställning ligger till grund för tolkningen av området i berggrundskartan i skala 1:1 miljon inom ramen för projekt Nordkalotten (Silvennoinen m.fl. 1987, Korhonen, red. 1989). En något förenklad berggrundskarta i skala 1:1,25 miljoner av T. Lundqvist m.fl. presenterades därefter i Berg och Jord (Sveriges Nationalatlas 1994).

### Karteringsarbetet 2005

Under fältsäsongen 2005 karterades nästan hela kartområdet 26N Karungi och den angränsande delen av 26M Överkalix (ca 350 km<sup>2</sup>) samt den västra, centrala delen av kartområdet 26M (ca 484 km<sup>2</sup>), således totalt 834 km<sup>2</sup>. Det geologiska fältarbetet utfördes av Christer Åkerman samt extrageologerna Annika Kruuna och Lina Åberg. Det geofysiska fältarbetet genomfördes under två veckor av Linda Ormann och bestod av strålningsmätning.

### Berggrunden i området

Generellt sett är berggrunden inom kartområdena 26M och 26N relativt välblottad. Ett karaktäristiskt drag är växlingen mellan många hundra meter långa hållblottningar och ansamlingar av lokala block nära och på höjdryggarnas toppar (fig. 7 a). Dock finns ett par större myrområden där förekomsten av hållar är liten, framför allt i stråket Koijuvuoma–Kaartivuoma inom 26N.

Att döma av äldre kartmaterial och av vad som framkommit under årets fältarbete består den östra delen av 26M samt hela 26N till över hälften av ytbergarter (metasedimentära bergarter och mafiska metavulkaniter), medan den västra delen av 26M till övervägande del utgörs av intrusiva bergarter (svekokarelska). En sammanvägning av bergartsbeskrivningar och bergartsindelningar från tidigare arbeten (Silvennoinen m.fl. 1987, Lundqvist m.fl. 1994, Bergman m.fl. 2001) visar den sannolika åldern för olika bergartsled och var dessa kan förväntas inom kartområdet, jfr nedan:

Karelska bergarter, metasedimentära och metavulkaniska, 2,4–1,96 Ga

- Korpilombologruppen, huvudsakligen inom 26M NO
- Persomajärvgruppen, huvudsakligen inom 26M NO och SO
- Jouttiaapaformationen, 26N SO
- Sockbergetgruppen, huvudsakligen inom 26M SV och SO

Svekofenniska ytbergarter, metasedimentära och metavulkaniska, 1,96–1,85 Ga

- Martimoformationen, 26N SO
- Råneågruppen, huvudsakligen inom 26M SV och SO
- Kiruna–Arvidsjaurkomplexet, huvudsakligen inom 26M SV

Svekokarelska intrusivbergarter, gabbroider-granitoider m.m., 1,89–1,75 Ga

- Haparandasviten, alla kartområden
- Pertitmonzonitsviten, 26M SV och NV
- Granit-pegmatitassociationen inklusive Linagranit, alla kartområden
- Brännagranit och diabaser, alla kartområden



Fig. 7. Foton av bergarter från kartområdena 26M Överkalix och 26N Karungi. Koordinater i rikets nät. **A.** Lokala block av senorogen granit på toppen av berget Tuorevaara (7367204/1851592). **B.** Flacka veckaxlar i metagråvacka tillhörande Persomajärvgruppen (7371307/1823507). **C.** Granit- och pegmatitgångar i amfibolit tillhörande Persomajärvgruppen (7373760/1821947). **D.** Graderad skiktning i metagråvacka tillhörande Martimoformationen (7360165/1854348).

## Ytbergarter

Korpilombologruppen, som inkluderar kvartsiter, metaareniter, skifferar, karbonatbergarter och mafiska metavulkaniter, anses representera kartområdets äldsta bergarter. De har inte påträffats inom sommarens fältarbetsområde.

De näst äldsta bergarterna anses vara kvartsiter, metaareniter och mafiska metavulkaniter tillhörande Sockbergetgruppen och Persomajärvgruppen. Den senare utgörs huvudsakligen av paragnejs, biotit-amfibolgnejs (amfibolit) och metagråvackor (fig. 7 b, c). Amfiboliternas bildningssätt varierar, från subvulkaniska lagergångar och tuffitiska metavulkaniter till sedimentära lager. Likaså varierar deras magnetiska susceptibilitet från 2 500–5 060 och 4–489 till 32–140 (samtliga värden  $\times 10^{-5}$  SI-enheter). Persomajärvgruppens bergarter har generellt en högre magnetiseringsnivå och högre densitet än Sockbergetgruppens metaareniter och kvartsiter, vilkas magnetiska susceptibilitet mätts till  $0\text{--}27 \times 10^{-5}$  SI-enheter. I kartområdet 26M har dessutom observerats inslag av kalksilikatbergarter och amfibolskarn, lokalt med sprickfyllnader av scheelit.

Juottiaapaformationen ("Kalix grönstensgrupp") består i stort sett av mafiska metavulkaniter med underordnad kvartsitisk metagråvacka. Inom kartområdet 26N SO finns den mellan byarna Korpikylä och Potila utmed Torneälven som en antiform struktur och utgör där en västlig del av ett större område som utbreder sig mot ostnordost in i Finland. Den vanligen något folierade, finkorniga metabasalten är delvis splitisk med mandlar och fläckar av kalcit-epidot och kvarts-plagioklas. Metabasalten innehåller regelbundet dissemination och sprickor med sulfider, huvudsakligen magnetkis men lokalt även pyrit och kopparmineral. Bergarten är relativt välbevarad och metamorfosgraden bedöms som låg. "Grönstenens" magnetiska susceptibilitet är vanligen  $40\text{--}80 \times 10^{-5}$  SI-enheter, men värden mellan 1 220 och  $3740 \times 10^{-5}$  SI-enheter har uppmätts.

Juottiaapaformationen överlagras av Martimoformationens kvartsitiska till pelitiska metasedimentära bergarter. De utbreder sig inom kartområdet 26N, mellan Karungi i söder och Hedenäset i norr och utgör en direkt fortsättning på den sekvens av ytbergarter som kan följas till Rovaniemi i Finland. Metagråvackor som består av växellagrade, pelitiska och psammitiska led uppvisar lokalt primärstrukturer. På Tuorevaara (26N) finns graderad skiktning som visar uppåt mot söder i lagringen (fig. 7 d). Meterbreda lager eller band av glimmerskiffer är vanliga, medan tunnare amfibolrika band förekommer sporadiskt. Zoner (1–3 meter breda) med disseminerad magnetkis är tämligen vanliga, framför allt i de glimmerrikare leden, ställvis tillsammans med lite grafit. Även kopparkis har observerats i zonerna. Ett vanligt fenomen är växlingen mellan band med gropar (4–5 mm i diameter) och band med uppstickande knölar av samma dimensioner. Groparna är troligen resultatet av vittrad glimmer och klorit från omvandlad granat och cordierit samt möjligen av vittrad skapolit, medan knölarorna troligen utgörs av andalusit. Genomslående kvartsådror förekommer (några mm till någon cm breda), dels parallella med, dels i vinkel mot foliationen och bandningen, på vissa ställen demonstrerande kompetenskillnaden mellan leriga och sandiga lager.

Martimoformationens bergarter har förmodligen samma ursprung och ålder som Råneågruppens meta-gråvackor, vilka finns i två större områden inom 26M SV (Kvarnbergets gråvackeformation) och 26M SO (Flakabergets gråvackeformation). Metamorfosgraden är dock högre i Råneågruppen, särskilt i Flakabergets gråvackeformation, och bergarterna är vanligen omvandlade till migmatitiska biotitgnejser. Den magnetiska susceptibiliteten för gråvackeformationerna inom kartområdet är koncentrerad till intervallet  $16\text{--}70 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

De yngsta ytbergarterna i kartområdet antas vara de metavulkaniter som finns väster och söder om Överkalix. De har samlats under begreppet Storbergets vulkanitformation som en del av Kiruna–Arvidsjaurkomplexet. Bergarterna utgörs av finkorniga, delvis porfyriska och felsiska samt basiska, amfibolitiska metavulkaniter. Susceptibiliteten varierar mellan låga ( $<10 \times 10^{-5}$  SI-enheter) och höga värden ( $5\,060\text{--}9\,980 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Metavulkaniterna är vanligen breccierade av granitoider och folierade samt lokalt förgrovade i samband med migmatitisering. Utbredningen av dessa metavulkaniter och deras egentliga stratigrafiska ställning är ännu oklar.

## Intrusivbergarter

De äldsta svekokarelska intrusivbergarterna är de som ingår i Haparandasviten. Sammansättningen varierar från gabbro till granodiorit, troligen även till monzonitiska typer, eventuellt till granit. Den typiska bergarten i kartområdet är en medelkornig, svart-vitspräcklig, folierad eller stänglig tonalit till granodiorit, vanligen med större eller mindre inneslutningar av kvartsdiorit till diorit eller gabbro (fig. 8 a). Den magnetiska susceptibiliteten varierar mellan 17 och  $1\,410 \times 10^{-5}$  SI-enheter för tonalit till granodiorit, mellan 200 och  $400 \times 10^{-5}$  SI-enheter för kvartsdiorit samt mellan  $32\text{--}79 \times 10^{-5}$  SI-enheter (vid Kukasjärvi) och  $890\text{--}1\,690 \times 10^{-5}$  SI-enheter (vid Karhuvaara) för gabbro. Den typiska tonalitiska till granodioritiska bergarten är i högre eller lägre grad intruderad eller breccierad av granit och pegmatit, ställvis helt innesluten i dessa bergarter (fig. 8 b).

Pertitmonzonitsviten förmodas bestå av bergarter som varierar i sammansättning från gabbro till kvartsmonzonit, med övergångar från kvartsmonzonit till monzodiorit och från monzodiorit till gabbro. Inom kartområdet har dessa bergarter påträffats väster om Överkalix, framför allt inom 26M. Bergarterna är vanligen massformiga och medelkorniga samt har hög magnetisk susceptibilitet,  $300\text{--}6\,260 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

Den senorogena granit-pegmatitassociationen inkluderar Linagranitsviten. Dessa heterogena graniter varierar mellan massformiga, stängliga och folierade, mellan grovkorniga och medelkorniga och mellan ljusst rödgrå till gråröda och ljusst röda varieteter. Susceptibiliteten varierar från mycket låg till hög ( $<10$  till  $1\,610\text{--}9\,630 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Den tydligt bankade graniten på Luppioberget (26M) är gråröd, medelkornig och massformig och passar väl in på beskrivningen av en massformig och odeformerad Linagranit (fig. 8 c). I granitoiden vid Lappberget (26M) strax väster om Överkalix, syns en tydligt tektoniskt betingad parallellstruktur. I andra områden förekommer en gnejsighet som beror på diffusa rester av gnejsigt material, varvid parallellstrukturen är nedärvd. Den vanligaste och förmodligen yngsta senorogena granitoiden inom kartområdet är Brännagraniten, som består av heterogena, gråröda apliter, graniter och pegmatiter. Den



Fig. 8. Foton av bergarter från kartområdena 26M Överkallix och 26N Karungi. Koordinater i rikets nät. **A.** Mafiska inneslutningar i tonalitisk bergart, möjligen magmablandning ("mingling") (7372731/1827436). **B.** Kvartsdiorit som breccierats av granitoid (7373867/1820839). **C.** Bankning i senorogen granit, Luppioberget (7378967/1849247). **D.** Skriftgranitisk pegmatit, Isakgruvan (7375403/1827685).

pegmatitgranitiska formen är den dominerande bergarten inom stora delar av kartområdet och slår igenom alla andra bergarter, utom de yngsta gångbergarterna.

Pegmatit förekommer rikligt och gångarna är upp till 10 meter breda. Lokalt kan pegmatiten ha stor utbredning på grund av att gångarna ligger mycket flackt. De har vanligen en enkel mineralogi, men i kraftledningsgatan på berget Kiimavaara (26N) finns dock en 5–10 meter bred pegmatitgång som innehåller rikligt med svart turmalin samt några stora kristaller av beryll. Gången klipper en magnetkis- och något kopparkisförande kvartsit i riktning 50 grader.

Bortsett från amfibolitiska lagergångar ses diabaser och intermediära gångbergarter endast sporadiskt, och de upptrar mycket små ytor inom kartområdet. De största gångarna intruderar Haparandasvitens tonalit på Sammalperävaara (26N), i fyra fall i riktning 10 grader, i ett fall i riktning 350 grader. Samtliga fem stupar vertikalt. Diabasgångarna (1–5 meter breda) är ställvis hornbländeporfyriska, boudinerade och folierade och har ställvis en svag dissemination av magnetkis. Den magnetiska susceptibiliteten är ca  $50 \times 10^{-5}$  SI-enheter, vilket är lägre än tonalitens genomsnittliga  $500 \times 10^{-5}$  SI-enheter. De hypabyssiska bergarter som iakttagits är oftast av dacitisk till andesitisk sammansättning, finkorniga, lokalt porfyriska och vanligen något folierade. De är meterbredda på vissa ställen, t.ex. Kiimavaara (26N), men är mestadels bara någon eller några decimeter breda och brant stupande. De förekommer i såväl metasedimentära bergarter som i senorogena granitoider, till synes med samma riktning som de regionala deformationszonerna. På berget Kenkävaara (26M) är de dacitiska gångarna vanligen associerade med såväl aplit som pegmatit och har hög magnetisk susceptibilitet ( $2\,000\text{--}3\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter).

## Strukturella drag och deformation

De huvudsakligen karelska metasedimentära bergarter och mafiska metavulkaniter som förekommer i området 26N SO hänger samman med liknande bergarter i ett område söder om Rovaniemi i Finland. Bergarterna ger upphov till ett magnetiskt kraftigt bandat mönster med ostnordostlig riktning och hög magnetiseringsnivå. I gränsområdet mellan 26N och 26M bryts den trenden av ett område med magnetiskt bandat mönster med hög magnetiseringsnivå och nord-sydlig riktning samt av områden med magnetiskt oregelbundna mönster med varierande magnetiseringsnivå. I det förra fallet är det i huvudsak karelska ytbergarter som ger mönstret, i det senare svekokarelska intrusivbergarter. Pajalazonen är ett annat storskaligt strukturellt drag som är särskilt märkbart i de västra delarna av kartområdet 26M, där flera markanta, huvudsakligen nord-sydliga deformationszoner skär igenom terrängen, t.ex. Kalix älvdal. Nordnordvästliga och nordnordostliga lineament på den magnetiska anomalikartan sammanfaller väl med bergarternas strykningsriktningar för foliation, bandning och gnejsighet.

## Naturresurser

Under 1970- och 1980-talen undersöktes ett 20-tal inmutningar inom kartområdet, de allra flesta av Boliden AB och i de flesta fall med avseende på koppar. Den geologiska miljön har i regel varit sedimentär och vulkanisk, särskilt inom Persomajärvi- och Sockbergetgruppernas utbredningsområde (26M SO och NO), men även i Haparandasviten (26N SO) och i Råneågruppens metagråvackor. Boliden AB har undersökt två nickel-kopparmineraliseringar, Furuberget och Kukasjärvi (26M SO). Den förra består av en differentierad mafisk lagergång med 0,3 % Ni och 0,16 % Cu i en ca 50 000 tons mineralisering. Kukasjärvifyndigheten (tidigare kallad Kotajärvi) är en ultramafisk lagergång som innehåller en 2,6 miljoner tons mineralisering med 0,4 % Ni och 0,4 % Cu. SGU har undersökt ett koboltuppslag vid Mieköjärvi och en grafitfyndighet vid Raitajärvi. En 20 meter bred pegmatit har provbrutits på kalifältspat och kvarts (Isakgruvan, 26M, fig. 8 d). Under årets fältarbete har kopparmineral observerats på flera håll i metasedimentära bergarter, och scheelit har hittats i amfibolskarn i Sockbergetgruppens ytbergarter.

## REFERENSER

- Arkko, V., 1986a: The Nordkalott project – geophysical aspects of large mafic intrusions in northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 86401*, 79 s.
- Arkko, V., 1986b: The Nordkalott project – Model calculation of magnetic and gravimetric data. *Sveriges geologiska undersökning BRAP86409*, 11 s.
- Arkko, V., 1987: SKB-Projekt bedrock stability, Tectonic studies in the Lansjärv area. Report on the magnetic dip determination, *SKB rapport 88-04*, 63 s.
- Arkko, V. & Lind, J., 1986: SKB-Projekt bergets stabilitet. Tektoniska studier i Lansjärv. Lägesrapport över kompletterande markgeofysiska mätningar, oktober 1986, *SKB rapport 88-03*, 54 s.
- Bergman, S. & Skiöld, T. 1998: Implications of ca 1.8 Ga metamorphic ages in the Pajala area, northernmost Sweden. 23. *Nordiske Geologiske Vintermøde, Århus 1998, Abstract volume*, 32.
- 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.
- Bergman, S., Persson, P.-O. & Kübler, L. 2002: U-Pb titanite and zircon ages of the Lina granite at the type locality NW of Gällivare, northern Sweden. I S. Bergman (red.): Radiometric dating results 5. *Sveriges geologiska undersökning C 834*, 12–17.
- Granar, L., Henkel, H. & Lind, J., 1986: The Nordkalott project report of petrophysical rock samples. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 86408*, 54 s.
- Henkel, H., Hult, K., Eriksson, L. & Johansson, L., 1983: Neotectonics in northern Sweden – geophysical investigations. *SKB rapport 83-57*.

- Henkel, H., 1990: Structural interpretation of gravity and magnetic data in the Nordkalott area. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 113, 260–261.
- Henkel, H., 1991: Petrophysical properties (density and magnetization) of rocks from the northern part of the Baltic Shield. *Tectonophysics* 192, 57–79.
- Henkel, H., 1993: Regional steep shear zones in northern Fennoscandia. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 76, 10–11.
- Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wennerström, M. & Korhonen, J., 2001: Geological map of the Fennoscandian Shield, scale 1:2 000 000. *Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia*.
- Korhonen, J. (red.), 1989: Maps of Northern Fennoscandia, exposition of Nordkalott Maps 28th IGC, July 9-14, 1989, Washington D.C., USA. *Geological Survey of Finland Guide* 24, 28 s.
- Korhonen, J., Aaro, S., Skilbrei, J.R., Vaher, R., Zhdanova, L., 1998: Geophysical maps of the Fennoscandian Shield 1:1 000 000. *Sveriges geologiska undersökning FRAP* 98411.
- Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1994: Sveriges berggrund i skala 1:250 000. I C. Fredén (red.): *Berg och jord. Sveriges Nationalatlas*.
- Shaikh, N.A., Kumpulainen, R., Riad, L., Snäll, S., Sundberg, A., Westlund, B. & Wik, N.-G., 1986: Industriella mineral och bergarter i Norrbottens län. *Sveriges geologiska undersökning BRAP* 86006, 128 s.
- Silvennoinen, A., Gustavson, M., Perttunen, V., Siedlecka, A., Sjöstrand, T., Stephens, M.B. & Zachrisson, E. 1987: Geological map, Pre-Quaternary rocks, Northern Fennoscandia. Scale 1:1 000 000. *Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden*.
- Sjöstrand, T., Berndtsson, A. & Nisca, D. 1984: Berggrundsbeskrivning och flygmagnetisk tolkning för Överkalix. *Sveriges Geologiska AB PRAP* 84014.
- Ödman, O. 1957: Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 41, 151 s.
- Öhlander, B., Skiöld, T., Hamilton, P.J. & Claesson, L.-Å. 1987: The western border of the Archean province of the Baltic Shield: evidence from northern Sweden. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 95, 437–450.
- Öhlander, B., Skiöld, T., Elming, S.-Å., BABEL Working Group, Claesson, S. & Nisca, D.H. 1993: Delineation and character of the Archean-Proterozoic boundary in northern Sweden. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 95, 437–450.

# Tätortsprojekt. Kartor 1:50 000 och 1:250 000

## Södra Halland, berg

Inger Lundqvist och Maria Carlsäter

### INLEDNING

Projektområdet ”Södra Halland berg, lokal och regional”, omfattar den södra delen av Halland (fig. 1). Den västra, befolkningstäta delen, utgör 1 150 km<sup>2</sup> och karteras i skala 1:50 000 (lokal kartering). Den östra, mer glesbefolkade delen, karteras i skala 1:250 000 (regional kartering) och har en yta på 1 230 km<sup>2</sup>. Projektet startade i mindre omfattning år 2003. Somrarna 2004 och 2005 har kartering pågått med början i den norra delen, och större delen av området är nu karterat. Det kvarstår en del mindre områden samt de platser som inte gick att nå på grund av stormfällad skog (orkanen Gudruns verkningar, se fig. 2).

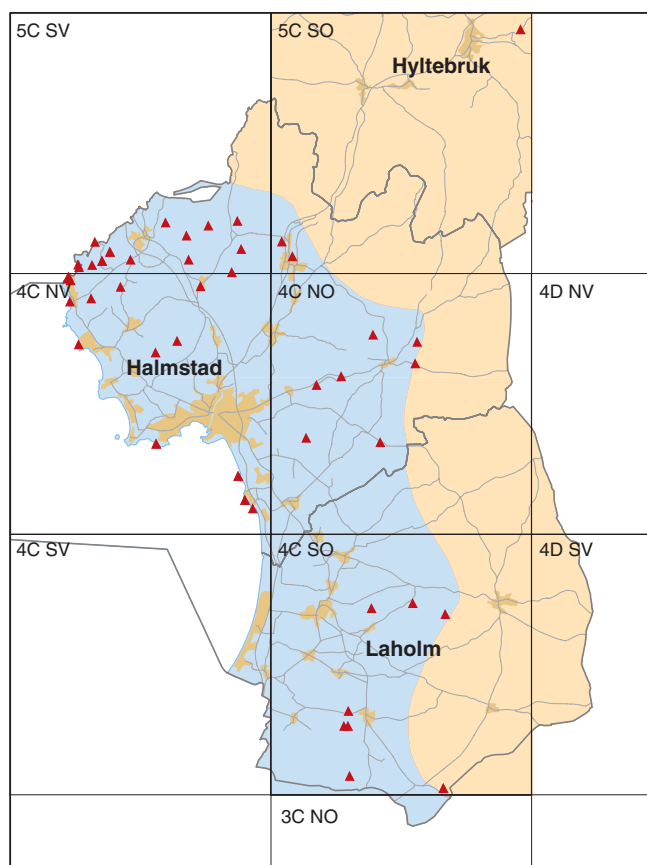


Fig. 1. Projektområdet.

- ▲ Geokemisk analys
- Lokal kartering, 1:50 000
- Regional kartering, 1:250 000

Äldre arbeten över området utgörs av kartor med beskrivningar i SGUs serie Aa i skala 1:50 000 (Hummel 1877a, Lindström 1898, Caldenius m.fl. 1966, Caldenius & Larsson 1968) och serie Ab i skala 1:200 000 (Hummel 1877b, Blomberg 1879, Lundbohm 1887, Svedmark 1893). Moderna berggrundskartor, som delvis berör området är 4C Halmstad SV (Wikman & Bergström 1987a) och 3C Helsingborg NO (Wikman & Sivhed 1992), båda i skala 1:50 000. Översiktliga berggrundskartor har gjorts av Wikman & Bergström (1987b) och Samuelsson m.fl. (1988).



Fig. 2. Stormfälld skog. Ruskatorp (6404500/1324350). Koordinater i rikets nät.

Flygmätta magnetiska och radiometriska data samt elektromagnetiska VLF-data täcker projektområdet. VLF-data är uppmätta med två sändare över hela projektområdet, vilket innebär att man erhåller en riktningsoberoende respons. Mätpunkter där tyngdkraften mätts täcker området med en punkttäthet av ca 500–1000 m i de förtätade områdena och ca 1–4 km i de regionalt uppmätta områdena. De med mätningar förtätade områdena återfinns i den norra delen av området, där kompletterande tyngdkraftsmätningar utfördes under sommaren 2004 inom ramen för programmet ”Markgeofysik, geofysisk kartering, tyngdkraft”.

Den berggrundsgeologiska karteringen har utförts av Inger Lundqvist, Thomas Eliasson, Lotta Möller och Jenny Andersson tillsammans med extrageologerna Fredrik Hellström, Oskar Aurell, Eric Austin Hegardt, Åsa Pettersson och Stefan Sandberg. Den geofysiska uppföljningen har genomförts av Maria Carlsäter. Totalt har hittills 52 prover tagits för kemisk analys (fig. 1) och 109 för tunnslip. Parameterprover för mätning av bergarternas fysikaliska egenskaper har samlats in från totalt 256 lokaler (varav orienterad provtagning skett på 17 lokaler). Gammastrålningsmätningar på berghällar har utförts på totalt 410 lokaler. Under fältsäsongen 2005 har två magnetiska profilmätningar utförts för att följa upp anomalier i flygmätta data. Mätning av markens skenbara resistivitet har skett längs tre profiler i den sydvästra delen av Halland (fig. 5), med avsikt att avgränsa lager med sedimentära bergarter som avsatts under den geologiska tidsperioden yngre krita (ca 100–65 milj. år sedan). De geoelektriska mätningarna har utförts i samarbete med Eric Hegardt, med en multielektrodustrustning från ABEM.

## OMRÅDETS GEOLOGI OCH GEOFYSIK

Kartområdet utgör en sydlig del av det så kallade ”Östra segmentet” inom den sydvästsvenska gnejsregionen. Berggrunden består huvudsakligen av magmatiska bergarter, som är ca 1 690–1 670 miljoner år gamla. De har omvandlats och deformerats kraftigt (metamorfos i granulitfacies) vid två separata tillfällen, dels för

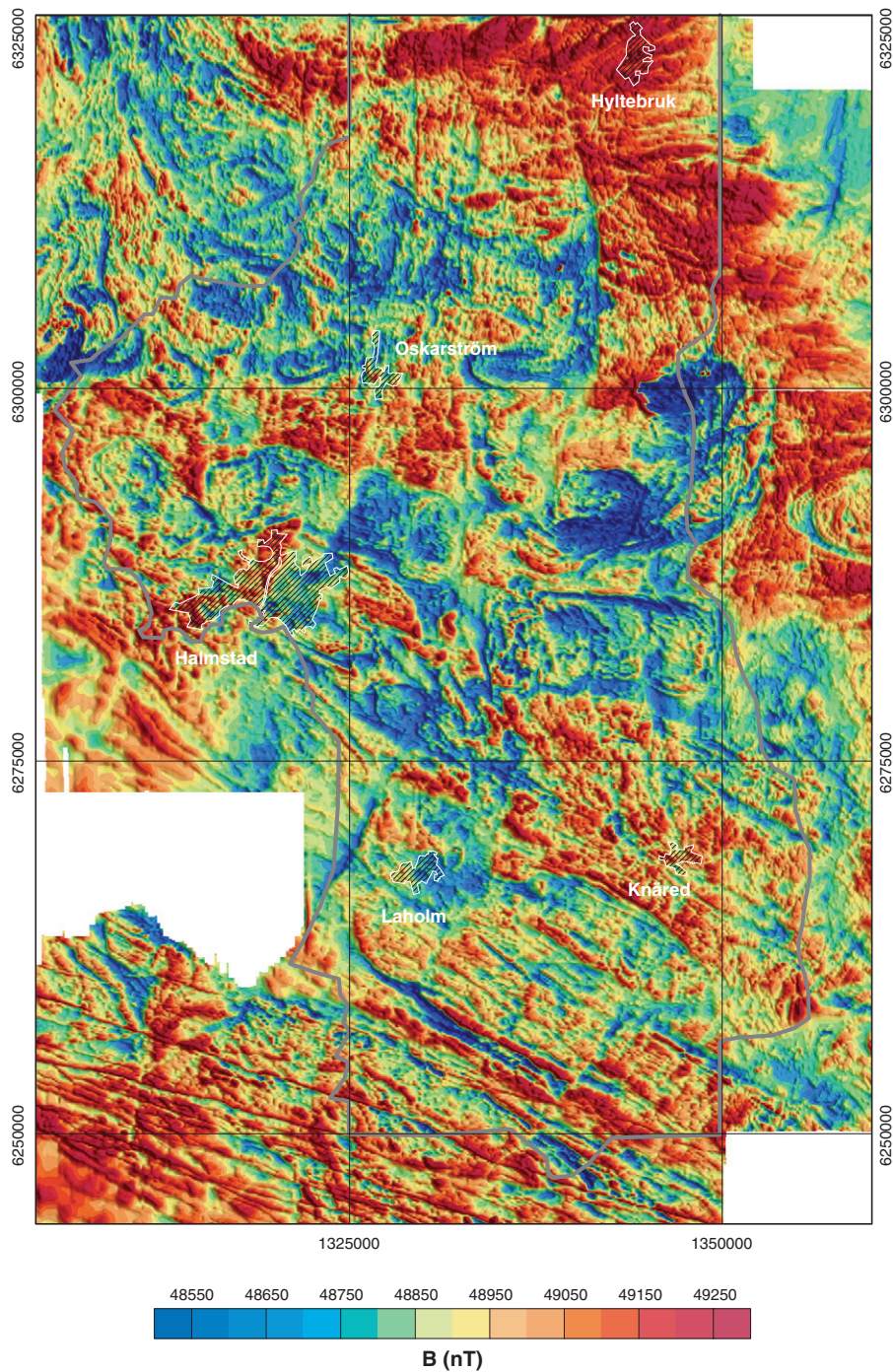


Fig. 3. Magnetisk anomalikarta över södra Halland.

ca 1 440 miljoner år sedan, dels under svekonorvegisk tid för ca 1 100–920 miljoner år sedan. I vissa små områden har omvandlingen gått så långt att bergarten charnockitiserats. Den magnetiska kartbilden (fig. 3) återspeglar områdets geologiska komplexitet.

Åderbildningen har daterats (U-Pb på zirkoner) och är ca 1 440 miljoner år gammal. Bergarternas huvudsakliga strykningsriktning är nord-sydlig men varierar eftersom berggrunden är storskaligt veckad, vilket märks främst i den nordvästra delen. De storskaliga veckstrukturerna framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 3). Berggrunden genomdras av kraftiga, västnordvästligt strykande skjuvzoner i den sydliga delen av kartområdet. Skjuvzonerna sammanfaller med ett flertal av de lågmagnetiska stråk med

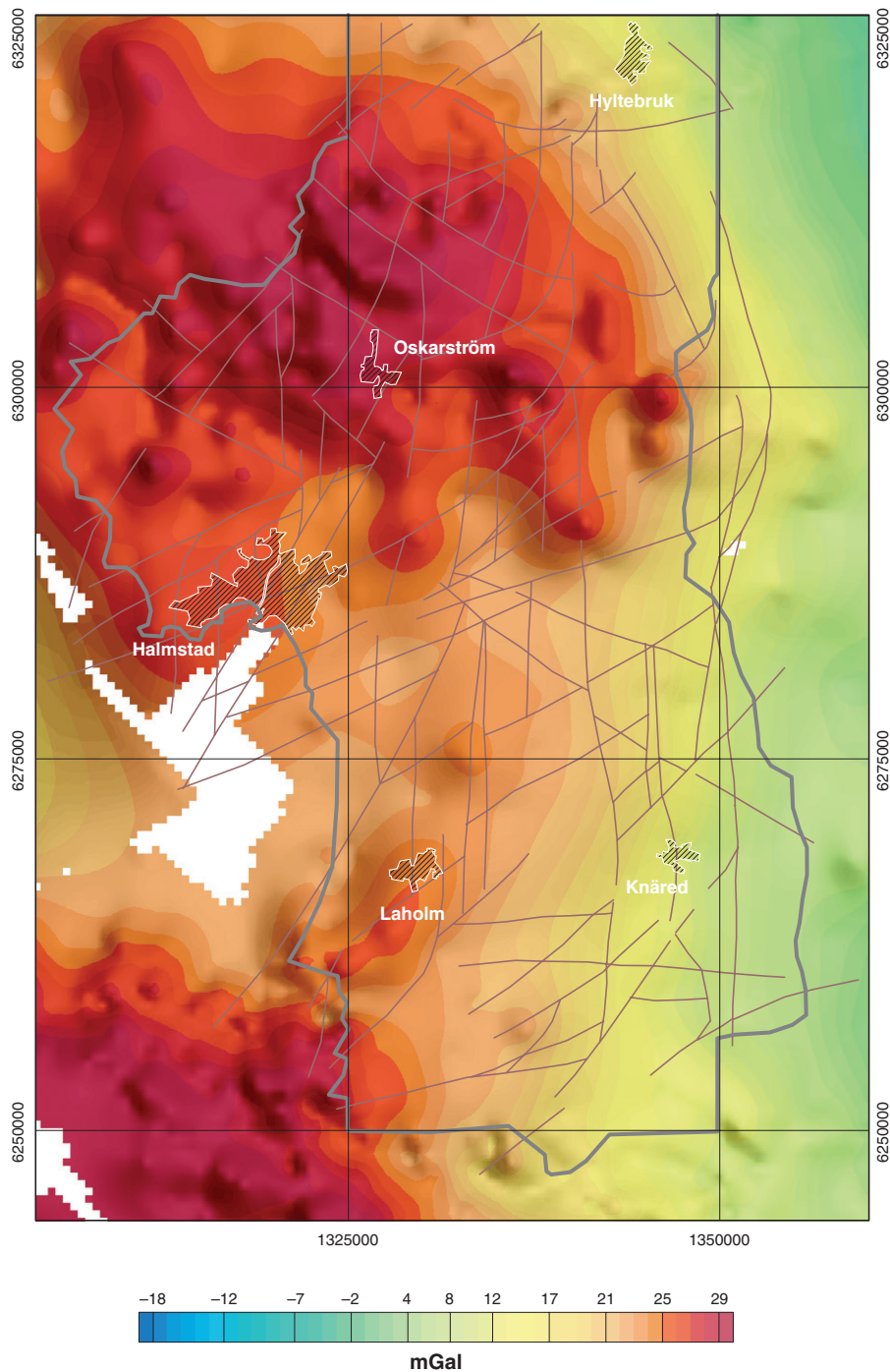


Fig. 4. Bougueranomali-karta över södra Halland. Preliminär lineamentstolkning från magnetiska data är pålagd.

västnordvästlig riktning som syns i den södra delen av området (fig. 3). Ungefär nord-sydliga lineament, längs vilka berggrunden kan vara förkastad, återfinns inom den mellersta delen av området. De nord-sydliga lineamenten är tolkade från magnetfältsdata och syns tydligt i den mellersta och norra delen av området (fig. 4). I flera fall längs de nord-sydliga lineamenten syns dessutom en skillnad i magnetiseringsnivå mellan de östra och västra sidorna, vilket tyder på rörelser med en vertikal komponent (fig. 3). Modelleringar av magnet- och tyngdkraftsdata stöder denna tolkning.

Magnetfältsdata bidrar med värdefull information som stöd för den geologiska tolkningen av berggrunden. Tolkningen försvåras dock av områden med en hög remanent magnetisering av varierande riktning.

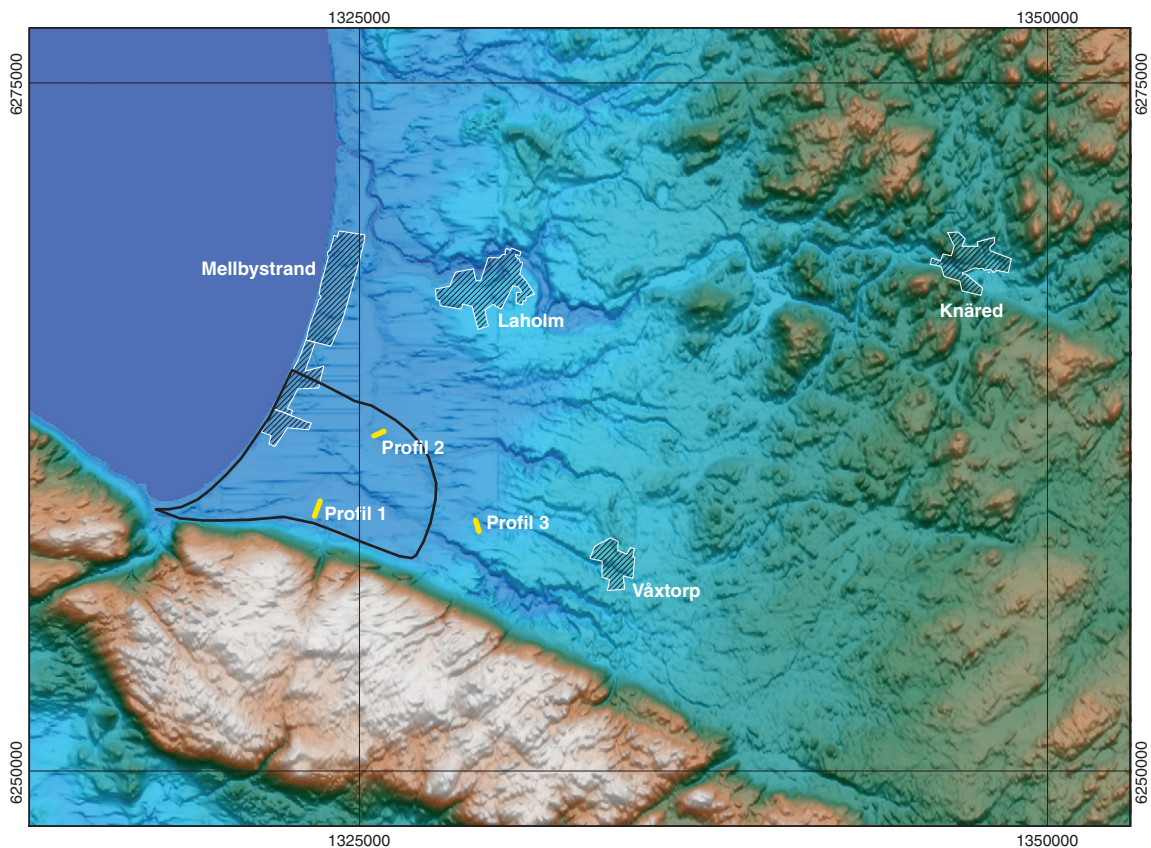


Fig. 5. Lägen för geoelektriska profiler i gult (topografi som underlag). Inringat svart område visar utbredningen av krita (från Wikman & Bergström 1987).

Av parameterprover tagna under fältsäsongen 2004 gav 37 % ett  $Q$ -värde större än ett och 7 % ett  $Q$ -värde större än 10. I dessa områden behövs kännedom om remanensens intensitet och riktning för att kunna förklara de magnetiska anomalierna. Mätning av 2005 års parameterprover kommer att ske under år 2006.

På bougueranomali-kartan (fig. 4) är preliminärt tolkade lineament från magnetfältsdata pålagda. Man kan notera hur lineamenten tycks "böja av" runt det kraftiga massöverskottet, som dominerar tyngdkraftsfältet i hela sydvästra Sverige och är centrerat över den nordvästra delen av projektområdet.

Norr om Hallandsåsen, i den södra delen av kartområdet, finns ett nedförkastat område med kalkiga, leriga och sandiga sedimentbergarter, som avsatts under yngre krita för ca 100–65 miljoner år sedan. Det finns inga blottningar av kritlagren inom kartområdet, men i närheten av Båstad strax väster därom finns några få. Gränsen till kritberggrunden följer i stort kustlinjen norrut till Varberg, en bit ute till havs. Rester av sedimentbergarterna kan finnas i sänkor i resten av området. På en udde i den norra delen av kusten har en mindre förekomst av kritbergarter hittats vid grävningar.

Under sommaren har markens resistivitet mätts upp längs tre, 400–600 m långa profiler i ett försök att avgränsa kritberggrunden. Mätningarnas läge framkommer av figur 5, och resultatet från modelleringen av mätningarna av figur 6. De mer ledande skikten syns som blå ytor och de mer resistiva lagren som röda. För de två första profilerna (profil 1 och 2) återfinns ett mer resistivt lager på ca 40 m djup. Detta har för låg resistivitet för att vara urberg och kan vara en sedimentär bergart som avsatts under yngre kritperioden. Det varierande djupet till det resistiva lagret förklaras med osäkra data på djupet på grund av få mätpunkter. Den sista profilen (profil 3) ger ett djup till den kristallina berggrunden på ca 40 m. Detta stämmer med en borrhning i närheten (muntligt medd.) om att "gråberg" påträffats på ca 40 m djup.

Den naturliga gammastrålningen från berggrunden i södra Halland är låg. Figur 7 visar gammaindex beräknat från flygdata. Den förhöjda gammastrålningen i de västra delarna av området sammanfaller med utbredningen av postglaciala och glaciala leror. I de nordöstra delarna av området dämpar myr- och vatten-

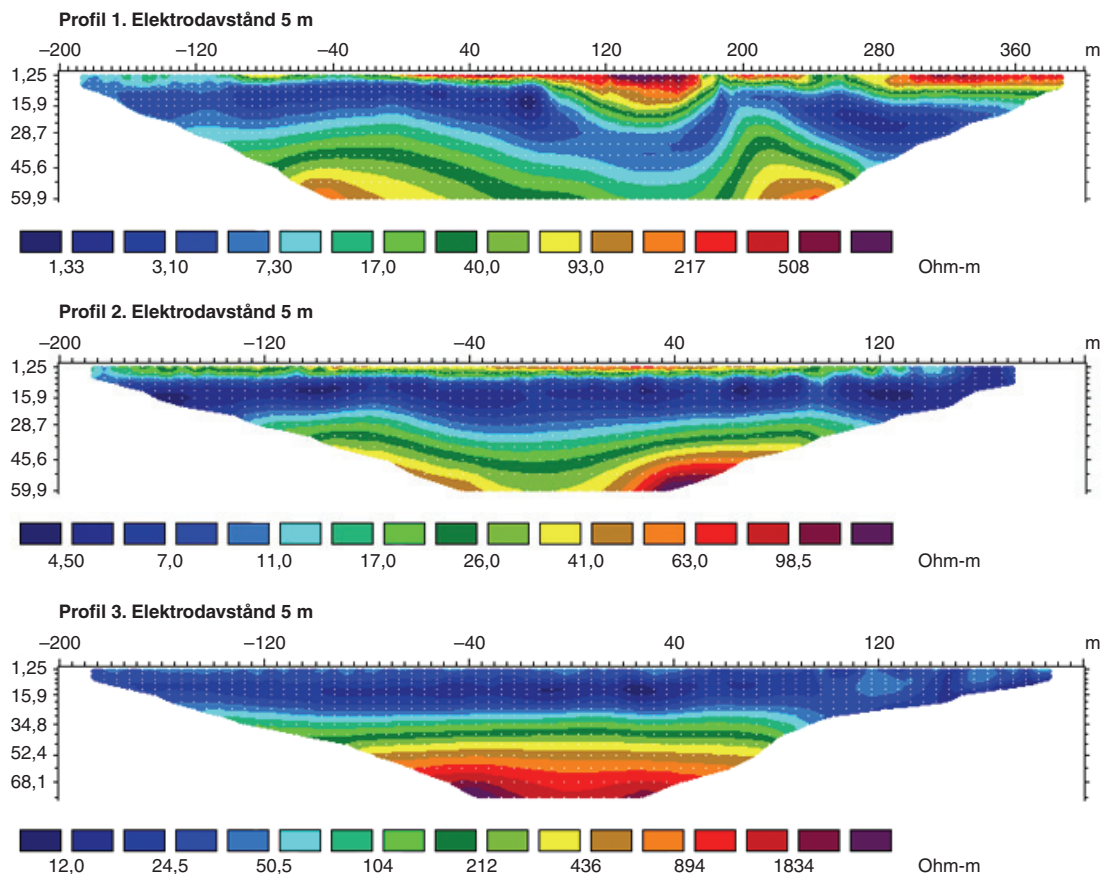


Fig. 6. Modell över resistivitetsvariationen med djupet längs de tre profilerna. Profilernas längd i meter. Ledande skikt motsvaras av blå ytor och mer resistiva lager av röda.

rika marker gammastrålningen. Ett gammaindex >2 har mätts endast vid en lokal under fältsäsongen 2005, på en gångbergart med mycket höga toriumhalter. Av årets mätningar har 9 % gett ett gammaindex >1, till största delen uppmätt på leukograniter. Den högsta uranhalt som mättes under sommaren var 8,1 ppm. Under fältsäsongen 2005 har 90 % av mätningarna gett en uranhalt som är <2 ppm.

## BERGARTER

Röd till rödgrå, ådrad, veckad och omkristalliserad granitisk till granodioritisk ortognejs dominerar i den nordvästra delen av kartområdet. Den förekommer också som mindre, långsmala kroppar inom resten av området. Veckningen plus omkristallisationen orsakar att bergarten ser "flammig" ut (fig. 8 a), något som stenindustrin tagit vara på. Bergarten bryts som blocksten i stora täkter norr och nordost om Halmstad och saluförs bland annat under namnet Hallandia. Veckningen är speciellt uttalad inom den nordvästra delen av området, för övrigt liknar bergarten mer en vanlig ådergnejs. Det finns också rent granitiska, röda varianter av bergarten, där ådringen är svår att se.

I den östra delen av kartområdet dominerar en grårod till rödgrå, granitisk till granodioritisk, stänglig och ställvis gnejsig bergart, så kallad Hinnerydsgranit. Den uppvisar för det mesta diffusa, stängliga, polykristallina fältspatögon, som vanligen är mindre än 2 cm (fig. 8 b). I vissa små områden kan de dock vara upp till 5 cm i diameter, och på andra platser saknas de helt. Bergarten förekommer också som mindre kroppar längre västerut. En rödare variant av Hinnerydsgraniten finns i den norra delen av kartområdet. På gammaindexkartan (fig. 7) är toriumhalter som mätts under sommaren 2004 och 2005 pålagda. I de nordöstra och östra delarna, där Hinnerydsgraniten dominerar, är de uppmätta toriumhalterna låga. I medeltal är to-

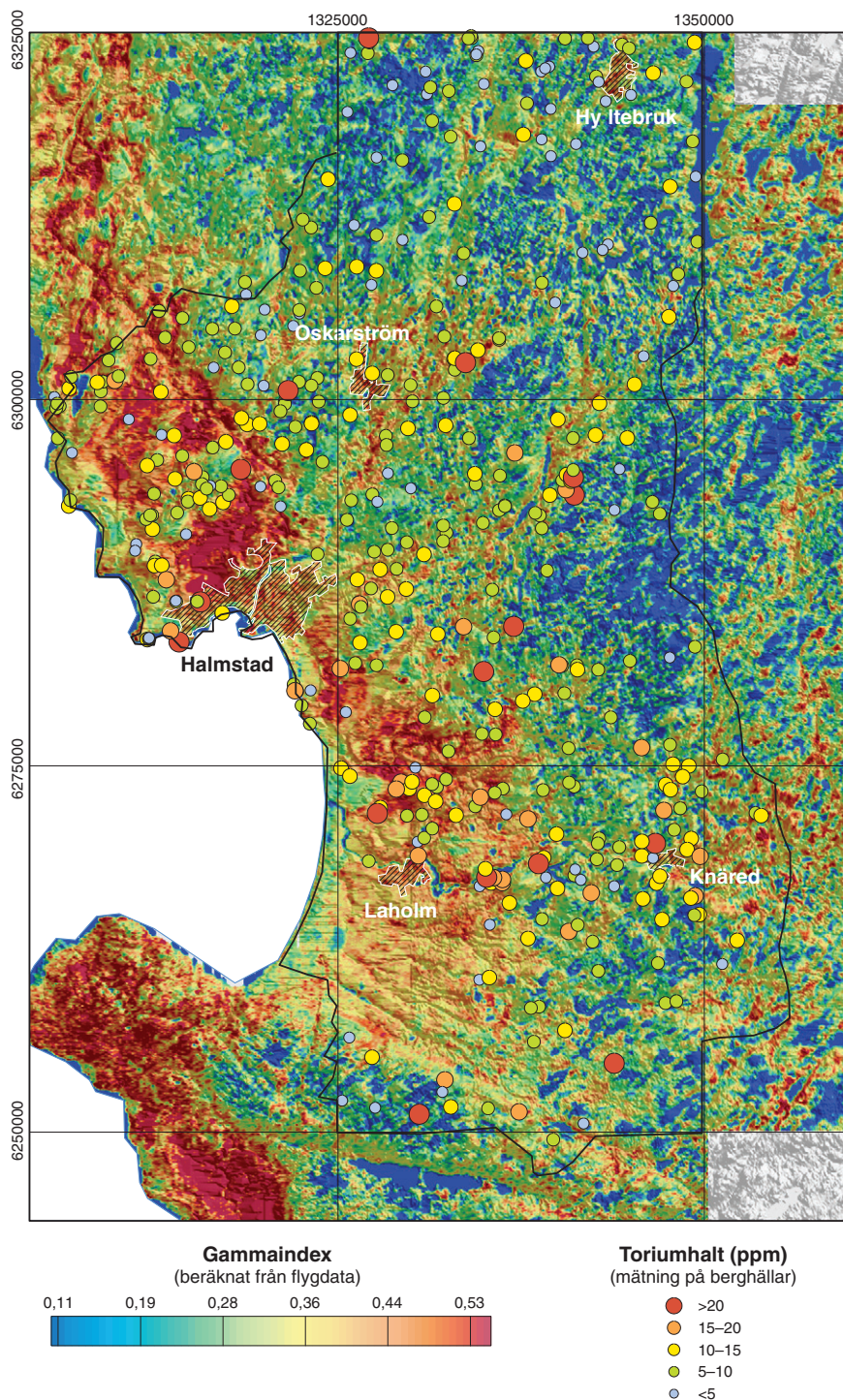


Fig. 7. Gammaindexkarta över södra Halland, beräknad från flygdata.

riumhalten 8 ppm för Hinnerydsgraniten, vilket är den genomsnittligt lägsta toriumhalten för de granitiska till granodioritiska bergarterna inom projektområdet.

Granitisk till tonalitisk gnejs förekommer spridd över hela området. Bergarten är röd till grå, fint medelkornig och tämligen homogen. På vissa ställen är den något ådrad. Den granitiska, röda varianten dominerar.

Granatamfibolit finns i ett flertal större och mindre kroppar, inneslutningar och gångar inom hela området. Det finns ingen datering av bergarten, men troligen är de flesta förekomsterna likåldriga med de övriga

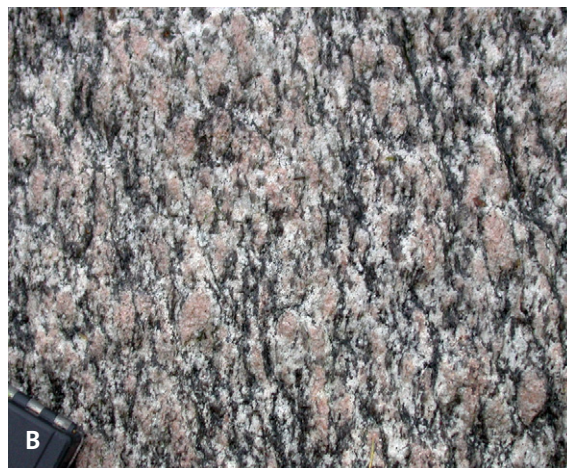


Fig. 8. Foton av bergarter från södra Halland. Koordinater i rikets nät. **A.** "Flammig" ådergnejs, s.k. Hallandia (630200/1309700). **B.** Gnejsig, stänglig Hinnerydsgranit (6300416/1322761). **C.** Granatamfibolit (metagabbro) med grågrön klinopyroxen. Bildens bredd motsvarar ca 3,5 cm på hällen (6284834/1313821). **D.** Metadiabas som klipper röd ådergnejs, s.k. Hallandia (6283604/1314127). **E.** Magmablandning (6283724/1312109).

bergarterna, dvs. ca 1 690–1 670 miljoner år gamla. Bergarten utgörs av omvandlad gabbro, diorit, ultramafit eller diabas. Den varierar i kornstorlek, är grå till svart, massformig till gnejsig och ställvis ådrad. Den innehåller mineral såsom granat, klinopyroxen (fig. 8 c) och ortopyroxen. Norr om Halmstad finns några nord-sydliga granatförande metadiabaser (fig. 8 d), som klipper en röd ådergnejs (s.k. Hallandia). Åderbildningen är ca 1 400 miljoner år gammal, varför bergarten i de här gångarna måste vara yngre.

De ca 1 690–1 670 miljoner år gamla bergarterna har intruderat vid ungefär samma tidpunkt. I områden med svagare omvandlade bergarter, t.ex. på strandhällarna väster om Halmstad, kan man studera magmablandningar (fig. 8 e).

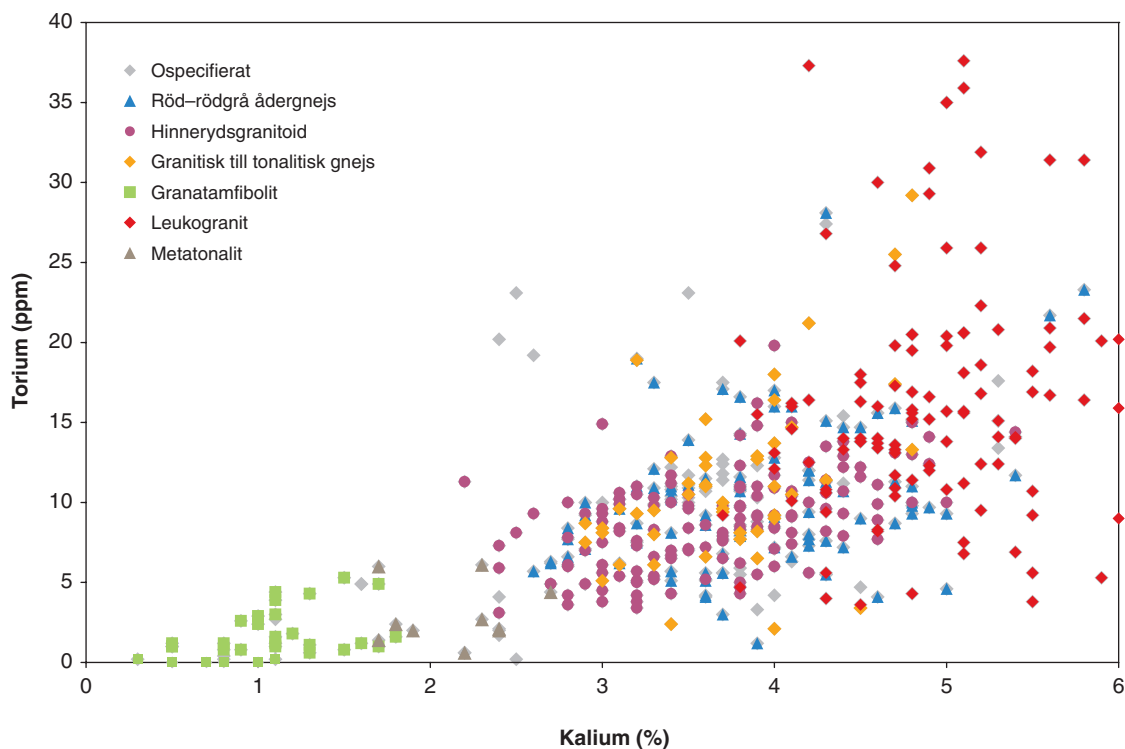


Fig. 9. Sammanställning av kalium- och toriumhalter, uppmätta på bergarter i södra Halland fältsäsongen 2005.

Röd, gnejsig granit, som är fattig på mörka mineral (<5 %), så kallad leukogranit, förekommer framför allt i den norra delen av kartområdet. Bergarten liknar den tidigare beskrivna röda, granitiska gnejsen, men innehåller en mindre mängd mörka mineral. Åldern är inte känd, men bergarten skulle ha kunnat bildas ur smältor, som uppstod under metamorfosperioden för ca 1 440 miljoner år sedan. En sammanställning av bergarternas kalium- och toriumhalter som mätts på hållar under sommaren 2005 återfinns i figur 9. Leukograniten uppvisar en mycket varierande toriumhalt men en generellt hög kaliumhalt (upp till 6 %).

På Hallandsåsen och precis norr därom finns ett antal geologiskt unga diabasgångar med västnordvästlig riktning och varierande stupning. På en del platser finns även apofyser. Gångarna klipper gnejsighet och ådring hos omgivande bergarter. Magman intruderade för ca 290 miljoner år sedan under permo-karbonsk tid. Diabasen är gråsvart till svart, finkornig och massformig. På den magnetiska anomalikartan framträder den som långsmala, västnordvästligt riktade gångar i den allra sydligaste delen av projektområdet (fig. 3).

## REFERENSER

- Blomberg, A., 1879: Beskrifning till kartbladet Ölmestad. *Sveriges geologiska undersökning Ab 5*, 27 s.
- Caldenius, C. & Larsson, W., 1968: Beskrifning till kartbladet Laholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa 197*, 123 s.
- Caldenius, C., Larsson, W., Mohrén, E., Linnman, G. & Tullström, H., 1966: Beskrifning till kartbladet Halmstad. *Sveriges geologiska undersökning Aa 198*, 138 s.
- Hummel, D., 1877a: Beskrifning till kartbladet Båstad. *Sveriges geologiska undersökning Aa 60*, 35 s.
- Hummel, D., 1877b: Beskrifning till kartbladet Ljungby. *Sveriges geologiska undersökning Ab 2*, 17 s.
- Lindström, A., 1898: Beskrifning till kartbladet Örkelljunga. *Sveriges geologiska undersökning Aa 114*, 39 s.
- Lundbom, H., 1887: Beskrifning till kartbladet Halmstad. *Sveriges geologiska undersökning Ab 12*, 55 s.
- Samuelsson, L., Larson, S. Å., Åhäll, K.-I., Lundqvist, I., Brouzell, J. & Berglund, J., 1988: Beskrifning till provisoriska, översiktliga berggrundskartan Borås. *Sveriges geologiska undersökning Ba 41*, 32 s.

Svedmark, E., 1893: Beskrifning till kartbladet Varberg. *Sveriges geologiska undersökning Ab 13*, 82 s.

Wikman, H. & Bergström, J., 1987a: Beskrivning till berggrundskartan 4C Halmstad SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 133*, 79 s.

Wikman, H. & Bergström, J., 1987b: Beskrivning till provisoriska, översiktliga berggrundskartan Malmö. *Sveriges geologiska undersökning Ba 40*, 42 s. Wikman, H. & Sivhed, U., 1992: Beskrivning till berggrundskartan Helsingborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 148*, 83 s.

E-post: [inger.lundqvist@sgu.se](mailto:inger.lundqvist@sgu.se)

[maria.carlsater@sgu.se](mailto:maria.carlsater@sgu.se)

# Östra Göteborg, berg

Lena Lundqvist, Ildikó Antal Lundin, Jenny Andersson, Ulf Bergström och Fredrik Hellström

## INLEDNING

Kartläggningen inom projekt "Östra Göteborg, berg" började under 2003. Fältsäsongen 2005 startade med att den nordligaste delen av Alingsås kommun karterades klart (fig. 1). Säsongen fortsatte med kartläggning i delar av Bollebygd och Borås kommuner (fig. 2). Projektet omfattar de sydligaste delarna av kommunerna, belägna i kartområdena 6C Kinna NV och NO. Efter fältsäsongens slut återstår ca 50 km<sup>2</sup> att karteras i Borås kommun vilket kommer att göras i början av 2006. Delaktiga i projektet under 2005 har varit Lena Lundqvist (projektledare), Ulf Bergström, Fredrik Hellström, Jenny Andersson och Ildikó Antal Lundin. Dessutom har Linus Brander och Karin Appelquist jobbat som extrageologer och Mimmi Arvidsson som extrageofysiker.

De södra delarna av Borås kommun karaktäriseras av ett tunt jordtäckte. Detta tillsammans med att den svåra stormen 2005 fällde många träd och rev upp många rotvältor gör att området nu är extremt hållrikt.

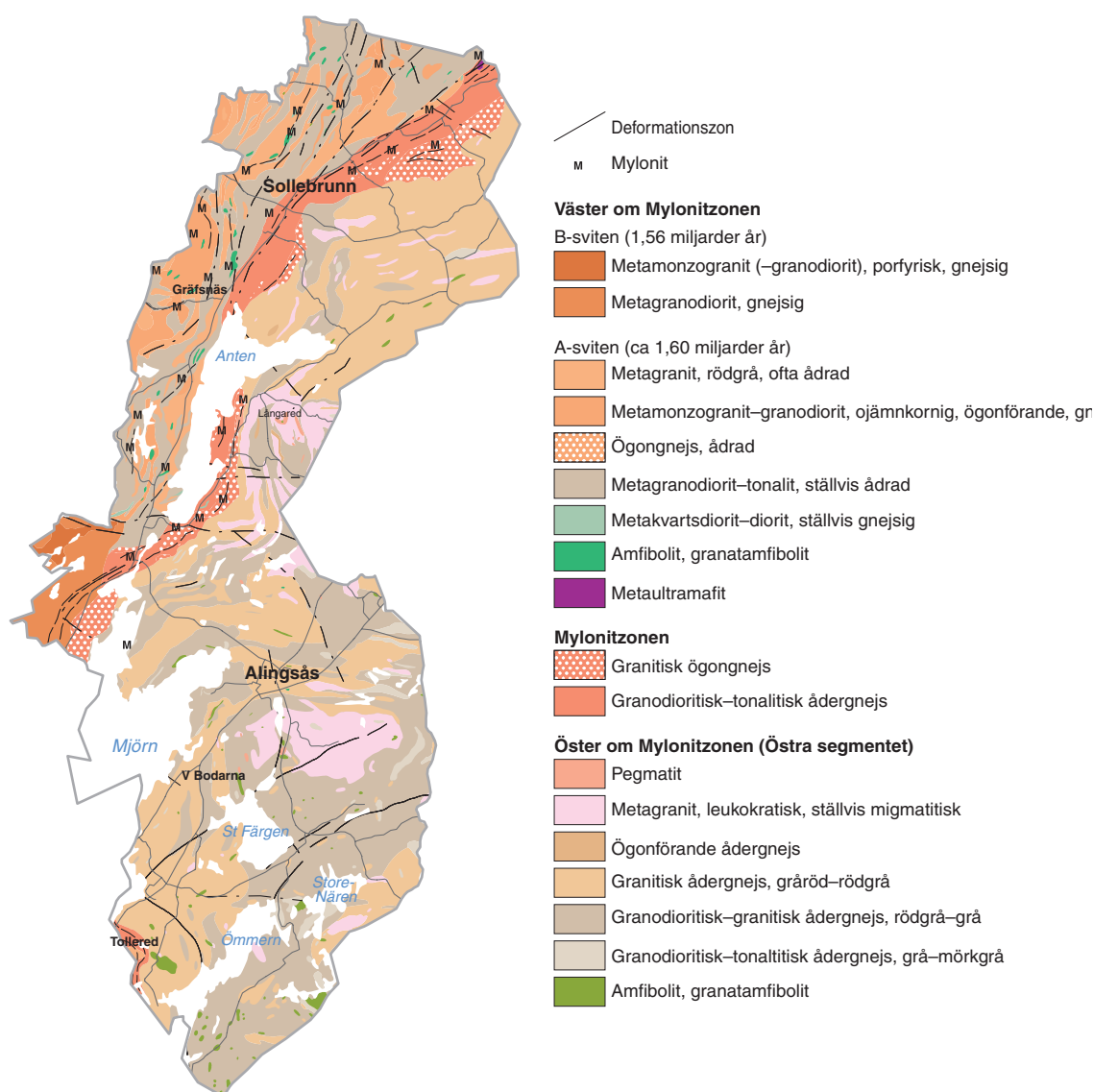


Fig. 1. Preliminär förenklad berggrundskarta över karterade delar av Alingsås kommun.

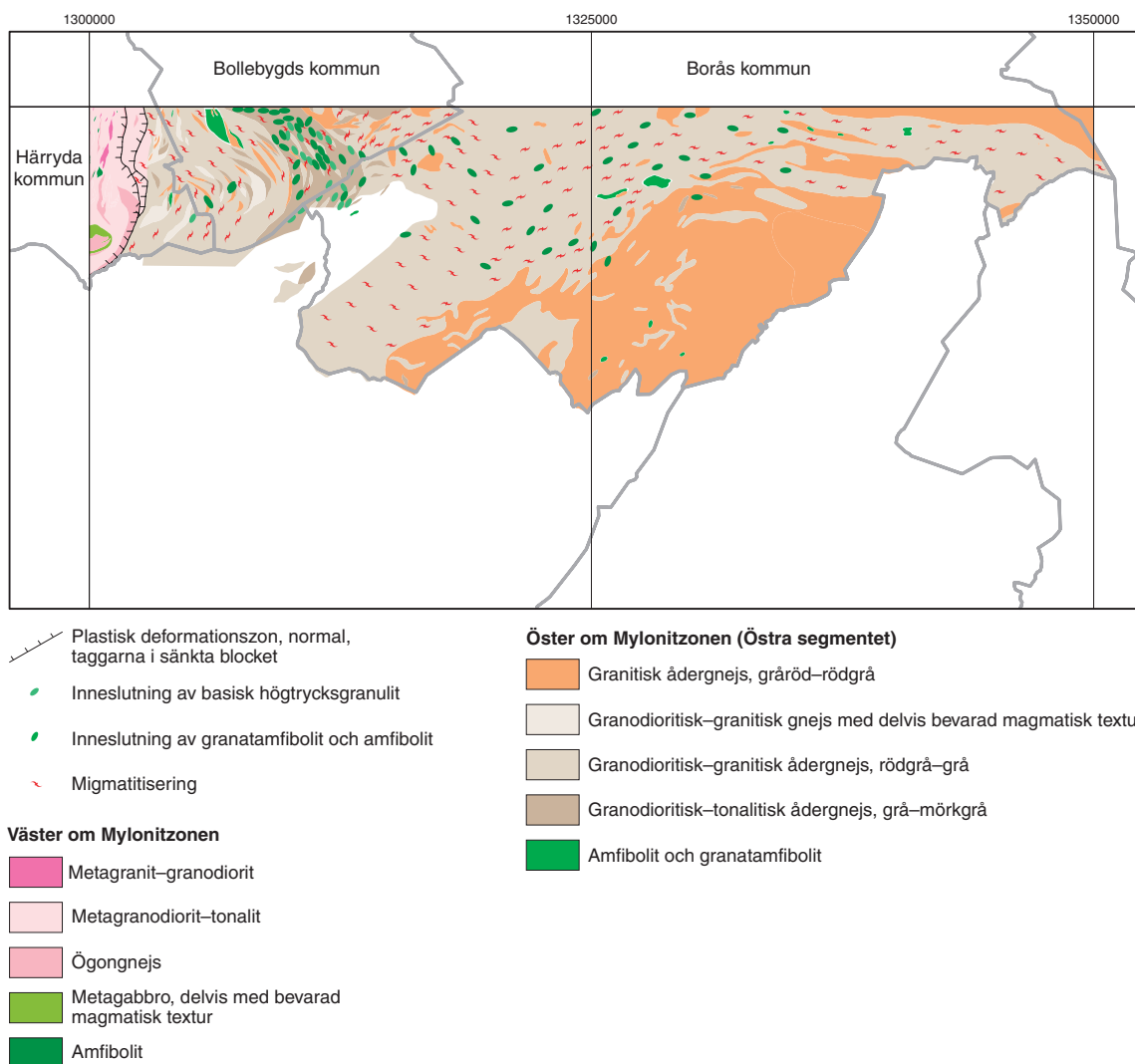


Fig. 2. Preliminär förenklad berggrundskarta över karterade delar av Härryda, Bollebygds och Borås kommuner.

Samtidigt har stormen gjort området ställvis mycket svårframkomligt och det har därför inte varit möjligt att besöka alla hållar. Berggrunden i området är mycket komplex och dessutom är mycket lite känt om geologin i området sedan tidigare. Karteringen har därför varit mycket tidskrävande, och för att hållas inom angivna ramar har arbetet i en del områden begränsats till vägnära hållar.

Undersökningsområdet är täckt med moderna geofysiska flygmätningar. Mätningarna utfördes under 2002 och 2003 med en nord–sydlig flygriktning. Linjeavståndet är 200, punktavståndet 16 och flyghöjden 60 meter. VLF-fältet har mätts med två sändare, vilket innebär att en signal som är oberoende av sändarens riktning erhålls. Utifrån VLF-data kan sedan en karta över markens skenbara resistivitet framställas.

Under sommaren 2004 utfördes tyngdkraftsmätningar inom ramen för programmet "Markgeofysik", för att förtäta den befintliga informationen. Punktavståndet för tyngdkraftsinformationen inom karteringsområdet är nu mellan 500 och 2000 meter. Geofysisk markuppföljning har genomförts under 2005 i de sydligaste delarna av Borås kommun, vilka sammanfaller med kartområdena 6C Kinna NV och NO. Arbetet har bestått av provtagning för mätning av petrofysiska egenskaper, mätning av gammastrålning samt susceptibilitetsmätningar på håll. Sammanlagt har 101 bergartsprover tagits och 80 lokaler har mätts med gammaspetsmeter. Några magnetiska och elektromagnetiska markprofilmätningar har också utförts. Även ca 20 tunnslip har tagits, och ca 10 kemiska bergartsanalyser är planerade till 2006.

Bearbetning och sammanställning av den insamlade informationen kommer att genomföras under vintern 2006.

## GEOLOGI

### Allmän översikt

Sydvästsveriges berggrund utgör de östra delarna av den Svekonorvegiska provinsen. Området är kraftigt påverkat av orogenes av kontinentkollisionstyp i svekonorvegisk tid (ca 1 040 och 970 milj. år sedan) då jordskorpan förtjockades kraftigt och storskaliga förskjutningar av berggrunden inträffade. I de östra delarna av provinsen förekommer även tektoniskt inskjutna, eklogitiserade enheter där eklogitiseringen daterats till att vara ca 970 miljoner år gammal (Johansson m.fl. 2001).

Berggrunden i regionen kännetecknas generellt av kraftig deformation och metamorfos samt av förekomsten av storskaliga blockförskjutningar som förflyttat regionala berggrundsenheter från deras ursprungliga läge. Storskaliga tektoniska förskjutningar och en bitvis mycket kraftigt överpräglade metamorfos och deformation gör att kartläggningen med nödvändighet blir mer strukturellt och metamorft betingad.

I området söder om Vänern framträder en grovt sett nord-sydligt strykande, flackt västligt stupande deformationszon som kallas Mylonitzonen (MZ). Denna zon framträder tydligt i de magnetiska anomalikartorna (se vidare nedan) och utgör en viktig litotektonisk terränggräns. Öster om MZ i det underliggande så kallade Östra segmentet förekommer ca 1 710–1 660 miljoner år gamla, höggradigt deformerade och metamorfoserade ortognejser. Dessa är av samma ålder, och delvis samma sammansättning, som välbevarade intrusiva och vulkaniska bergarter tillhörande det transskandinaviska magmatiska bältet, öster om den Svekonorvegiska provinsen. Berggrunden i de överliggande västliga blocken är yngre och utgörs huvudsakligen av  $\geq 1 590$  miljoner år gamla metamorfa ytbergartssekvenser och 1 600–1 550 miljoner år gamla kalkalkalina metagranitoider. De södra delarna av MZ utgör även en distinkt metamorf terränggräns som separerar höggradiga gnejser, omvandlade i övre amfibolitfacies till högtrycksgranulitfacies i Östra segmentet, från metagranitoider i grönskiffer- till amfibolitfacies i det västra, överliggande blocket. Mot norr är den metamorfa graden i den östra sidans gnejser lägre, samtidigt som den ökar bland bergarterna väster om MZ. En mer likartad metamorf överprägling hos metagranitoider på ömse sidor om MZ, t.ex. i Alingsåsområdet, gör att zonen utsträckning är betydligt svårare att kartlägga i detta område (se nedan). MZ söder om Vänern utgör även en strukturell terränggräns. Öster om zonen framträder en markant, ungefär ost-västlig veckning med flacka, ost-västligt stupande veckaxlar, typiskt för regionala strukturer i det Östra segmentet söder om Vänern. I väster dominerar nord-sydliga strukturer. Höggradig metamorf omkristallisation och migmatitisering öster om MZ har daterats till åldrar omkring 1 450 miljoner år och 980–960 miljoner år (U-Pb-metoden på zirkon, t.ex. Söderlund m.fl. 2002, Andersson m.fl. 2002). Metamorfa åldrar (U-Pb) från zirkon och titanit väster om MZ har gett betydligt högre åldrar för den svekonorvegiska metamorfosen, ca 1 050–1 030 miljoner år (t.ex. Hansen m.fl. 1989, Johansson 1993, Åhäll m.fl. 1998). Spår av den ca 1 450 miljoner år gamla metamorfosen som påverkat bergarter öster om MZ har än så länge inte påträffats i väster. Sammantaget utgör MZ en distinkt litologisk, strukturell och metamorf terränggräns som förenar berggrundsenheter med olika presvekonorvegisk och svekonorvegisk utveckling.

### Alingsås kommun

De delar av Alingsås kommun som berörs av 2005 års kartering är de allra nordligaste, belägna i kartområdet 8C SV. En något förenklad karta över de delar av kommunen som är karterade inom projektets ram presenteras i figur 1.

Årets karteringsområde är till övervägande delen beläget väster om och i Mylonitzonen, men den allra ostligaste delen tillhör det Östra segmentet. Bergartsleden finns beskrivna i detalj i Lundqvist m.fl. (2005). De utgörs i väster av granitiska till tonalitiska bergarter (fig. 3 a) som vanligen är sparsamt ådrade, men även kraftigt ådrade delar förekommer (fig. 3 b). Berggrunden är generellt sett mycket inhomogen med band och inlagringar av olika bergartsled i varandra. Två typer av ögonförande bergarter med granitiska till granodiori-

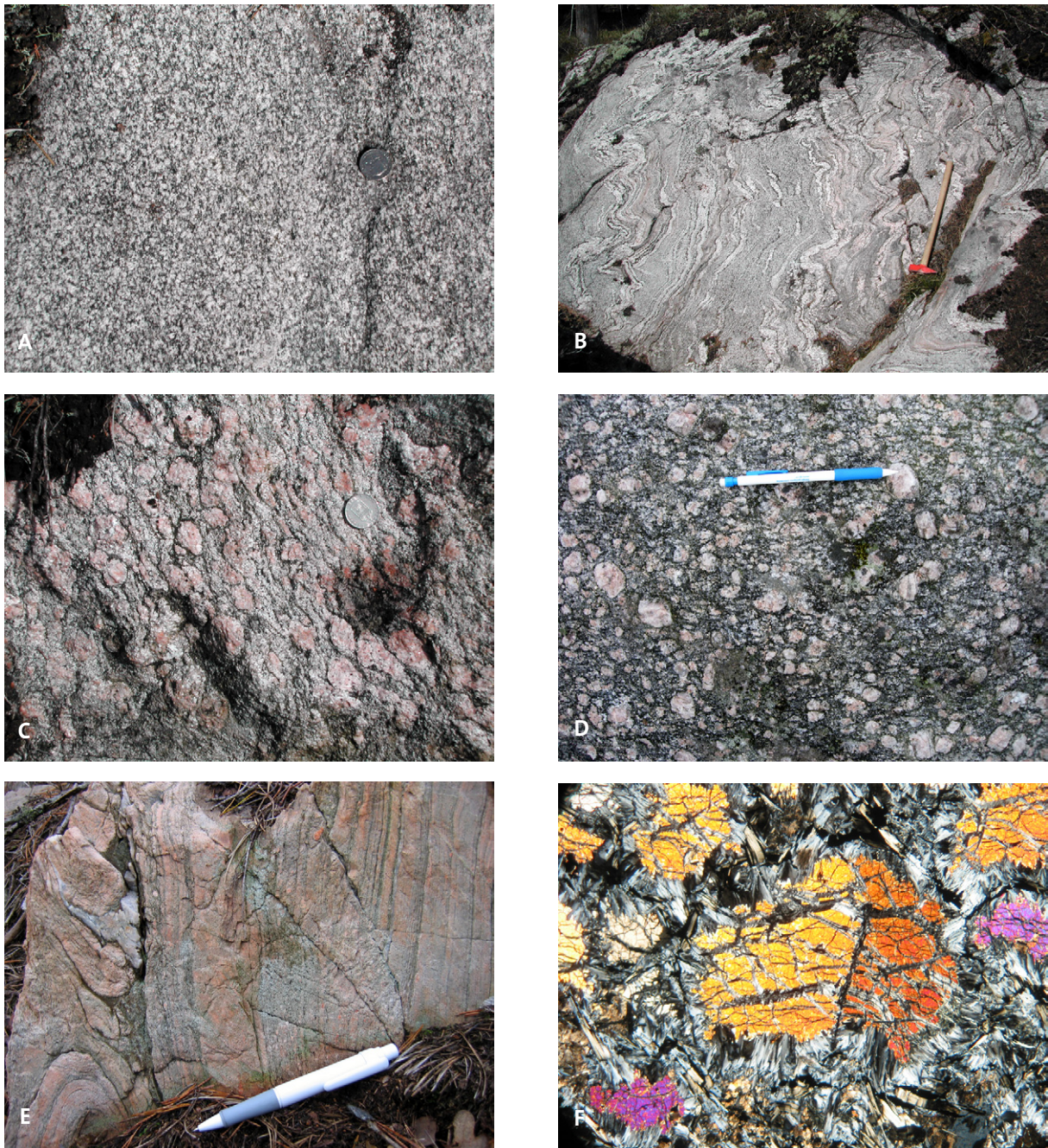


Fig. 3. Foton av bergarter i Alingsås kommun. Koordinater i rikets nät. **A.** Metatonalit utan ådror (6456775/1309320). **B.** Grå, granitisk till granodioritisk gnejs, kraftigt ådrad och veckad (6455855/1312110). **C.** Ögonförande granitisk gnejs (6455715/1311305). **D.** Ögonförande granitisk gnejs (6453706/1309673). **E.** Veckad mylonit. **F.** Mikrofoto (korsade nicoler) av ultrabasit. Olivin med bård av serpentin (6455298/1316020).

tiska sammansättningar har identifierats väster om MZ (fig. 3 c, d). Ytterligare en typ av ögonförande bergart med granodioritisk sammansättning förekommer i gränstrakten till det Östra segmentet. I den nordvästra delen av kommunen är granat ett vanligt förekommande accessoriskt mineral i alla bergartsled, framför allt i mer basiska bergarter. Små inlagrade basiska kroppar med lokal förekomst av granat och metamorf klinopyroxen indikerar att bergarterna utsatts för metamorfos i högtrycksgranulitfacies. Karakteristiskt för området väster om och i Mylonitzonen är dock riklig förekomst av epidot, vilket indikerar en senare metamorf överprägling av lägre grad.

Deformationsgraden inom MZ varierar. Där uppträder både relativt "kalla" sprödplastiska zoner och my-

loniter samt högtemperaturmyloniter. Generellt sett är deformationszonerna smala (<0,5 m). En bred zon med bergarter i det överliggande västra blockets allra östligaste del har skiljts ut, eftersom bergarterna där är så kraftigt deformerade att ursprungsbergarten är mycket svår att identifiera. Mörkt grå, kraftigt röda och ljus gråröda led, kraftigt ådrade och veckade förekommer växelvis.

En mindre kropp av ultrabasit som omges av veckade myloniter (fig. 3 e) förekommer i den allra nordostligaste delen av kommunen, inom Mylonitzonen. De centrala delarna av ultrabasiten är odeformerade medan kanterna har en relativt stark foliation som följer kontakten. Bergarten domineras av nästan helt serpentinomvandlad olivin. Underordnat förekommer magnetit (fig. 3 f), vilket gör att ultrabasiten framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan. Bergarten tillhör antagligen de stråk med basiter och ultrabasiter som kan följas norrut längs med Mylonitzonen från Kedum till Källandsö (Scherstén m.fl. 2000).

De geofysiska egenskaperna hos berggrunden i Alingsås kommun har beskrivits av Lundqvist m.fl. (2005).

## Härryda, Bollebygds och Borås kommuner

För den allra största delen av Härryda, Bollebygds och Borås kommuner finns berggrundskartor i skala 1:50 000 sedan tidigare (Samuelsson 1977, 1978, Ahlin 1980, 1983). Det inom detta projekt karterade området i Härryda kommun har beskrivits av Lundqvist m.fl. (2005). Berggrunden i Bollebygds och Borås kommuner tillhör det Östra segmentet av den Svekonorvegiska provinsen. En preliminär förenklad karta visas i figur 2. Området karaktäriseras av en högmetamorf berggrund som domineras av migmatitiska gnejser, vilka omvandlats och deformerats vid höga tryck och temperaturer. Beräkningar av metamorfa tryck- och temperaturförhållanden för angränsande områden med liknande berggrund indikerar sensvekonorvegiska tryck på omkring 10–12 kbar och motsvarande temperaturer på 650–800° C (Johansson m.fl. 1991, Möller 1998, 1999, Austin Hegardt m.fl. 2004). Åldersbestämningar av zirkon i området daterar uppsmältning och metamorfos i övre amfibolitfacies till högtrycksgranulitfacies till ca 970 miljoner år, dvs. sensvekonorvegisk ålder (Andersson m.fl. 2002, Austin Hegardt m.fl. 2004). Vid Viared utanför Borås finns även en äldre åderbildning som daterats till ca 1 430 miljoner år (Austin Hegardt m.fl. 2004).

Karteringsområdet är en del av den sydvästsvenska granulitregionen (se Johansson m.fl. 1991). Här karaktäriseras berggrunden av en kraftig, mer eller mindre penetrativ uppsmältning, och området är en del av ett regionalt bälte med kraftigt ådrade gnejser (fig. 4 a) som, löper från Skene i sydväst (Marks kommun) till södra delen av Boråsområdet i sydost. Den kraftiga överpräglade deformationen och metamorfosen medför att identifiering av ursprungliga bergartsled, kontaktrelationer och åldersförhållanden försåras. På sina ställen kan man dock återfinna migmatitiska gnejser med en relik magmatisk textur som visar att de har sitt ursprung i grovkorniga till ibland ögonförande magmatiska bergarter (fig. 4 b). Åldersbestämningar av protolitzirkon (uran-blymetoden) från gnejser inom eller i nära anslutning till kartläggningsområdet har daterat ådergnejsernas magmatiska ursprungsåldrar till 1 700–1 670 miljoner år (t.ex. Scherstén m.fl. 2000, Andersson m.fl. 2002, Austin Hegardt m.fl. 2004). Dessa åldrar överensstämmer väl med typiska protolitåldrar för ådergnejser i Östra segmentet söder om Vänern, dvs. ca 1 730–1 650 miljoner år (Connelly m.fl. 1996, Cornell m.fl. 1997, Söderlund m.fl. 2002, Andersson m.fl. 2002).

Inom Bollebygds kommun uppträder en kraftigt uppsmält, migmatitiserad berggrundsskiva som domineras av grå gnejser med högre andel mörka mineral än den omgivande berggrunden (fig. 2). Inom denna skiva är metabasiska boudiner vanligt förekommande (fig. 4 c, d), och de är i de flesta fall 10–50 m i diameter. I de centrala delarna av boudinerna uppträder en välbevarad, relik grovkornig textur med mineral såsom grön klinopyroxen (symplektitisk), granat och plagioklas (fig. 4 e, f, 5 a, b), vilket motsvarar metamorfos i högtrycksgranulitfacies. Petrografiska undersökningar av liknande metabasiter har gjorts i Skene och i Viared utanför Borås, och resultaten från dessa indikerar att berggrunden omvandlats under mycket höga tryck (Grönholm 2001, Austin Hegardt m.fl. 2004). Geologiska och geofysiska data pekar på att skivan med mafiska granulitboudiner sitter i en öppen upprättstående, ost–västlig, flackt västligt stupande synform (fig. 4 c, d).

Mot söder och sydost, strax utanför Bollebygds kommungräns, finns områden med mindre kraftigt uppsmält gnejser, vars protolitbergarter kan identifieras. I dessa områden har bland annat relik grovkorniga till

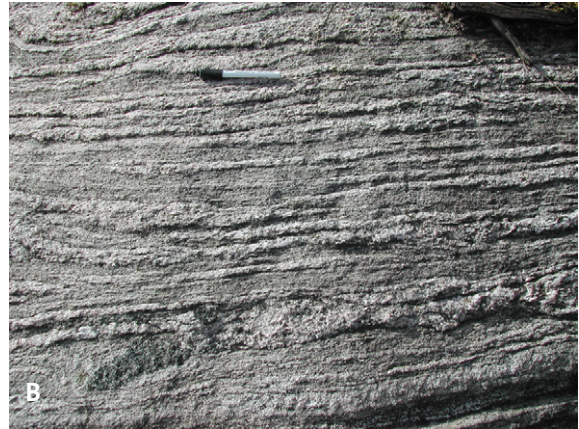


Fig. 4. Foton av bergarter i Bollebygds och Borås kommuner. Koordinater i rikets nät. **A.** Grå, migmatitisk, granodioritisk gnejs (6397704/1309237). **B.** Grå, kraftigt ådrad granitisk till granodioritisk gnejs (6398063/1304330). **C.** Boudinerade inneslutningar av metabasit med smältinjekterade boudinkanter i migmatitisk granodioritisk gnejs (6397704/1309237). **D.** Basisk inneslutning, ca 3x6 m med en mineralparagenes som motsvarar metamorfos i granulitfacies (6398325/1318205). **E.** Basisk högtrycksgranulit (boudin >15 m) med karaktäristisk relict grov, grön, symplektitisk klinopyroxen i ett matrix av granat, hornblände, plagioklas och kvarts (6398060/1317880). **F.** Närbild av basisk högtrycksgranulit (detalj från boudin >15 m). Omfattande nybildning av metamorf klinopyroxen och granat (6399741/1308333).

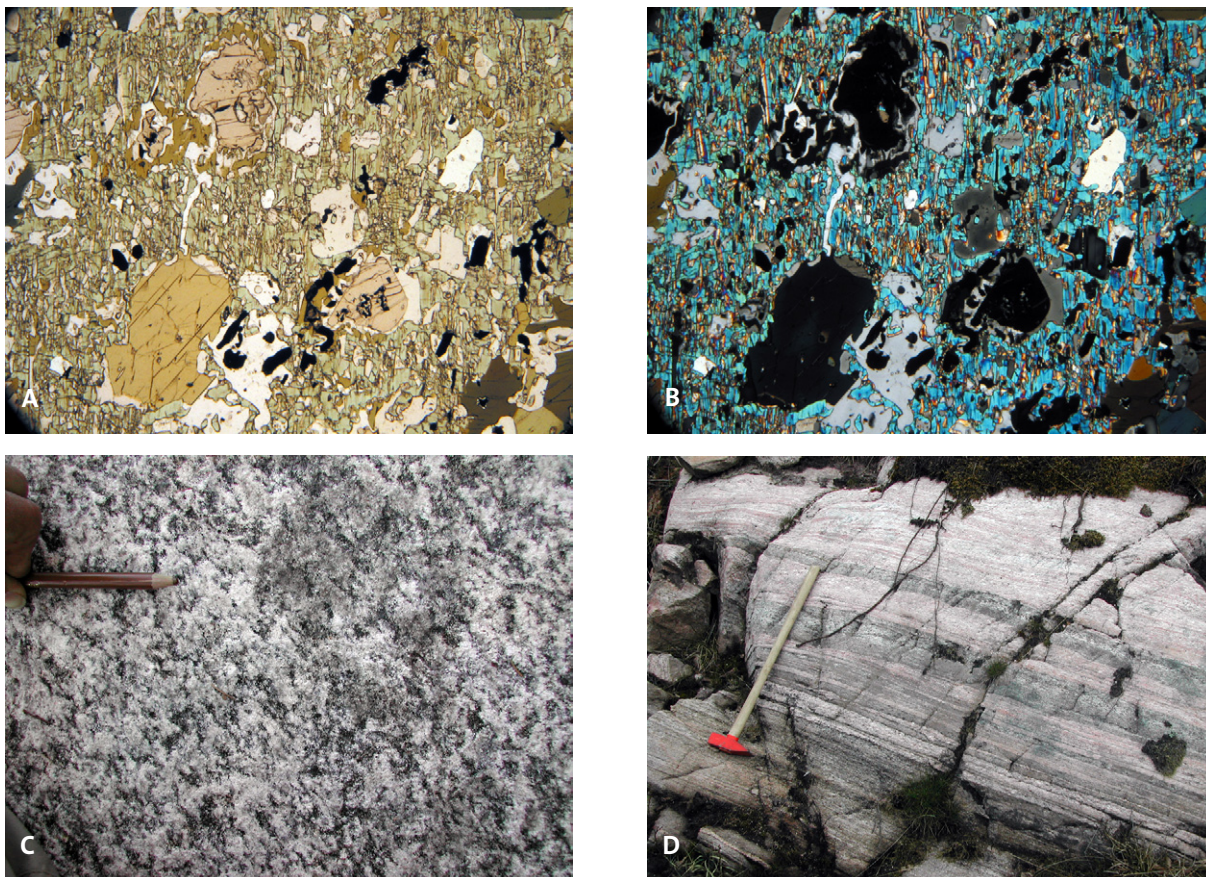


Fig. 5. Foton av bergarter i Bollebygds och Borås kommuner. Koordinater i rikets nät. **A.** Mikrofoto (planpolariserat ljus) av boudinerad basisk högtrycksgranulit. Mineralogin domineras av granat och symplektitisk klinopyroxen med inneslutningar av plagioklas som bildats vid nedbrytning av klinopyroxen (6398060/1317880). **B.** Mikrofoto (korsade nicoler). Samma motiv som föregående. **C.** Grå granit med relict grovkornig textur (6396135/1308325). **D.** Litologiskt bandad gnejs. Omväxlande ljust röda, leukogranitiska och grå, tonalitiska till granodioritiska led (6446428/1303673).

medelkorniga och relict kalifältspatporfyriska felsiska intrusivbergarter identifierats (fig. 5 c). Längst i öster, i de södra delarna av Borås kommun, dominerar röda granitiska gnejser. De förekommer både som band i de grå gnejserna (fig. 5d) och som större sammanhängande enheter. De granitiska gnejserna har vanligen höga magnetiska susceptibilitetsvärden (ca  $1\,000\text{--}3\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter).

## GEOFYSIK

### Borås kommun

Den magnetiska anomalikartan över de södra delarna av Borås kommun (fig. 7) uppvisar varierande magnetiseringsnivåer. Det mest framträdande anomalimönstret i området är nivåskillnaden i magnetfältet mellan de norra och södra delarna av kartområdet, ungefär i höjd med Borås och väster därom. Den möjliga orsaken till detta har diskuterats av Lundqvist m.fl. (2005). Områdets bandade anomalimönster antyder en förekomst av komplexa veckstrukturer. I östra delen av kartområdet framträder en markant veckstruktur med ost–västlig veckaxel. Det högmagnetiska anomalimönstret som omger veckstrukturen orsakas av en röd, anatektisk, gnejsig granit med en susceptibilitet som ligger mellan  $500$  och  $1\,500 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Graniten har låg densitet ( $2\,610\text{--}2\,650\text{ kg/m}^3$ ) och ger upphov till ett tyngdkraftsunderskott söder om vecket (fig. 8). Bergarterna i veckstrukturen är huvudsakligen lågmagnetiska med tonalitisk sammansättning (medeldensitet  $2\,712\text{ kg/m}^3$ ) och ger upphov till en positiv tyngdkraftsanomali.

I västra delen av kartområdet har basiska bergarter som omvandlats i högtrycksgranulitfacies påträffats.

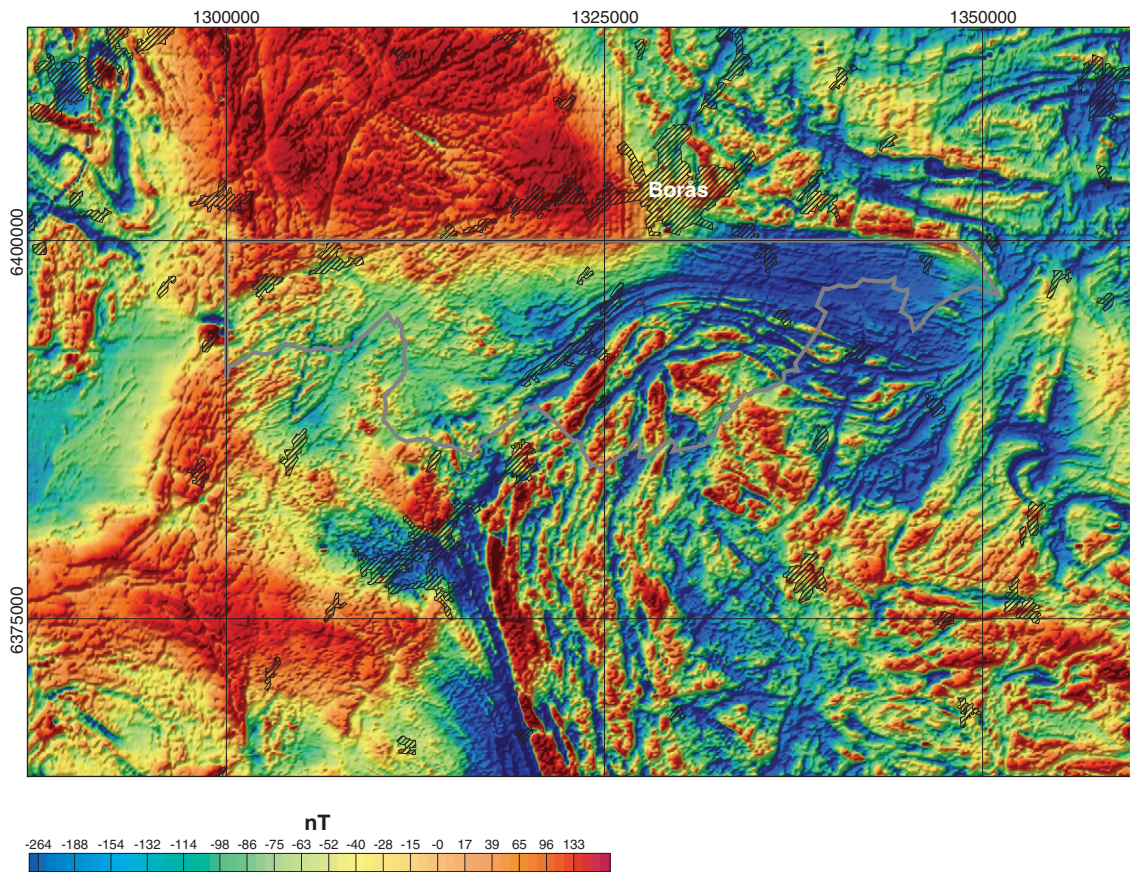


Fig. 6. Magnetiskt totalfält över karteringsområdet.

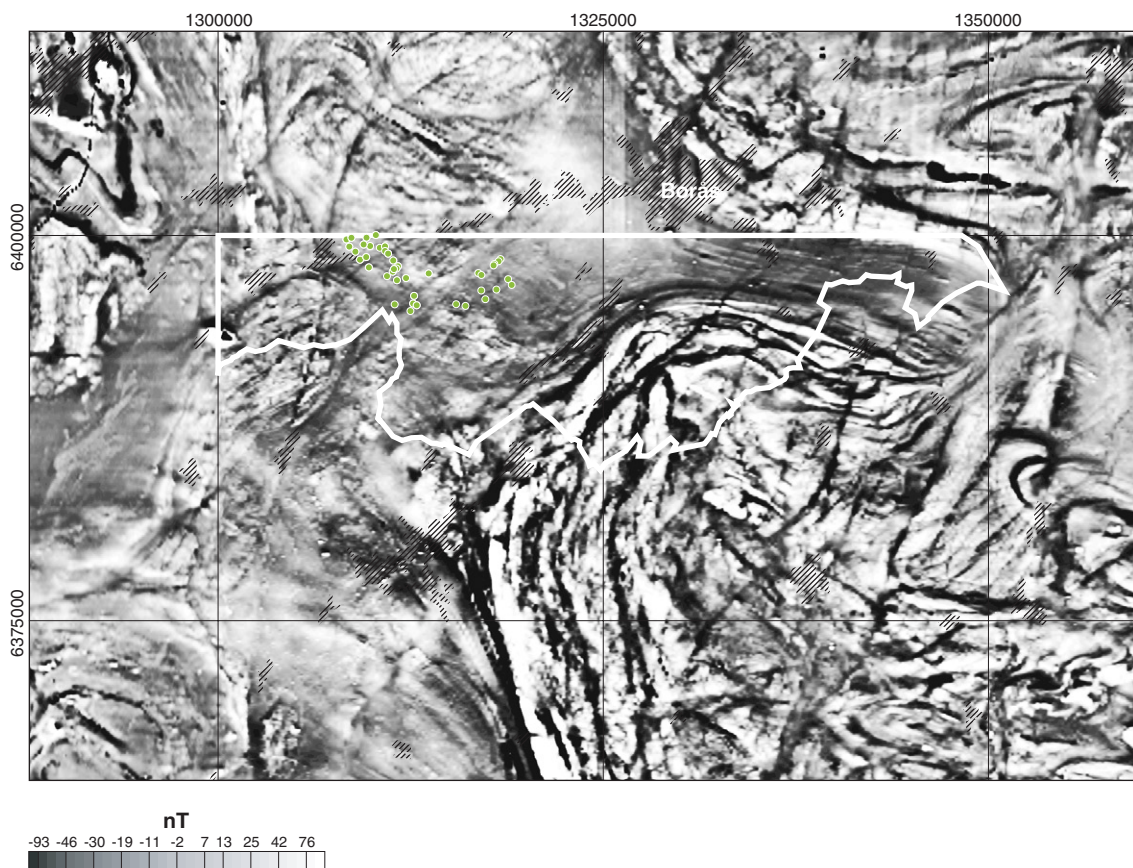


Fig. 7. Magnetisk anomalikarta där de ytliga strukturerna förstärkts genom filtrering. Symbolerna visar granuliternas läge.

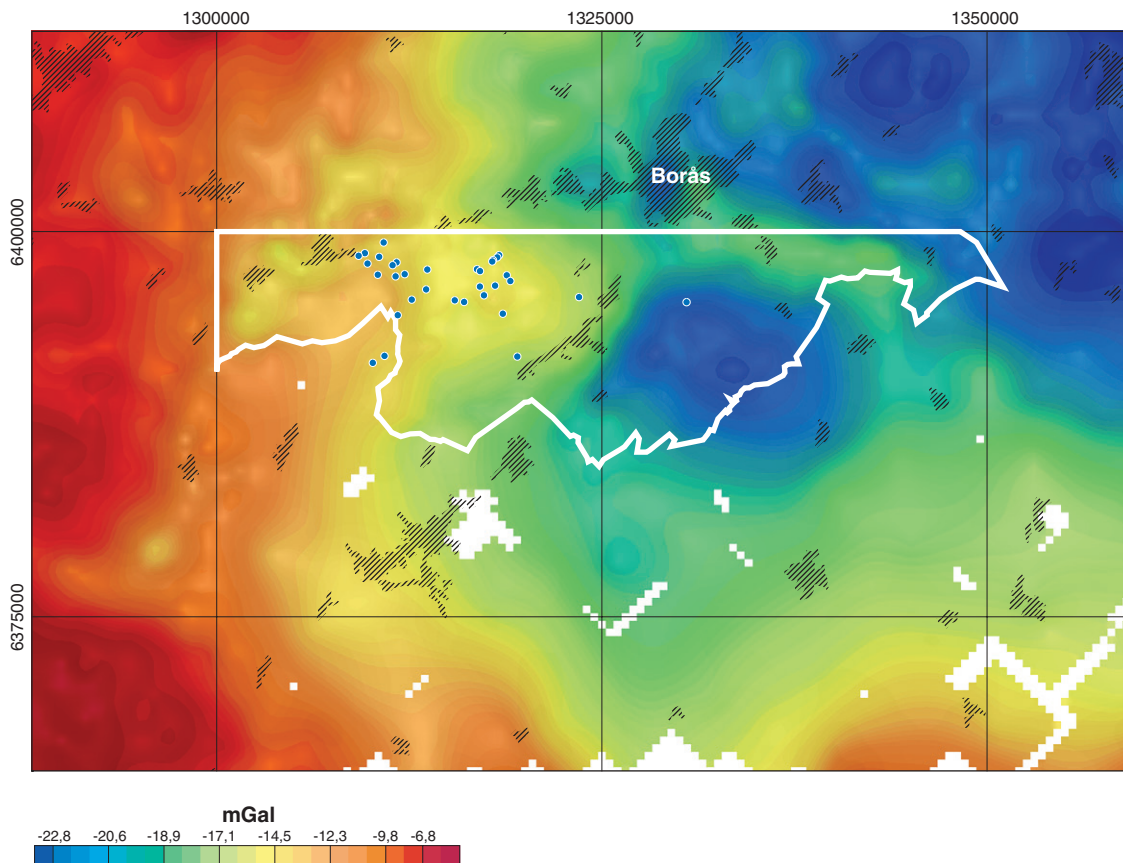


Fig. 8. Tyngdkraftsfältet uttryckt som Bougueranomolier. Symbolerna visar granuliternas läge.

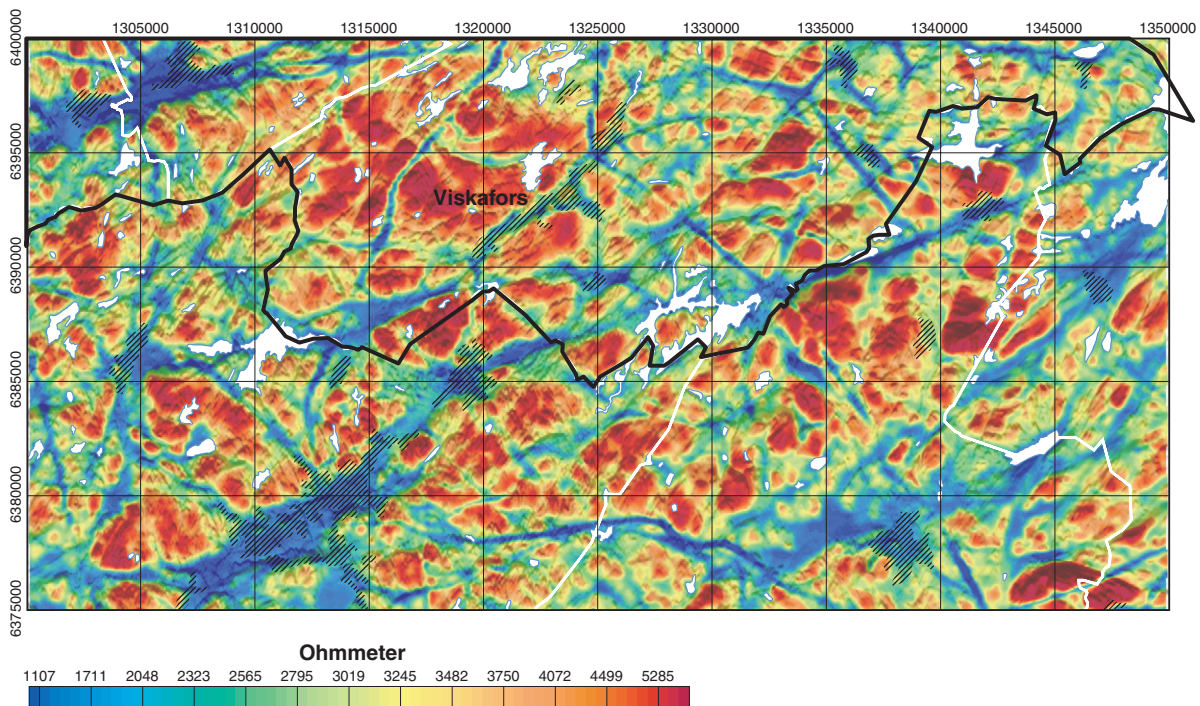


Fig. 9. Skenbar resistivitet erhållen från VLF-data.

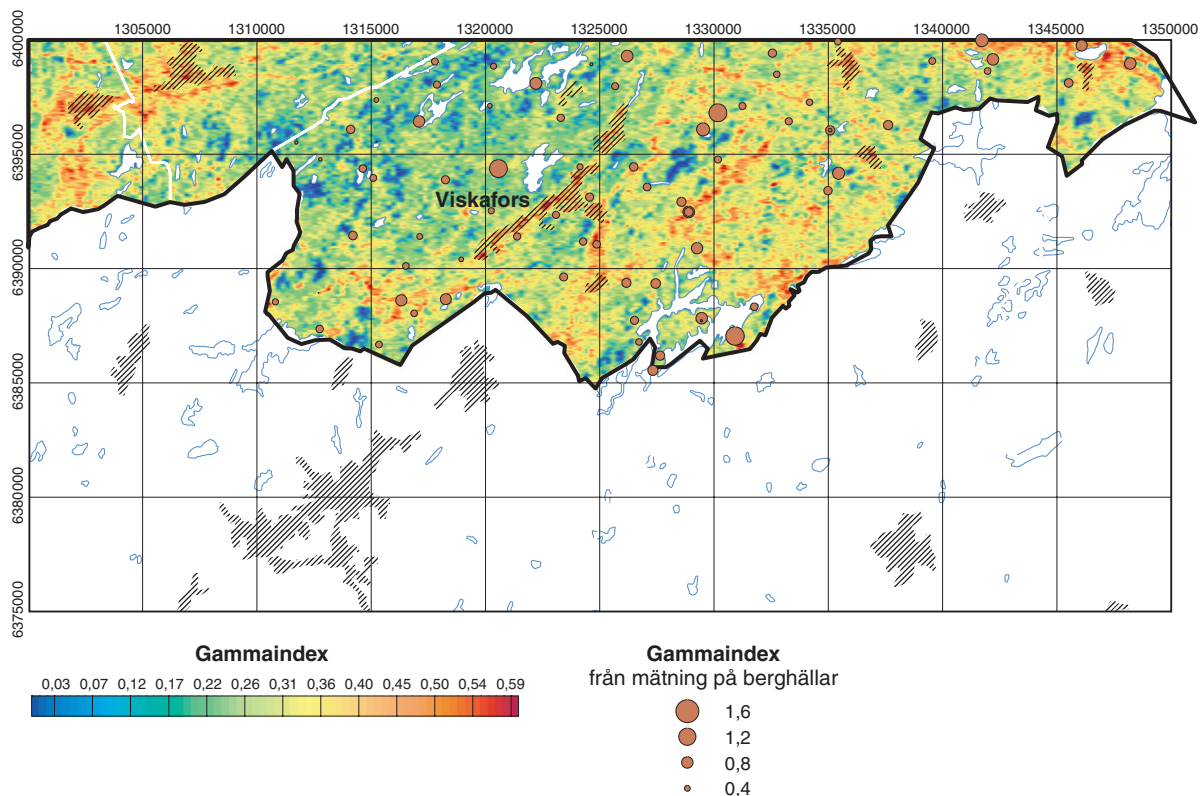


Fig. 10. Karta över gammaindex, beräknat från flygmätta data. Symbolerna visar gammaindex från mätningar på berg-hällar.

Granuliterna har mycket höga densiteter ( $3\,100\text{--}3\,200\text{ kg/m}^3$ ) och uppträder som boudiner i omgivande bergarter. Deras förekomst sammanfaller med en förhöjning av tyngdkraftsfältet (fig. 8).

Den magnetiska anomalikartan uppvisar ett diskordant mönster väster om granuliternas utbredningsområde (fig. 7), vilket tyder på att man där har ett annat snitt av berggrunden.

Spröda deformationszoner med nordnordostlig och nord-sydlig riktning framträder som tydliga lågmagnetiska anomalier. De framträder tydligt även på resistivitetskartan (fig. 9), som även antyder att de ost-västliga deformationszonerna i den ovan diskuterade veckstrukturen har en spröd karaktär.

Berggrundens gammastrålning är genomgående låg inom karteringsområdet, vilket framgår av gammastrålningskartan (fig. 10). Den högsta uranhalt (41,4 ppm) uppmättes i en punkt på en häll med röd migmatitgranit, nordväst om Seglora. Hällens medelvärde är dock 14,6 ppm uran. Öster om Sjövik har en toriumhalt på 62,5 ppm uppmätts på en röd anatektisk granit. I samma hällområde men ca 100 m från denna mätpunkt har en uranhalt på 18,8 ppm påträffats.

## REFERENSER

- Ahlin, S., 1980: Beskrivning till berggrundskartan Borås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 130*, 114 s.
- Ahlin, S., 1983: Beskrivning till berggrundskartan Borås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 143*, 92 s.
- Andersson, J., Möller, C. & Johansson, C., 2002: Zircon geochronology of migmatite gneisses along the southern Mylonite Zone: a major Sveconorwegian terrane boundary in the SW Baltic Shield. *Precambrian Research 114*, 121–147.
- Austin Hegardt, E., Claesson, L., Cornell, D. & Simakov, S.K., 2004: Eclogites in the central part of the Sveconorwegian Eastern Segment of the Baltic Shield: Support for a Subduction-Extrusion model. *GFF 126*, 17–18.
- Connelly, J.N., Berglund, J. & Larsson, S.Å., 1996: Thermotectonic evolution of the Eastern Segment of

- southwestern Sweden; tectonic constraints from U-Pb geochronology. *I.T.S. Brewer (red.): Precambrian Crustal Evolution in the North Atlantic region. Geological Society London, Special Publication 112*, 297–313.
- Cornell, D.H., Armstrong, R., Scherstén, A. & Åberg, A., 1997: The CANUTE model for dating polyphase zircons by ion-probe. *Terra Abstracts, Terra Nova 9*, 451.
- Grönholm, A., 2001: Högtrycksmetabasiter i den södra delen av Mylonitzonen: fältgeologi, petrografi och metamorf utveckling. Examensarbete i geologi, *Geologiska institutionen Lunds universitet*.
- Hansen, B.T., Persson, P.-O., Söllner, F. & Lindh, A., 1989: The influence of recent lead loss on the interpretation of disturbed U-Pb systematics in zircons from metamorphic rocks in southwest Sweden. *Lithos 23*, 123–136.
- Johansson, L., Möller, C. & Söderlund, U., 2001: Geochronology of eclogite facies metamorphism in SW Sweden. *Precambrian Research 106*, 261–275.
- Johansson, L., Lindh, A. & Möller, C., 1991: Late Sveconorwegian (Grenville) high-pressure granulite facies metamorphism in southwest Sweden. *Journal of Metamorphic Geology*, 283–292.
- Johansson, Å., 1993: U-Pb dating of titanites from southwest Sweden. *I.M.B. Stephens & C.-H. Wahlgren (red.): Ductile shear zones in the Swedish segment of the Baltic shield. Abstracts and excursion guide 12–13. Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 76*.
- Lundqvist, L., Antal Lundin, I., Andersson, J., Bergström, U. & Hellström, F., 2005: Projekt Östra Göteborg Berg. *I H.Delin (red.) Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 120*, 36–51.
- Möller, C., 1998: Decompressed eclogites in the Sveconorwegian (-Grenvillian) orogen of SW Sweden: petrology and tectonic implications. *Journal of Metamorphic Geology 16*, 641–656.
- Möller, C., 1999: Sapphirine in SW Sweden: a record of Sveconorwegian (-Grenvillian) late-orogenic tectonic exhumation. *Journal of Metamorphic Geology 17*, 127–141.
- Samuelsson, L., 1977: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*, 85 s.
- Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 124*, 100 s
- Scherstén, A., Årebäck, H., Cornell, D., Hoskin, P., Åberg, A. & Armstrong, R., 2000: Dating mafic and ultramafic intrusions by ion-microprobing contact-melt zircon: examples from SW Sweden. *Contributions to Mineralogy and Petrology 139*, 115–125.
- Söderlund, U., Möller, C., Andersson, J., & Johansson, L., 2002: Zircon geochronology in polymetamorphic gneisses in the Sveconorwegian orogen, SW Sweden: ion microprobe evidence for 1.46–1.42 Ga and 0.98–0.96 Ga reworking. *Precambrian Research 113*, 193–225.
- Åhäll, K.-I., Cornell, D.H. & Armstrong, R. 1998: Ion probe zircon dating of metasedimentary units across the Skagerrak: new constraints for early Mesoproterozoic growth of the Baltic Shield. *Precambrian Research 87*, 117–134.

# Östra Göteborg, bergkvalitet

Mattias Göransson, Mehrdad Bastani, Ulf Bergström, Dick Claesson, Thomas Eliasson, Fredrik Hellström och Hossein Shomali

## INLEDNING

Projektområdet (se fig. 1) omfattar kommunerna Alingsås, Bollebygd, Borås, Härryda, Kungälv\*, Lerum, Mölndal, Partille, Stenungsund, Varberg\* och Uddevalla\* (\* = del av kommun). Målet med projektet är att skapa översiktlig information om berggrundens användbarhet som vägmakadam, järnvägmakadam

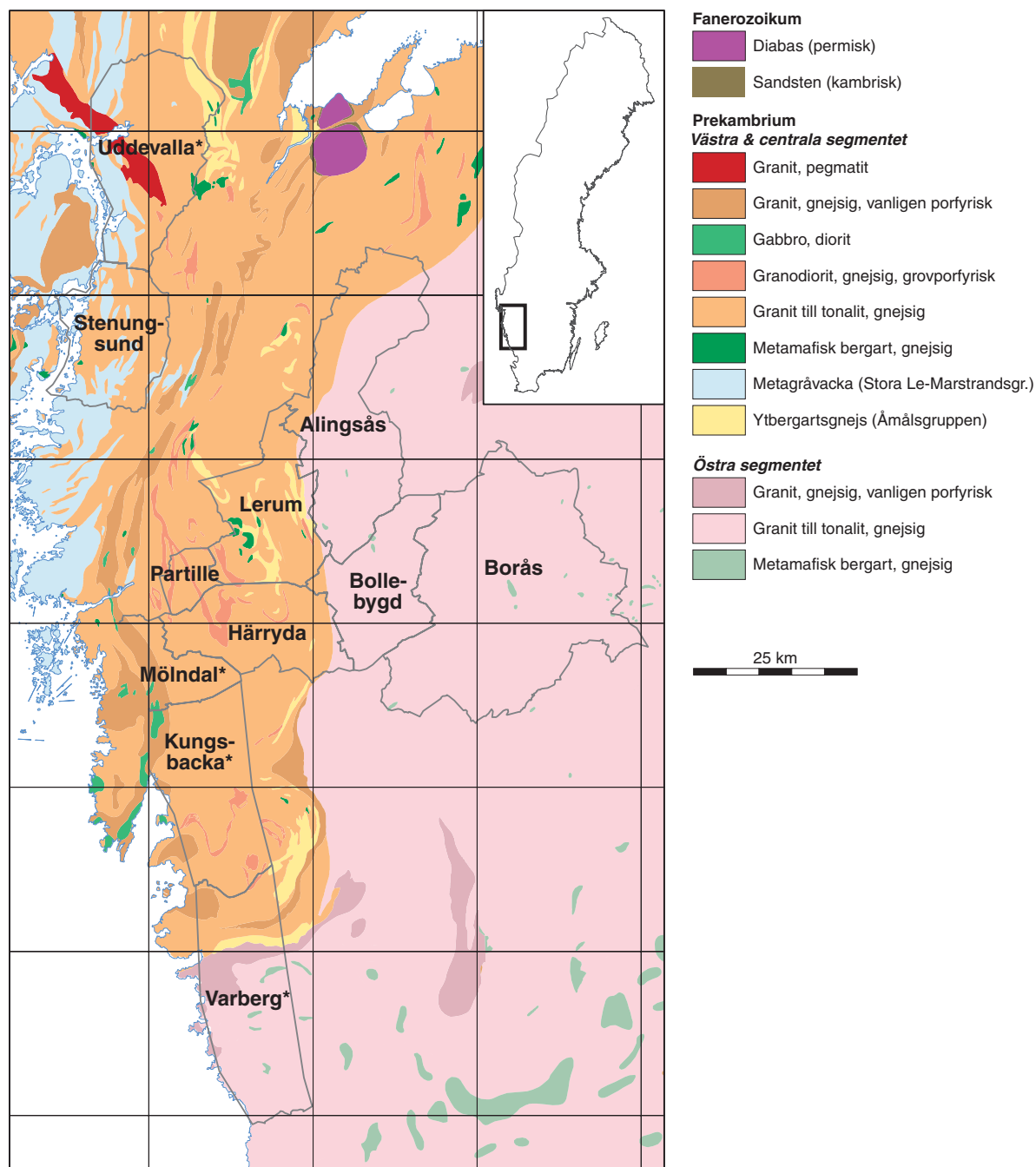


Fig. 1. Projektområdet. Översiktlig berggrundskarta över Västra Götaland och norra delarna av Hallands län. Modifierad från Samuelsson (1978, 1982), Lundqvist m.fl. (1994) Lundqvist (1997), Lundqvist & Wik (1998) och Wik m.fl. (2002).

och betongballast. Som underlagsmaterial för bergkvalitetskartan användes geofysiska flygmättningsdata och berggrundskartor. Ungefär 75 procent av projektområdet täcks av moderna berggrundsgeologiska kartor i skala 1:50 000. De återstående 25 procenten, Alingsås (norra delen), Bollebygds (södra delen), Borås (södra delen) och Härrydas (sydöstra delen) kommuner berggrundskarteras samtidigt inom projektet "Östra Göteborg, berg". Under 2004–2005 färdigställdes bergkvalitetskartorna över Partille och Lerums kommuner samt Mölndals kommun.

## METODIK

Bergkvalitetskartan bygger på den tidigare genomförda berggrundskarтерingen och grundar sig på fältkontroll av de dominerande bergartsenheter vid ett antal utvalda lokaler. En del lokaler har undersökts närmare, och från var och en har ca 70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys (kulkvarns-, Los Angeles- och mikro-Devalanalys). Dessutom har det gjorts mätningar av sprickplanens orientering samt en bedömning av spricktätheten. Kulkvarnsvärdet (FAS-metod 259-02) är ett mått på bergets nötningsmotstånd och är en viktig parameter för att bedöma bergmaterialets lämplighet som vägmakadam (Vägverket 2004). Los Angelesvärdet är ett mått på bergmaterialets sprödhet (SS-EN 1097-2). Polerade tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats, och petrografisk analys, ASR- (alkalisilikareaktivitet, RILEM 2000) och modalanalys samt mikrofotografering har utförts. I de fall där berggrunden är heterogen (flera bergartsled i samma håll), vilket är speciellt vanligt i ådergnejsområden, har två eller flera prover tagits. Mätningar med gammaspakrometer har gjorts vid de flesta provlokaler för att bestämma radium- och gammaindex i bergmaterialet. I bergkvalitetskartan har berggrunden delats in i tre kvalitetsklasser, nämligen 1. god, 2. mindre god och 3. dålig kvalitet. Denna indelning baseras främst på kulkvarns- och Los Angelesvärdena.

En slutexkursion har genomförts under hösten 2005, gemensamt med projektet "Östra Göteborg, berg".

## KUNGSBACKA OCH VARBERGS KOMMUNER

Kungsbacka och Varbergs kommuner är berggrundskarterade sedan tidigare och täcks av berggrundskartorna 6B Kungsbacka NO (Samuelsson 1982) och SO (Lundqvist 1997) samt 5B Varberg NO (I. Lundqvist, under arbete), samtliga i skala 1:50 000.

Berggrunden i Varbergs kommun domineras av granitoider tillhörande det så kallade Östra segmentet som har en ålder av ca 1 700 miljoner år. Östra segmentets granitoider är på många håll hypersten- och ortoklasförande, vilket vittnar om att berggrunden utsatts för omvandling under hög temperatur och högt tryck, så kallad charnokitisering (I. Lundqvist, under arbete). Mylonitzonen, som förekommer i den norra delen av Varbergs kommun, är en flera kilometer (ca 3 km) bred zon med stark till mycket stark deformation (flackt liggande ådrade gnejser). Centrala segmentets bergarter kan fortfarande till stor del identifieras i zonen. I anslutning till och söder om zonen förekommer en grovkornig granit (Torpgranit) som varit föremål för fältspatuttag från ett antal stenbrott. Nordöst om Mylonitzonen finns mindre områden med delvis finkorniga ytbergarter. Berggrunden i Kungsbacka kommun domineras av bergarter som tillhör det så kallade Centrala segmentet, vilket utgörs av en samling gnejsiga och vanligen ådrade bergarter som är något yngre (ca 1 200–1 600 miljoner år) än de föregående nämnda bergarterna i Östra segmentet. Sammansättningen varierar mellan granitisk och tonalitisk med anslutande gabbroida led, och den vanligaste sammansättningen är granodioritisk. De granitiska och granodioritiska varieteterna är ställvis ögonförande.

Totalt har 67 prover tagits från undersökningsområdet. Grovt medelkorniga, jämnkorniga granodioriter till tonaliter ger nästan alltid kulkvarnsvärden över 18 %. De äldre mafiska bergartsleden är i allmänhet omkristalliserade och ger dåliga tekniska resultat. De bästa bergartsleden är deformerade graniter (i synnerhet de unga, s.k. RA-graniterna), finkorniga mafiter som inte utvecklats en utpräglad polygonaltextur liksom de äldre mafiterna, ytbergarter tillhörande Horredsgruppen och bergarter associerade med Mylonitzonen. Dessa bergartgrupper är relativt heterogena (särskilt i Mylonitzonsområdet) med avseende på bergkvaliteten. Det bästa kulkvarnsresultatet (7,2 %) från området erhöles från en mylonitiserad granit i Mylonitzonen (fig.

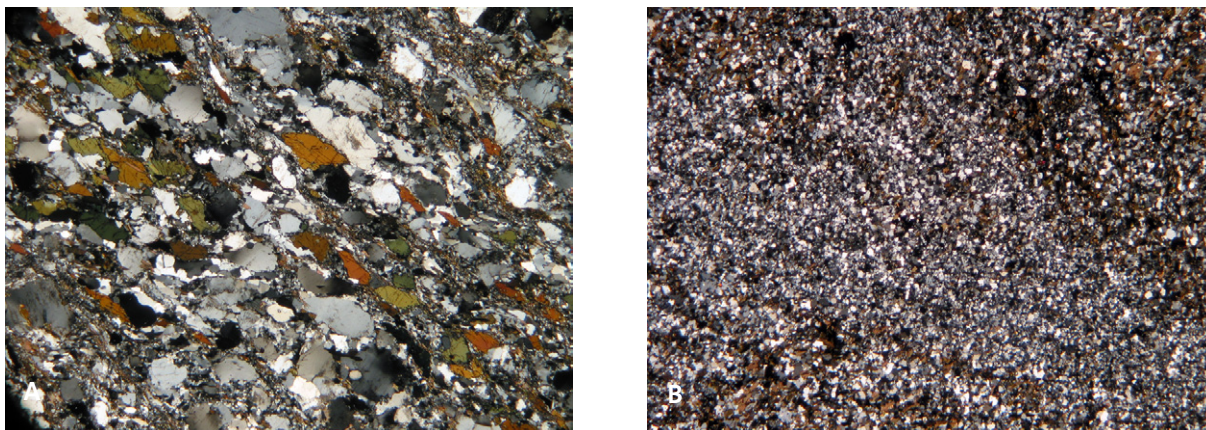


Fig. 2. Mikrofoton av bergarter från projektområdet. Koordinater i rikets nät. **A.** Dynamiskt omkristalliserad granodiorit i Mylonitzonen Det finkorniga till mycket finkorniga matrixet ger bergarten dess mycket goda bergmekaniska egenskaper ( $Kk = 7,2 \%$ ,  $LA = 17,3 \%$ ). Bildbredd ca 7 mm (6350009/1285136). **B.** Kvarts-fältspatrik vulkanisk bergart (dacit) tillhörande Åmålsgruppen. Sandbäcken, 11 km nordost om Uddevalla. Daciten är mycket finkornig (0,05 till 0,1 mm) och innehåller ca 12 volymprocent biotit (mörkt grön). Bildbredd ca 5 mm. Korsade polarisatorer, (6483850/1281950).

2a). De bergarter som bedömts som mycket sannolikt alkalireaktiva är generellt deformerade och kvartsförande, vilket innebär att en bergart med ett bra kulkvarnsvärde (se ovan) i många fall är alkalireaktiv. Östra segmentets gnejser ger överlag bättre kulkvarnsresultat än gnejserna från det Centrala segmentet (gäller ej generellt i övriga regioner). Orsaken till detta antas vara, att de förstnämnda är något mer finkorniga och mindre ådergnejsomvandlade än de sistnämnda. Endast vid en lokal, strax söder om Kungsbacka stad, överskrids gammaindexvärdet 2,0 för en enstaka mätning (medelvärde för gammaindex 2,1, för radiumindex 0,7). Berggrunden vid den här lokalen utgörs av en svagt gnejsig, porfyrisk, så kallad RA-granit, som även i grannkommunen Mölndal ger höga värden för gammaindex.

## UDDEVALLA OCH STENUNGSUNDS KOMMUNER

Uddevalla och Stenungsunds kommuner är berggrundskarterade sedan tidigare och täcks av berggrundskartorna 8B Vänersborg NV (SGUs databaser), 8B Vänersborg NO och SO (Gorbatshev 1987 resp. Samuelsson & Lundqvist 1985), 8A LysekilSO/8B Vänersborg SV (Samuelsson & Åhäll 1990), 7A Marstrand NO/7B Göteborg NV (Samuelsson & Åhäll 1985) och Göteborg NO (Samuelsson 1985), samtliga i skala 1:50 000.

Totalt har 41 prover tagits från undersökningsområdet. I de nordöstra delarna av Uddevalla kommun finns finkorniga bergarter av huvudsakligen vulkaniskt ursprung som tillhör den så kallade Åmålsgruppen. De mycket finkorniga vulkaniska bergartsleden ger emellanåt mycket bra kulkvarnsresultat ( $Kk = 6-11 \%$ , bästa resultatet,  $6,2 \%$ , ca 3 km nordnordost om Lane-Ryr kyrka, se fig. 2b). I de västra delarna av Uddevalla och Stenungsunds kommuner domineras berggrunden av Stora Le-Marstrandsgruppens ytbergartsgnejser. De är glimmerrika på många ställen och ådergnejsomvandlade, vilket gör att de tekniska egenskaperna är dåliga till mycket dåliga ( $Kk > 18 \%$ ). Enstaka glimmerfattigare led (ursprungligen sandiga lager) kan ställvis ge något bättre resultat. Av de tre olika granitoidsviterna ("1 600-, 1 560- och 1 100-sviterna") ger de i den nordöstra delen liggande, deformerade "1 560-graniterna" bäst resultat ( $Kk = 7,8 \%$ , 2 km nordost om Öresjö och  $Kk = 7,5 \%$ , 1 km nordväst om Lane-Ryr kyrka, se fig. 3). Även de unga "1 100-graniterna" är utsatta för deformation vilket inverkar positivt på de bergarternas sprödhetsegenskaper. De äldsta granitoiderna i "1600-sviten" är i allmänhet kraftigt ådrade och kan på vissa ställen vara svåra att skilja från intilliggande ytbergartsgnejser. I allmänhet har de något sämre tekniska egenskaper än de yngre granitoiderna. Gammaindex och radiumindex är lägre än 2 respektive 1 (motsvarar  $200 \text{ Bq/kg } ^{226}\text{radium}$ ) vid samtliga lokaler. Små områden med relativt högt radiumindex (0,89) förekommer i pegmatitgranitkroppen väster om Uddevalla (gammaindex 1,23). Pegmatitgraniten på lokalen har en relativt hög halt av torium, vilket ger höga värden för gammaindex. Endast i ett prov har bergarten (ytbergartsgnejs) bedömts som mycket sannolikt alkalireaktiv.



Fig. 3. Röd, fint medel- till medelkornig, gnejsig och glimmerfattig granit tillhörande "1560-sviten". Holmen, 8,5 km nordost om Uddevalla (6481150/1280300), koordinater i rikets nät.

## ALINGSÅS KOMMUN

De tryckta berggrundskartorna i skala 1:50 000, 7C Borås SV (Ahlin 1980), 7B Göteborg SO och NO (Samuelsson 1978, 1985) och 6B Kungsbacka NO (Samuelsson 1982) med beskrivningar täcker ca 35 procent av kommunerna. Resterande område har karterats under tiden 2003 till 2005 inom ramen för det pågående projektet "Östra Göteborg, berg".

Totalt har 37 prover tagits från undersökningsområdet. Berggrunden i Alingsås kommun domineras av bergarter tillhörande det Östra segmentet. Tonaliter och granodioriter från detta område har vanligtvis alltför höga kulkvarnsvärden (>18 %), och de leukokratiska graniterna är vanligtvis alltför spröda (LA >30 %) för att duga som klass 2-material. De gnejsiga graniter som inte är migmatitiserade bedöms ofta som klass 2-material (Kk = 11,2 %, LA = 26,5 %). Bergarter inom Mylonitzonen har utsatts för plastisk deformation och erhållit komplicerade kornfogar, i likhet med förhållandena inom Kungsbacka och Varbergs kommuner, vilket förbättrat bergarternas tekniska egenskaper. Kommunens bästa kulkvarnsvärde kommer från en finkornig granit (7,9 %) i det Östra segmentet, i närheten av Mylonitzonen. Bergarterna i det Centrala segmentet är mer heterogena med avseende på de tekniska egenskaperna än de inom det östra. Finkorniga eller deformerade granodioriter och tonaliter kan i vissa fall duga som klass-2 material. Granitiska sammansättningar bedöms i allmänhet som klass 2-material och de flesta tonalitiska bergartsled som klass 3-material. Alla mafiska bergarter i kommunen har bedömts vara klass-3 material.

## HÄRRYDA OCH BOLLEBYGDS KOMMUNER

De tryckta berggrundskartorna i skala 1:50 000, 7B Göteborg SO (Samuelsson 1978), 6B Kungsbacka NO (Samuelsson 1982) och 7C Borås SV (Ahlin 1980) med beskrivningar täcker ca 80 procent av kommunernas yta. Resterande 20 % har karterats under tiden 2003 till 2005 inom det pågående projektet "Östra Göteborg, berg". Totalt har 50 prover tagits från undersökningsområdet. Berggrunden i Härrydas kommun utgörs till mer än 80 % av det Centrala segmentets granitoider med en dominans av granodioritisk sammansättning. Granitiska kroppar som åtföljer ytbergartsgnejserna och de tekniskt undermåliga ögongnejserna ger vanligen moderata kulkvarnsvärden (13–15 %), medan granodioriterna och tonaliterna nästan alltid ger dåliga resultat (>18 %). I de östra delarna av kommunen skiljer Mylonitzonen det Centrala segmentet från det Östra. Bergarterna inom Mylonitzonen ger, i analogi med motsvarande områden för ovanstående kommuner, bättre tekniska egenskaper än den omgivande berggrunden. Östra segmentets granitoider är i allmänhet sprödare än Centrala segmentets bergarter och huvudparten räknas som klass-3-material. Inga bergarter med kulkvarnsvärden under 10 % har påträffats inom Härryda och Bollebygds kommuner. Alla mafiska bergarter i kommunen har bedömts som klass-3 material.

## REFERENSER

- Ahlin, S., 1980: Beskrivning till berggrundskartan Borås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 130*, 114 s. FAS-metod 259-02: Bestämning av kulkvarnsvärde. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*, 5 s.
- Gorbatshev, R., 1987: Berggrundskartan 8B Vänersborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 156*.
- Lundqvist, I., 1997: Beskrivning till berggrundskartan Vänersborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 160*, 104 s.
- Lundqvist, I. & Wik, N.G., 1998: Industriella mineral och bergarter i Hallands län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 96*, 126 s.
- Lundqvist, I., 1997: Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 187*, 88 s.
- Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1994: Sveriges berggrund i skala 1:1 250 000. I C. Fredén (red.): Berg och jord. *Sveriges Nationalatlas*.
- RILEM Recommended test method AAR-1, 2000: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – Petrographic method, *Materials and structures 36*, 480–496.
- Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*, 85 s.
- Samuelsson, L., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 124*, 100 s.
- Samuelsson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 136*, 101 s.
- Samuelsson, L., 1990: Berggrundskartan 8A Lysekil SO/8B Vänersborg SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 173*.
- Samuelsson, L. & Åhäll, K.-I., 1985: Berggrundskartan 7A Marstrand NO/7B Göteborg NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 146*.
- Samuelsson, L. & Lundqvist, I., 1988: Berggrundskartan 8B Vänersborg SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 160*.
- Samuelsson, L. & Åhäll, K.-I., 1985: Berggrundskartan 7A Marstrand NO/7B Göteborg NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 146*.
- Samuelsson, L. & Åhäll, K.-I., 1990: Berggrundskartan 8A Lysekil SO/8B Vänersborg SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 173*.
- SGUs databaser, 2001: Kartbladet 8B Vänersborg NV. *Sveriges geologiska undersökning*.
- Svensk Standard, 1997: SS-EN 1097-2: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 2: Bestämning av motstånd mot sönderdelning. *Standardiseringen i Sverige*, 29 s.
- Vägverket 2004: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion *ATB VÄG 2004 Publ 2004:111*, 541 s.
- Wik, N.-G., Lundqvist, I., Selinus, O., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wikström, A., 2002: Malmer, industriella mineral och bergarter i Västra Götalands län, inklusive kommunerna Habo och Mullsjö. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 108*, 231 s.

E-post: mattias.goransson@sgu.se  
dick.claesson@sgu.se  
hossein.shomali@sgu.se

mehrdad.bastani@sgu.se  
thomas.eliasson@sgu.se

ulf.bergstrom@sgu.se  
fredrik.hellstrom@sgu.se

# Östra Mälardalen, berg

Magnus Ripa, Mehrdad Bastani, Hans Delin och Lena Persson

## PROJEKTBEKRIVNING

Under våren 2003 startade SGU ett karteringsprojekt som omfattar berggrunden i de områden som motsvaras av topografiska kartbladen (skala 1:50 000) 11H Enköping NV, 11H Enköping NO och 11I Uppsala NO enligt LMVs indelning (fig. 1). Projektet avser att ge en modern och mer detaljerad bild av berggrunden i området än vad som sammanställdes inom ramen för projekt Bergslagen (Stephens m.fl. 2000, 2001). Den geologiska undersökningen bedrevs i huvudsak som så kallad baskartering, varvid ca 4–5 km<sup>2</sup> per person och dag undersöks. Kring vägar med vägnummer lägre än 100 och i större samhällen har lokalt så kallad reguljärkartering bedrivits, vilket innebär en något noggrannare undersökning. All insamlad information kommer att lagras i SGUs databaser.

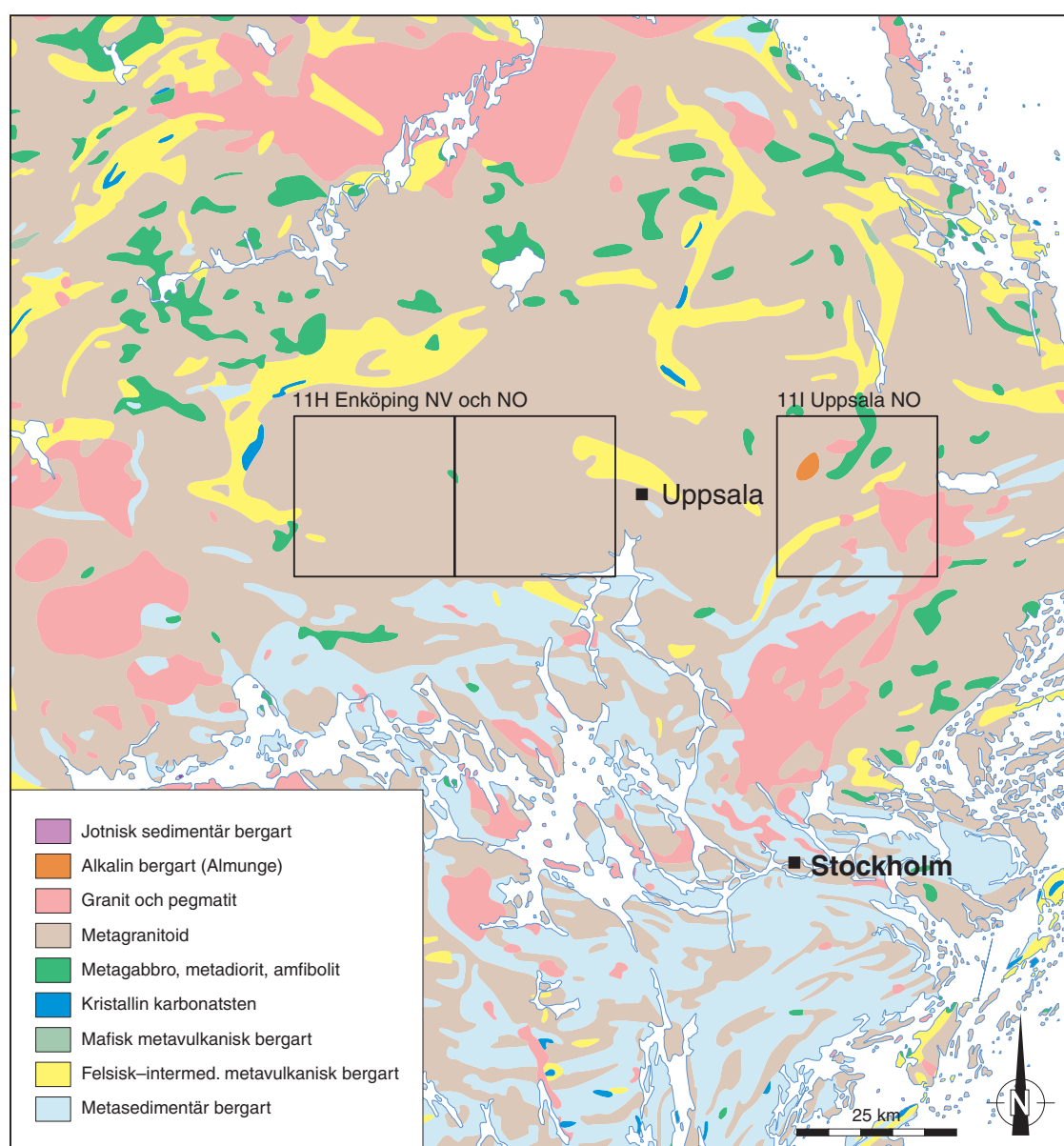


Fig. 1. Utsnitt ur Sveriges Nationalatlas (Lundqvist m.fl. 1994) över den del av landet där projektområdet ligger. De enskilda kartområdena är markerade med rutor.

Under fältsäsongerna 2003, 2004 och 2005 gjordes geologiska och geofysiska undersökningar i projektområdet. Resultaten av 2003 och 2004 års undersökningar beskrevs av Ripa m.fl. (2004, 2005). Samtliga områden är nu färdigundersökta och den slutliga sammanställningen, bearbetningen och datalagringen har inletts.

Jan-Olof Arnbom, Daniel Boman, Erik Eneroth, Helena Lager, Daniel Larsson, Anders Lundgren, Sven Lundqvist och Niklas Ohlsson hjälpte till med fältundersökningarna. Oskar Aurell och Lars Bergqvist biträdde vid sammanställningsarbetet.

## Regional geologi

Berggrunden inom projektområdena (fig. 1) domineras av bergarter som bildades under den svekokarelska orogenesisen (bergskedjebildningen) för cirka 1 960 till 1 750 miljoner år sedan. Äldst i det aktuella området är svekofenniska ytbergarter (bergarter avsatta på jordytan) som utgörs av vulkaniska och sedimentära avlagringar bildade för cirka 1 900 miljoner år sedan. Ytbergarterna intruderades av djup- och gångbergarter (intrusivbergarter bildade i jordskorpan) för ca 1 900 till 1 850 miljoner år sedan. Djupbergarterna kallas tidigorogent svekokarelska. Alla ovannämnda bergarter metamorfoserades (omvandlades genom att de fördes ner i jordskorpan och där utsattes för höga temperaturer och/eller tryck) under kulminationen av orogenesisen. Lokalt var omvandlingen så stark att bergarterna smälte. Smältorna (magmor) gav upphov till en ny generation djup- och gångbergarter, som kallas syn- till senorogent svekokarelska. Efter den svekokarelska orogenesisen intruderades den äldre berggrunden av flera generationer med diabasgångar.

## KARTOMRÅDET 11H ENKÖPING NO

*Magnus Ripa och Lena Persson*

Kartområdet 11H Enköping NO ligger i Uppsala län. Det omfattar delar av Uppsala, Enköpings och Håbo kommuner; inga landdelar av Håbo kommun berörs emellertid.

Äldre geologiskt material i områdena utgörs av Kugelberg (1863), Hummel (1865) och Gumaelius & Paykull (1865). Relativt modernt geologiskt material är "Kartbladet Uppsala" (Lundegårdh & Lundqvist 1956). Moderna berggrundskartor med beskrivning finns för omkringliggande områden, nämligen 11H Enköping SO (Stålhös 1974), 11H Enköping SV (Stålhös 1977), 12I Östhammar SV (Stålhös 1991) och 11I Uppsala NV (Arnbom & Persson 2002). Kartområdena 12H Söderfors SV och SO undersöktes fältsäsongerna 2000 och 2001 (Bergman m.fl. 2001, 2002). Kartområdet 11H Enköping NV undersöktes av Ripa m.fl. (2004, 2005). Se även Stephens m.fl. (2000, 2001).

Under fältsäsongen 2005 omfattade den geologiska undersökningen ca 375 km<sup>2</sup>, och 611 observationer lades in i hälldatabasen (halldb).

Det geofysiska fältarbetet började 2004 och slutfördes under 2005. Årets fältarbeten omfattade ungefär två veckor. De bestod av gammastrålningsmätning och av parameterprovtagning för laboratoriemätning av bergarternas magnetiska egenskaper och densitet. Några magnetiska och elektromagnetiska (VLF-) profiler mättes för uppföljning av anomalier inom området. Parameterprover togs från ca 130 lokaler. Gammastrålningsmätningar på berghällar gjordes på ca 140 lokaler. I tabell 1 finns en sammanställning av geofysiskt mätta kalium-, uran- och toriumhalter samt densitet och magnetisk susceptibilitet för samtliga bergarter inom kartområdet.

## Bergarter

### *Allmänt*

En preliminär och förenklad bild av områdets berggrund visas i figur 2. Tidigorogena intrusivbergarter är helt dominerande och bildar dels större kroppar, dels gångar. Underordnat finns svekofenniska ytbergarter och syn- till senorogena intrusivbergarter. De senare uppträder som gångar och smärre kroppar.

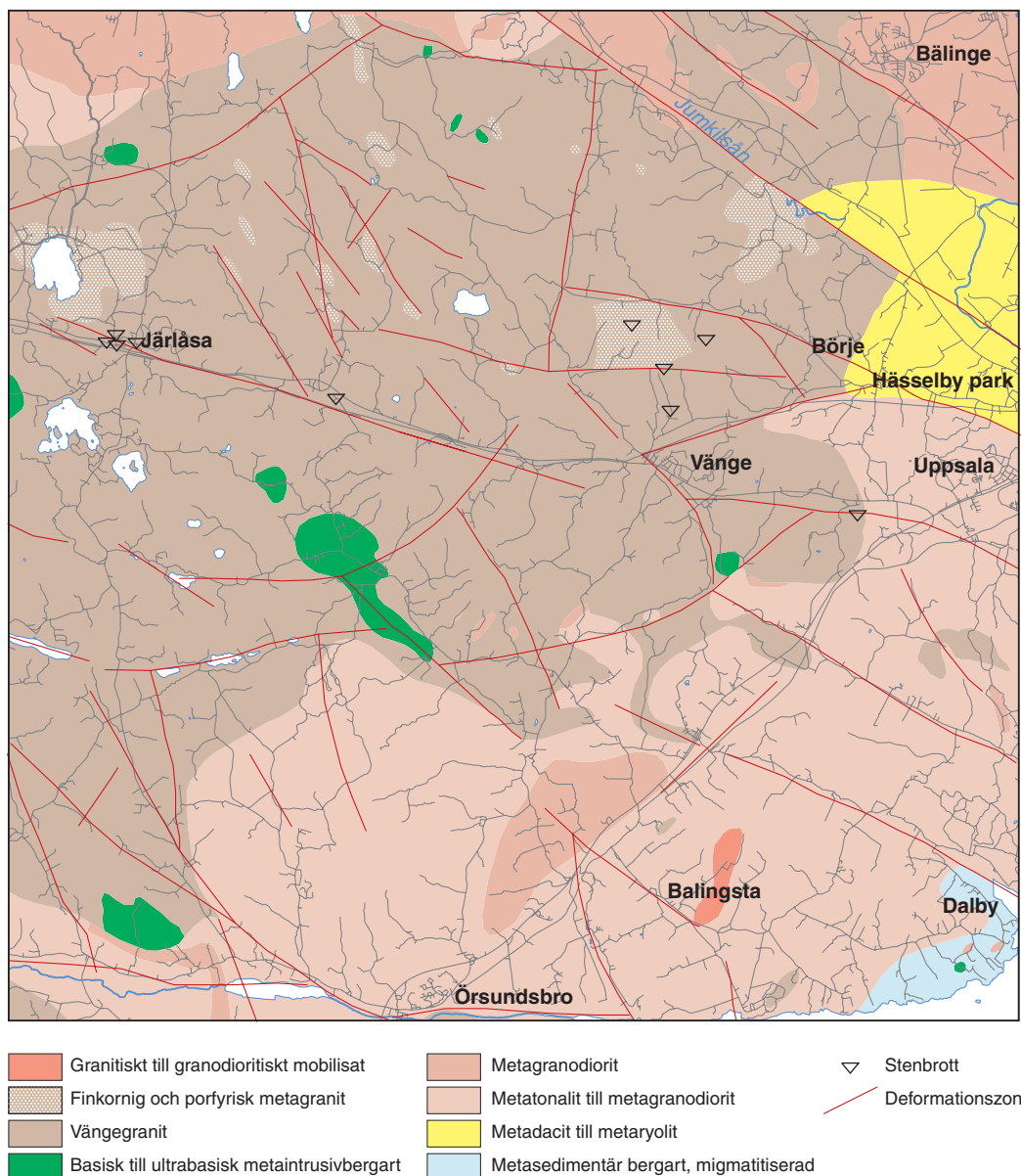


Fig. 2. Översiktlig berggrundskarta över kartområdet 11H Enköping NO.

För en mer ingående beskrivning av bergarternas mineralogi hänvisas till den från kartområdet 11H Enköping NV (Ripa m.fl. 2005).

### Ytbergarter

De äldsta bergarterna i det undersökta området är svekofenniska ytbergarter. De består av dels metavulkaniter, dels metasedimentära bergarter. Relationen mellan dem är oklar. Lokalt är det svårt att avgöra om den föreliggande bergarten har vulkaniskt eller sedimentärt ursprung.

De metasedimentära bergarterna förekommer huvudsakligen i områdets sydöstra delar och består övervägande av ursprungliga gråvackor. Gråvackorna är ådergnejsomvandlade till migmatitiserade. Bevarade partier är lokalt porfyroblastiska med granat och något oidentifierat mineral (fig. 3 a). Metaargillit och metasandsten finns som xenoliter i områdets intrusiva bergarter.

De metavulkaniska bergarterna har sin största utbredning norr och nordväst om Uppsala, i områdets nordöstra hörn. Lokalt finns metavulkanit som xenoliter i områdets intrusivbergarter. Metavulkaniterna domineras av klastiska facies, men sannolika subvulkaniska facies och vulkaniter med okänt bildningssätt finns också. De klastiska varieteterna domineras av en dacitisk breccia till sandsten. Den består av ett sandstengrovt matrix med varierande halt av cm-stora till mer än dm-stora litiska fragment (fig. 3 b). Lokalt finns även grövre mineralkorn av kvarts och fältspat i matrix, speciellt kvarts bildar grova korn. De litiska fragmenten består av jämnkornig, siltstenslik, sur metavulkanit, fin- och jämnkornig metabasit, möjlig metaargillit och av något grovkornigare bergarter. De senare är troligen subvulkaniter eller finkorniga, sura intrusivbergarter. Lokalt och troligen skiktvis är den vulkaniska breccian mer kvartsrik och närmast ryolitisk. De vulkaniska bergarterna genomkorsas av epidot- och kvartsläkta sprickor. Intill sådana har vissa kluster epidotomvandlats helt eller delvis. Vid Hässelby park (8j) övergår en dacitisk breccia stratigrafiskt uppåt i dacitisk sandsten som i sin tur övergår i vulkanisk siltsten. Den senare är tydligt skiktad och hälleflintbetonad. För övrigt är primära lagringsstrukturer sällsynta. Vid före detta Uppsala flygflottilj (8j) finns också hälleflintlik metavulkanit. Dess karaktär är dock svårbestämd och relationen till nyssnämnda, skiktade vulkaniska siltsten oklar. Där är den till synes primärt strukturlös och glest fältspatporfyrisk. Vid Börje idrottsplats (8j) finns två typer av dacitisk metavulkanit, dels ovannämnda breccia till sandsten, dels en med helt annorlunda textur. Den senare är mer massiv samt fältspat- och hornbländeporfyrisk. Liknande dacit finns även sydost om Åkerby kyrka (9j). Den har xenoliter av omgivande vulkaniter och på något ställe också en trolig intrusivkontakt mot dessa. Den tolkas därför som en subvulkanisk intrusion.

### ***Tidigorogena metaintrusivbergarter***

De tidigorogena metaintrusivbergarterna bildar huvudsakligen plutoner, men gångar finns också. Liksom i kartområdet 11H Enköping NV tycks djupbergarterna uppträda i två geografiskt åtskilda domäner. I det nu undersökta området upptas det centrala och dominerande området av så kallad Vängegranit. Tillsammans med den finns mindre kroppar av basiska intrusivbergarter. Runt omkring Vängegraniten finns så kallad Uppsalagranit.

Vängegraniten är röd (till gråröd) och granitisk till sammansättningen. Med den rumsligt associerade basiska bergarter varierar i sammansättning från kvartsdiorit till ultrabasit, men gabbro till diorit är vanligast förekommande. Den grå eller rödgrå "Uppsalagraniten" är inte en granit i egentlig mening utan övervägande tonalitisk till sammansättningen. Det finns delar av den som är granodioritiska och till och med granodioritiska till granitiska.

Relationen mellan Vänge- och "Uppsalagranit" är svårtolkad på de flesta platser där de uppträder tillsammans. Lokalt ser Vängegraniten ut att vara yngre, på andra ställen ser de två typerna ut att blanda sig med varandra. I kartområdet 11H Enköping NV finns observationer som visar att Vängegraniten blandar sig med sina associerade basiska intrusivbergarter. Den tolkning som ligger närmast till hands är därför att samtliga tidigorogena djupbergarter i stort sett är jämnåldriga, men att associationen Vängegranit–basisk bergart i det här området vanligen uppträder geografiskt skild från associationen tonalit–granodiorit av Uppsalatyp. Detta har rimligen en genetisk betydelse.

Vängegranit är i normalfallet röd, ojämnkornig och medel- till grovkornig eller klart grovkornig (fig. 3 c). Vanligt förekommande är också porfyrisk och ojämnkorniga till porfyrisk varieteter. De senare har båda markerats som porfyrisk på kartan. I allmänhet består strökornen av kalifältspat, på några ställen av kvarts. Underordnat finns medelkorniga eller jämnkorniga led. Det finns också kalifältspatrika och relativt kvartsfattiga partier, vilka kan ha kvartssyenitisk eller alkaligranitisk sammansättning. Lokalt övergår Vängegraniten gradvis eller på oklart vis i en finkornig porfyrisk varietet (fig. 3 d). Strökornen i den senare är i allmänhet av kalifältspat och kvarts men även av plagioklas och biotit. Kvartsströkornen är delvis droppformade och ansamlade i glomerokristiska aggregat. Lundegårdh & Lundqvist (1956) markerade en del av dessa finkorniga bergarter som vulkanit.

Rumsligt associerat med den finkorniga, porfyrisk graniten finns lokalt även gradvisa övergångar från omgivande Vängegranit till pegmatit och apatit. Sådana övergångar finns för övrigt också utan att finkornig porfyrisk granit observerats. Övergångarna och förekomsten av den senare bergarten tolkas som ytnära fenomen, och nämnda granit är således ett slags randfacies till Vängegraniten.

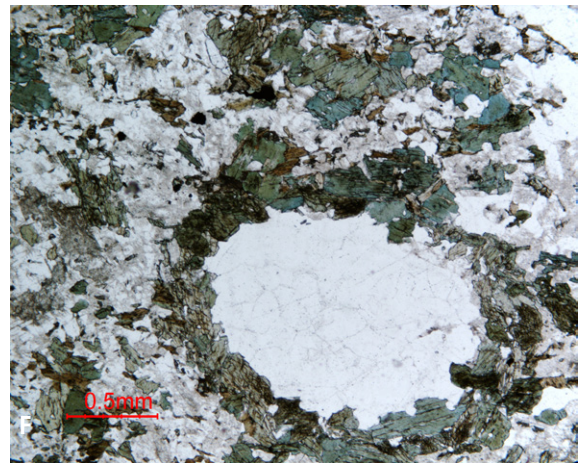
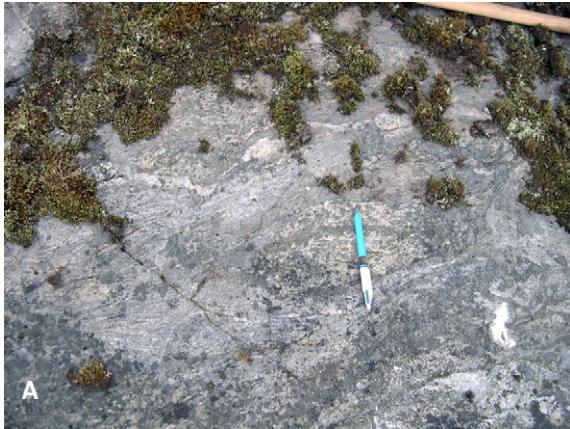




Fig. 3. Foton och mikrofoto av bergarter från kartområdet 11H Enköping NO. Koordinater i rikets nät. **A.** Ådergnejsomvandlad metagråvacka (6626210/1598558). **B.** Dacitisk metavulkanisk sandsten till breccia med dm-stora klaster av andra vulkaniska bergarter (6641175/1598297). **C.** Grovkornig, ojämnkornig Vängegranit (6634095/1582620). **D.** Kalifältspat-, kvarts- och biotitporfyrisk, finkornig metagranit vilken tolkas som ytnära randfacies till Vängegranit (6643057/1578158). **E.** Bergvägg vars yta definierar topografiska lineament, vilka representerar deformationszoner (6642783/1591541). Den röda Vängegraniten blir gråblek eller grågrön genom omvandling i dessa zoner. **F.** Kvartsocellus (mikrofoto) med central del av kvarts med mantel av hornblände. Texturen anses vara bevis för magmablandning. Prov av metakvartsdiorit (6636479/1592661). **G.** Metatonalit med mafiska enklaver (6633033/1583281). **H.** Tunn, fältspatporfyrisk, metabasisk gångbergart med folierade avkylningskontakter genom medelkornig Vängegranit (6647811/1588335).

Ett prov av röd granit som tagits strax öster om Vittinge (11H Enköping NV) daterades med U-Pb-metoden på zirkon till 1 907±4 miljoner år.

Längs med vissa topografiskt urskiljbara lineament är Vängegraniten blekt genom hydrotermal omvandling. Lineamenten framträder på många ställen i terrängen som relativt branta bergväggar (fig. 3e). På en del ytor ser man en foliation som i princip är parallell med ytan, vilket innebär att fenomenet är relaterat till skjuvning. Det är tydligt att omvandlingen börjar med avfärgning av den normalt sett röda kalifältspaten. I samband med det kan kvartsen istället rödfärgas genom att järnoxid faller ut på dess ytor. Vid starkare omvandling bryts fältspaten ner till ett grågrönt, något skiffrikt mineral. Om omvandlingen går ännu längre blir bergarten en kloritglimmerskiffer. De grågröna omvandlingszonerna kan sträcka sig upp till fem–sex meter in i berget, men är i allmänhet bara någon meter mäktiga.

I tunnslip (i mikroskop) ser man att omvandlingen består av dels sericitisering-saussuritisering av fältspater, dels kloritisering.

De intermediära till ultrabasiska metaintrusiva bergarter som företrädesvis förekommer rumsligt tillsammans med Vängegranit saknar i allmänhet observerbara kontakter med den senare. Deras åldersrelationer är därför oklara, men som nämndes ovan har observationer som tolkas som att en basisk intrusivbergart blandar sig med röd granit gjorts väster om det här beskrivna kartområdet. De torde alltså vara i stort sett jämnåldriga med graniten.

Enligt fältbedömningarna förekommer allt från kvartsdioritiska till ultrabasiska sammansättningar men gabbroida till dioritiska verkar vara vanligast. De är mörkt grå och medel- till grovkorniga (underordnat finkorniga). Texturen är jämn- till ojämnkornig till fältspatporfyrisk. Lokalt finns pegmatitiska ådror eller par-

tier. I några bergarter med stark magnetisk susceptibilitet kan man urskilja magnetkis. Strax söder om Vänge (7i) har en intressant observation som gjorts i en kvartsdiorit. Den innehåller kvartsocelli som är knappt 0,5 cm stora, droppformade eller oregelbundet formade kvartskorn som mantlas av hornblände (fig. 3f). Enligt litteraturen (se t.ex. Janousek m.fl. 2004) är förekomst av kvartsocelli ett tecken på magmablandning.

Den så kallade Uppsalagraniten består mest av tonalit, men tonalit till granodiorit, granodiorit samt granodiorit till granit finns också. Tonaliten är övervägande grå, medelkornig, jämnkornig och enklavförande (fig. 3g). Den för hornblände, som lokalt bildar cm-stora individer. Enklaver är i allmänhet cm- till dm-stora och rundade. De består av finkornig tonalit till en mer basisk bergart. Även inneslutningar med okänd relation till värdbergarten förekommer. Lokalt är värdbergarten medel- till grovkornig och ojämnkornig. Granodioritiska led ser ut som tonaliten ovan men med röd kalifältspat, vilket ger bergarten en rödgrå färg. Lokalt är kalifältspaten grov och ger där ojämnkornig till porfyrisk textur. En förhöjd kalifältspathalt åtföljs i allmänhet av en lägre hornbländehalt.

De tidigorogena djupbergarterna genomslås av en del gångbergarter med ungefär samma, men något lägre ålder. I det nu undersökta området är gångarna övervägande basiska, men i området 11H Enköping NV finns blandade gångar med både basiska och sura led. En observation har gjorts av en sur, fältspatporfyrisk, hälleflintliknande, cm-tunn gång som genomslår granodiorit. Enligt uppgift (P. Nysten muntl. medd. 2005) finns ytterligare en sådan gång (associerad med en metabasitgång) i en väghäll längs riksväg 72, mellan Vänge och Uppsala.

Områdets basiska gångbergarter är grå, finkorniga (till medelkorniga) och jämnkorniga till porfyriska. Strökornen består mest av fältspat men även hornblände finns. Gångarna är från dm-breda till åtskilliga m breda och har i allmänhet tydliga avkylningskontakter (fig. 3h).

### **Syn- till senorogena intrusivbergarter**

Liksom de tidigorogena bergarterna bildar de syn- till senorogena både plutoner och gångar. Hos de senare är dock gångarna i majoritet i detta område.

Den äldre berggrunden genomslås av syn- till senorogena pegmatit- och aplitgångar. Vanligen uppträder pegmatit och aplit var för sig, men lokalt finns båda i samma gång. I de fall där de bildat distinkta gångar har de tolkats som syn- till senorogena, men då de bildat oklart avgränsade förekomster i den äldre berggrunden har de på en del platser tolkats som tidigorogena (se beskrivningen av Vängegranit ovan).

Även ådror och mindre kroppar av syn- till senorogen ålder finns i området, företrädesvis i dess sydöstra del. Ådrorna förekommer mest i ådergnejsomvandlade till migmatitiserade gråvackor. Så är t.ex. fallet vid Dalby kyrka (5j). Lokalt bildades även större, sammanhängande enheter av granitiskt till granodioritiskt mobilisat, t.ex. sydost om Balingsta (5i).

### **Diabas**

Till skillnad från kartområdet 11H Enköping NV har det nu undersökta området få diabasgångar. De som finns kan urskiljas med hjälp av den magnetiska anomalikartan i området norr om Börje kyrka (8i–j), där de har nordvästlig strykning. På ett ställe där har diabas observerats i håll. Den är grå, finkornig till fint medelkornig, jämnkornig och massformig.

### **Metamorfos**

Området domineras av relativt grovkorniga, sura till intermediära intrusivbergarter, vilka makroskopiskt visar föga påverkan av metamorfa processer förutom eventuell deformation (se stycket "Strukturer" nedan). Mikroskopiskt ser man metamorfa texturer såsom subkornbildning och retrogradering. Områdets ytbergarter visar däremot tecken på varierande grad av metamorf omvandling. Vulkaniterna i områdets nordöstra hörn är relativt välbevarade, bland annat finns hälleflintaktiga varieteter, och har sannolikt utsatts för knapp till måttlig amfibolitfaciesmetamorfos. Gråvackorna i områdets sydöstra hörn är ådergnejsomvandlade till migmatitiserade, och bevarade delar för metamorf granat och troligen cordierit, faktorer som tillsammans indikerar hög amfibolitfaciesmetamorfos.

## Strukturer

I likhet med metamorfosen tycks deformationen vara starkare utbildad i områdets södra delar än i de norra. Till en del kan det bero på att mer grovkorniga och relativt kvartsrika litologier (som Vängegranit), vilka är mindre mottagliga för deformation, upptar stora områden i norr. Vängegraniten är i allmänhet massformig och underordnat stänglig. Foliation förekommer i stort sett bara längs med och intill ovannämnda topografiska lineament. ”Uppsalagraniten”, liksom metavulkaniter och metagråvackor, är mer genomgående stängliga eller folierade. I ytbergarterna kan man lokalt urskilja två foliationer.

De riktningar som de tektoniska strukturerna stryker i är i huvudsak desamma som i området 11H Enköping NV (Ripa m.fl 2005), vilka i sin tur kan korreleras med de som finns ännu längre västerut. De dominerande foliationsriktningarna är nordvästlig till nordnordvästlig och ostnordostlig till nordostlig. De förra motsvarar troligen deformationsfaserna S3 respektive S4 från området 11H Enköping NV och de senare S2, av vilka i det senare området både S2 och S3 tolkats som syn- till senmetamorfa. Stängligheterna stryker i huvudsak parallellt med strykningen hos S3 och S4. Både spröda och plastiska skjuvzoner har strykningar som sammanfaller med den hos de dominerande foliationsriktningarna. Ovannämnda topografiska lineament hör troligen till S4. Sprickor, oläkta och läkta, stryker i fyra huvudsakliga riktningar, nämligen ungefär åt norr, väster, nordväst och nordnordost.

Längs med väg 272 och Jumkilsåns dalgång går ett brett topografiskt lineament. Sannolikt är det ett utslag av en större deformationszon. Området täcks av lera och de få hållar som finns här har visserligen tämligen odeformerade bergarter, men i hållar i omkringliggande områden finns enstaka smärre skjuvzoner och myloniter som är parallella med lineamentet.

## Geokemi

I kartområdena 11H Enköping NV och NO har 70 prover tagits för kemisk analys. Av dem är 4 metavulkaniter, 61 tidigorogena intrusivbergarter (varav 16 basiska), 2 senorogena och 3 diabaser. Endast en preliminär och översiktlig genomgång har hittills gjorts av dessa data.

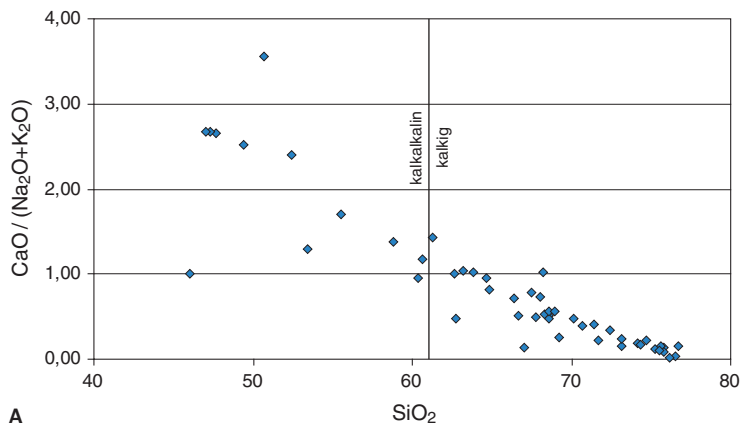
Av ytbergarterna och de tidigorogena intrusivbergarterna har alla utom 7 Nb/Y-kvoter under 0,65, dvs. de har en subalkalin affinitet (Winchester & Floyd 1977). Av de 7 som har högre Nb/Y-kvot är någon omvandlad, någon är möjligen senorogen och någon eventuellt alkalisk (bergarten har t.ex. rapakivitextur). Alkali-lime-index (Peacock 1931) för de tidigorogena intrusivbergarter som inte är alkaliomvandlade enligt Hughes (1973) är något över 61, dvs. de har kalkig affinitet (fig. 4a). De tidigorogena intrusivbergarter som är basiska har  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -halter som i allmänhet är högre än 16 vikt-% men i en del fall även något lägre, vilket innebär kalkalkalin till tholeiitisk affinitet enligt Wilson (1989).

Mg-talet hos områdets basiska bergarter är 0,44–0,53 för diabaser och 0,33–0,69 för tidigorogena bergarter. Bland de senare finns alltså primitiva sammansättningar. Ovannämnda omvandling av Vängegraniten längs topografiska lineament karakteriseras kemiskt av Mg-anrikning och urlakning av K, Na, Ca och Mn, medan Al, Si och Ti är immobiliserade (fig. 4b). Möjligen har även Fe och P urlakats. Isolinjen från origo förbi  $100 \text{ TiO}_2$  och  $\text{SiO}_2/10$  till  $\text{Al}_2\text{O}_3$  har en lutning som är nära 1, vilket innebär att omvandlingen skett vid praktiskt taget konstant volym.

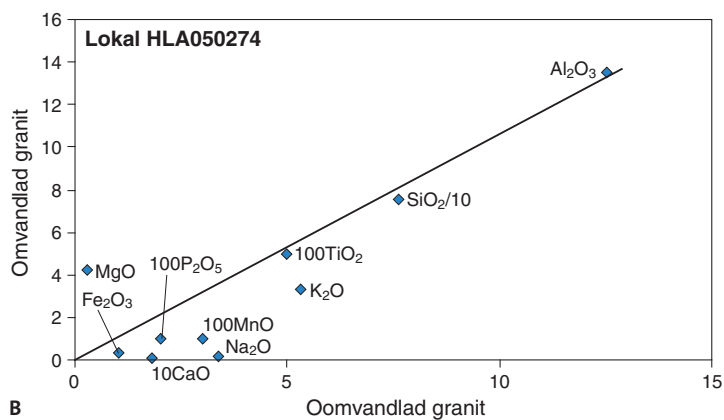
## Geofysik

Elektromagnetiska VLF-data mätta från två sändare finns för hela kartområdet, utom i ett 1,5 km brett stråk i den sydligaste delen. De ligger till grund för kartan över markens resistivitet (fig. 5) som visar den elektriska ledningsförmågan i marken. Informationen om markens ledningsförmåga används i första hand som underlag för tolkning av spröda deformationszoner. Vattenförande sprickzoner och deformationszoner i berggrunden uppträder på resistivitetskartan som långsträckta zoner med låg resistivitet.

Den magnetiska anomalikartan (fig. 6) över det aktuella området visar låga magnetiseringsnivåer med liten variation i en stor del av kartområdet. Vängegraniten har genomgående låg magnetisk susceptibilitet, ca  $5\text{--}30 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Tonalit (”Uppsalagranit”) som dominerar i den södra delen av kartområdet har något



A



B

Fig. 4. Diagram som visar några kemiska drag hos kartområdets bergarter.

**A.** Alkali-lime-index (Peacock 1931) för de tidigorogena intrusivbergarter som inte drabbats av alkaliomvandling enligt Hughes (1973) *igneous spectrum*.

**B.** Diagram där den kemiska sammansättningen (huvudelement) hos omvandlad granit plottats mot den hos oomvandlad dito. Proverna är tagna i den håll som visas i figur 3E.

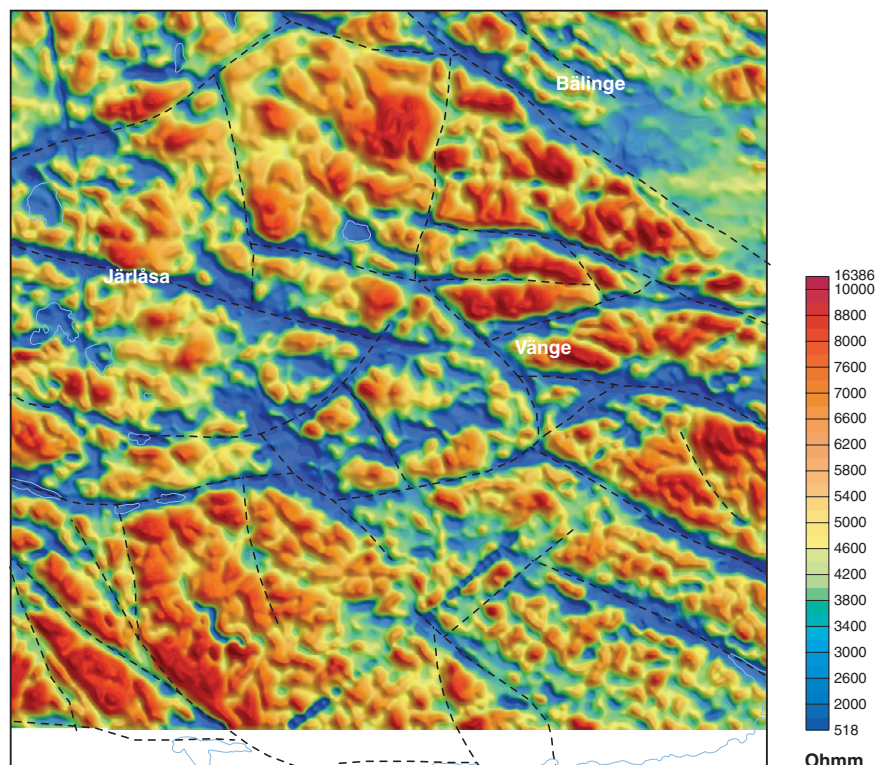


Fig. 5. Resistivitetskarta över kartområdet 11 H Enköping NO. Beräknad med hjälp av VLF-data. Linjerna representerar spröda deformationszoner som huvudsakligen tolkats från elektromagnetiska VLF-data samt höjddata.

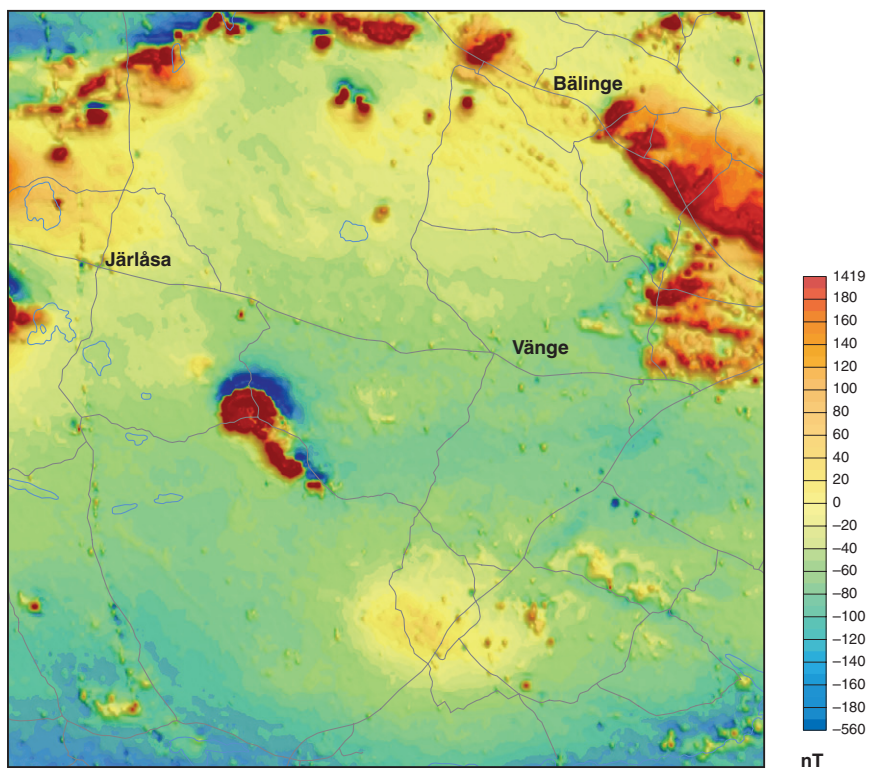


Fig. 6. Magnetisk anomalikarta över kartområdet 11 H Enköping NO.

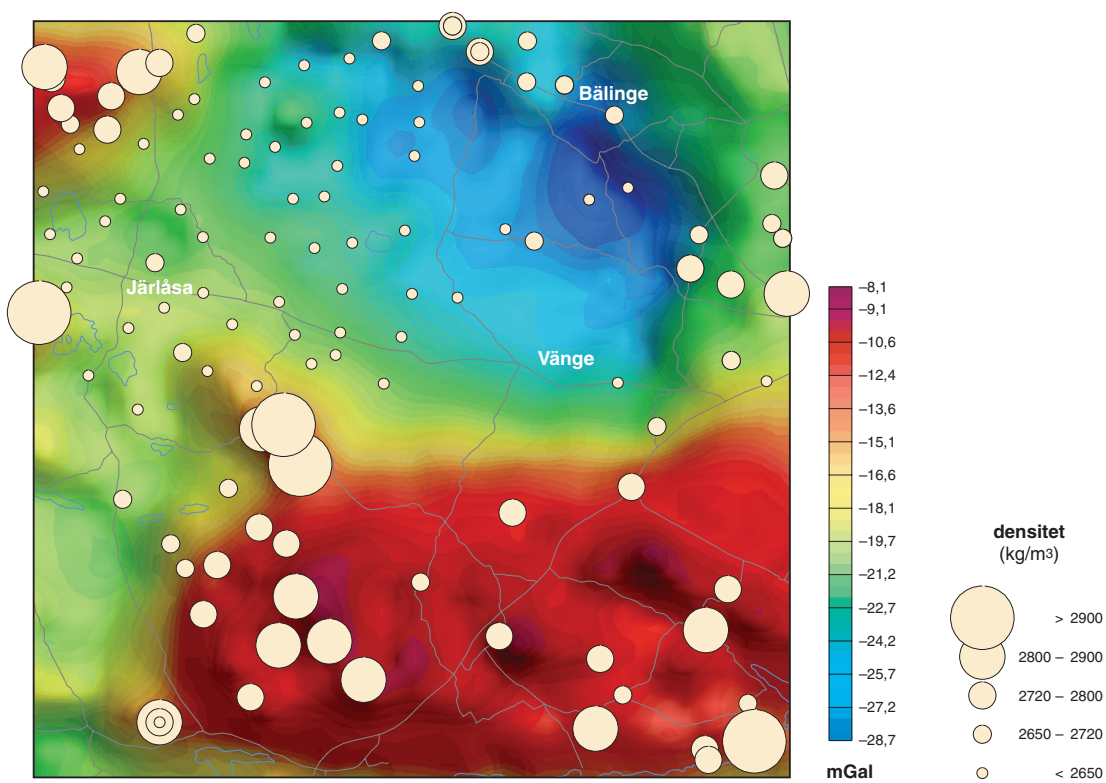


Fig. 7. Bouguer-anomalikarta över kartområdet 11 H Enköping NO. Bergarternas densitet visas som cirklar i proportionell storlek.

högre susceptibilitet, ca  $25\text{--}65 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

Den mest framträdande magnetiska anomalin orsakas av en basisk metaintrusivbergart vid Skogstibble (7g). Högmagnetiska anomalier förekommer även i ett nordvästligt stråk i norra delen av området. De orsakas av "Uppsalagranit" med förhöjd magnetisering och i en del fall av basiska metaintrusivbergarter. I området finns även xenoliter av felsisk metavulkanit med hög susceptibilitet. Anomalin är en fortsättning på en nordostligt orienterad dito strax norr om Vittinge, i kartområdet 11H Enköping NV.

De metavulkaniska bergarterna i områdets nordöstra hörn, strax norr och nordväst om Uppsala, framträder på den magnetiska anomalikartan som ett högmagnetiskt område med något oregelbundet mönster. Mätningar av den magnetiska susceptibiliteten på hållar visar stora variationer, mellan ca 10 och  $6\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

På bougueranomalikartan (fig. 7) framträder tonalit ("Uppsalagranit") i de södra och nordvästra delarna av området som ett kraftigt tyngdkraftsöverskott på grund av dess relativt höga densitet (medelvärde  $2\,770 \text{ kg/m}^3$ ) i jämförelse med omgivande bergarter. Vängegraniten i de centrala delarna av kartområdet visar ett tydligt tyngdkraftsunderskott, och medeldensiteten för denna är endast  $2\,630 \text{ kg/m}^3$ . Även den basiska metaintrusivbergarten vid Skogstibble (7g) ger upphov till en positiv tyngdkraftsanomali. Dess densitet är ca  $3\,000 \text{ kg/m}^3$ .

**Tabell 1.** Sammanställning av fysiska egenskaper hos områdets huvudbergarter. Halter för kalium, uran och torium har mätts med spektrometer på håll. n = antal prover, D = densitet, susc = magnetisk susceptibilitet.

Bergart	n	K (%)		U (ppm)			Th (ppm)			D ( $\text{kg/m}^3$ )		Susc (SI) $\times 10^5$				
		min	max	medel	min	max	medel	min	max	medel	min	max	medel			
Metagranit	77	2,9	4,4	3,7	1,4	8,9	4,1	3,5	26	15,2	2590	2716	2628	2	216	40
Metagranit- metagranodiorit	10	0,4	3,1	2,2	3,5	5,4	4,2	8,5	12,8	11,6	2669	2751	2706	5	587	173
Metatonalit- metagranodiorit	43	1,4	3,0	2,0	0,9	6,7	2,9	2,2	18,6	7,6	2617	2854	2767	13	3769	303
Metabasit	8	0,4	1,3	0,7	0,8	2,5	1,2	1,6	3,4	2,2	2783	3113	2943	38	10748	4497
Diabas	1			0,2				0,6					3167			16726
Metavulkanit	9	2	3,4	2,6	2,4	6,4	4,4	6,9	15,2	11,2	2657	2807	2730	6	250	99
Metagråvacka	2	1,7	2,3	2,0	2,3	4,1	3,3	8	9,4	8,7	2704	2741	2723	0	119	35

## Naturresurser

I kartområdet finns ett antal nedlagda stenbrott. De flesta ligger söder om Järlåsa kyrka (8f) eller norr om Vänge (8i). Ett ganska stort brott ligger strax nordost om Ålands kyrka (8g). De är alla upptagna i Vängegranit eller i ovan beskrivna finkorniga och porfyriska randfacies av densamma. Man har i allmänhet brutit gat- och kantsten men även lite större stycken, som t.ex. till grindstolpar. På flera ställen finns spår av provbrytning intill eller i närheten av de brott som markerats på kartan. Pågående täktverksamhet för krossbergsproduktion sker dels i grå, medelkornig metagranodiorit till metatonalit ("Uppsalagranit") sydost om Håmö golfbana (7j), dels i röd, medel- till grovkornig och ojämnkornig metagranit (Vängegranit) ca 2 km rakt väster om Ålands kyrka.

På den geologiska kartan Skattmansö (Hummel 1865) finns en täljstensförekomst markerad ca 5 km rakt norr om Ålands kyrka (9g). Enligt Hummel (1865) använde lokalbefolkningen stenen till sänken på fiskeredskap, men något kommersiellt utnyttjande hade inte skett på den tiden. Vid de nu genomförda undersökningarna kunde inte någon uppenbar täljsten eller brytning överhuvudtaget identifieras i den angivna trakten, men fyndighetens exakta position är svår att bestämma ur sagda skrift. Dock hittas där, längs ett av ovannämnda topografiska lineament i Vängegranit, flera xenoliter av metasedimentära bergarter (lersten, sandsten) och cordieritförande(?) glimmerskiffer. Längs lineamentet finns lokalt också folierade metabasitgångar. Möjligen är dessa xenoliter eller gångfragment det som Hummel (1865) beskrev.

Ytterligare information om områdets naturresurser finns i Wik m.fl. (under arbete).

## KARTOMRÅDET 11I UPPSALA NO

Kartområdet 11I Uppsala NO ligger i Uppsala och Stockholms län och omfattar delar av Uppsala och Norrtälje kommuner samt en liten del av Sigtuna kommun (fig. 1). Karteringen har utförts med fastighetskartan (skala 1:12 500) som underlag. På denna har lägena för flygbildstolkade hållar markerats. Dessutom har jordartskartan 11I Uppsala NO (Rudmark 1999) använts, för att visa en översiktlig hållbild. Observationslokalerna är lägesbestämda med GPS.

Äldre geologiska kartor i skala 1:50 000 med beskrivningar som berör området finns i Paykull (1864), Gumaelius & Paykull (1865), Sidenbladh (1868), Svedmark (1887), Blomberg (1889) samt Lundegårdh & Lundqvist (1956). Moderna berggrundsgeologiska kartor med beskrivning finns över de angränsade kartområdena 11I Uppsala SV och SO (Stålhös 1972), 11I Uppsala NV (Arnbom & Persson 2002) och 12I Östhammar SV och SO (Stålhös 1991). En översiktlig berggrundskarta med beskrivning har framställts av Persson & Stålhös (1991). Lundegårdh (1956) har gjort en petrologisk undersökning av Uppsalaområdets berggrund. Almungeområdets alkalina bergarter har beskrivits bland andra av Quensel (1914), Gorbatshev & Norin (1958), Gorbatshev (1960, 1970) och Jonsson (2001). Åldersbestämningar av tidigsvekokarelska metagranitoider i Upplandsregionen har gjorts av Persson (1993), Ripa & Persson (1997) och Persson & Persson (1997, 1999). En tänkbar impaktstruktur vid sjön Skedviken har undersökts av Claesson (1985). Daniels (1997) har gjort en geofysisk modellering av Almungekomplexet. En geologisk översiktsstudie av Uppsala län har sammanställts av Antal m.fl. (1998). I Bergslagsprojektet redovisas en sammanfattning av de regionala berggrundsgeologiska och geofysiska förhållandena (Stephens m.fl. 1999, 2000, 2001). Kartområdets naturresurser (mineral och bergarter) har inventerats av Wik m.fl. (2004) och Wik m.fl. (under arbete).

Delar av kartområdet 11I NO har undersökts tidigare (Bergman 1995, 1996, 1997). Den del av kartområdet som tillhör Sigtuna kommun karterades under fältsäsongen 2003 (Ripa m. fl. 2004). Resultaten från fältarbetet 2004 redovisas i Ripa m.fl. (2005).

Moderna flygmätta geofysiska data finns för hela kartområdet. Flygmätningarna omfattar det magnetiska fältets totalintensitet, VLF-signalen från en sändare och markytans naturliga gammastrålning. Mätningarna är utförda med ost-västlig flygriktning på ca 30 meters höjd över markytan och längs linjer med ett inbördes avstånd av ca 200 meter och ca 40 m mellan mätpunkterna. Tyngdkraftsfältet har mätts på 470 lokaler med ett punktavstånd på ca 1–1,5 km. Tätare tyngdkraftsmätningar (500–1 000 m punktavstånd) utfördes i Almungeområdet år 1996, i samband med en geofysisk undersökning av Almungekomplexet (Daniels 1997).

### Resultat från fältarbetet

Fältarbetet startade i början av maj 2005 och omfattade ca 20 personveckor. Det gjordes ca 630 hällobserverationer i området, och de fördelar sig över en karterad yta på ca 325 km<sup>2</sup>. Årets fältarbete bedrevs framför allt i de västra och centrala delarna av området (jfr Ripa m.fl. 2005, fig. 10). Ett dateringsprov har tagits av nefelinsyeniten i Almungekomplexet. Resultatet av dateringen redovisas nedan. Kemisk analys har utförts på 35 bergartsprover, och 39 tunnslip för mikroskopisk analys av bergarter har tillverkats. I slutet av september genomfördes slutexkursionen för kartområdet. Totalt finns nu ca 1 100 nya observationer från kartområdet lagrade i SGUs hälldatabas. Ytterligare ca 700 observationer har gjorts under tidigare arbeten 1994, 1995, 1996 och 2003. En preliminär skiss över berggrunden i området 11I NO visas i figur 8.

Årets geofysiska fältarbetsinsats omfattade totalt 3 arbetsveckor. Arbetet utfördes av en geofysiker (Mehrad Bastani) och en extrageofysiker (Niklas Ohlsson). Fältarbetet inriktades huvudsakligen på provtagning för bedömning av bergarternas fysikaliska egenskaper och spektrometermätningar på berghällar för bestämning av kalium-, uran- och toriumhalter.

Under 2005 utfördes totalt 127 spektrometermätningar, och prover för att bestämma densitet och magnetiska egenskaper hos olika bergarter togs från 109 lokaler. Figur 11 visar det magnetiska fältets totalintensitet samt provtagningslokaler 2004 och 2005. Figur 12 visar Bougueranomali-kartan samt de uppmätta provernas densitet. Markens uranhalt enligt flygmätningen visas som bakgrund i figur 13 och läget samt mätvärdena från spektrometermätningar på berghällar visas med färgade symboler. I tabell 1 finns en sammanställning

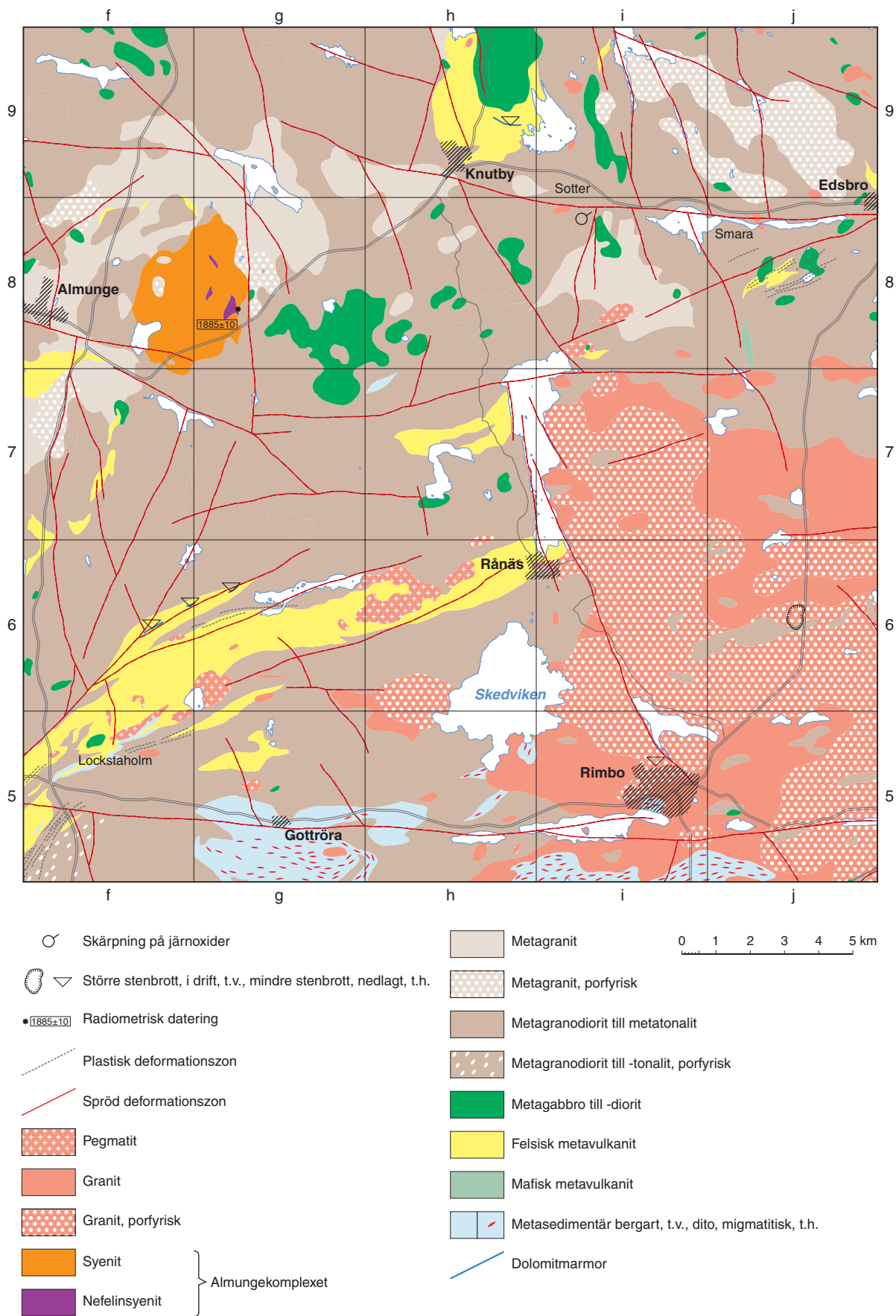


Fig. 8. Förenklad berggrundskarta över området 111 Uppsala NO.

av mätta halter av kalium, uran och torium samt densitet och magnetisk susceptibilitet för huvudbergarterna inom kartområdet. Susceptibilitetsvärden uppmätta på håll har sammanställts från mätningar på ca 1700 lokaler inom undersökningsområdet. De visar medelvärdet av minst 8 mätningar på varje berghäll. Figur 16 visar en tydlig korrelation mellan värden på den flygmätta magnetiska anomalikartan och uppmätt susceptibilitet på hållar.

## Bergarter

### *Allmänt*

Berggrunden i kartområdet 11I NO (fig. 8) domineras av tidigorogena intrusivbergarter och underordnade stråk av svekofenniska metavulkaniska och metasedimentära bergarter. I kartområdets sydöstra del, norr om Rimbo, finns en större intrusion av senorogen granit och pegmatit. Öster om Almunge förekommer en intrusiv svit med alkalina bergarter som är ungefär likåldriga med ovan nämnda, tidigorogena intrusivbergarter.

Området är fattigt på kända mineraliseringar. Endast ett fåtal små brott med dolomitmarmor och ett par skärpningar på järnoxider finns beskrivna i äldre litteratur. Nordost om Rimbo finns en aktiv, större bergtäkt i senorogen granit.

### *Svekofenniska ytbergarter*

Metasedimentära bergarter förekommer huvudsakligen i kartområdets södra delar, vid Gottröra och söder om Rimbo. De är i de flesta fall starkt migmatitomvandlade (ådergnejs till schollenmigmatit, se fig. 9 a, b), och det är därför svårt att bestämma ursprungsbergarterna. Ställvis finns dock bättre bevarade partier som indikerar förekomst av både argillitiska (leriga) och arenitiska (sandiga) sedimentbergarter. På några ställen innehåller den argillitiska bergarten metamorfa indikatormineral såsom granat, sillimanit och andalusit (enstaka lokal). Tunna inlagringar av metaarenit, i något fall ren kvartsit, uppträder på några ställen i ett stråk med felsisk metavulkanit (se nedan). För övrigt finns ett fåtal spridda xenoliter av metasedimentära bergarter, i en del fall med osäker tolkning (ev. metavulkanit).

De metasedimentära bergarterna har låg susceptibilitet (medelvärde  $41 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Medeldensiteten ligger på ca  $2800 \text{ kg/m}^3$ .

Felsiska metavulkaniska bergarter förekommer i ett stort antal hållar i kartområdets sydvästra delar. Både grå, homogen metadacit, partier med finbandad, skarnförande "hällefinta" (fig. 9 c) och gråröd till grå, strökornsförande (kvarts- och fältspatströkorn) metaryolit till -dacit (fig. 9 d) har observerats. Små konkordanta kvartsådror är allmänt förekommande. Enstaka meterbreda lager av ljust grå kvartsit uppträder i metavulkaniterna. Bergarterna bildar ett större sammanhängande stråk som har en utbredning från trakten av Rånäs, mot västsydväst till Lockstaholm och vidare in i kartområdet 11I Uppsala NV, varifrån bland annat dacitiska metavulkaniter har beskrivits av Arnbom & Persson (2002).

Norr om Knutby finns en relativt stor förekomst av felsisk metavulkanit, vars utbredning fortsätter norrut in i kartområdet 12I Östhammar SO (Stålhös 1991). Vulkanitsekvensen innehåller strökornsförande (kvarts- och fältspatströkorn), finbandade, fragmentförande och skarniga delar. Sammansättningen är vanligen ryolitisk till dacitisk, med enstaka tunna, mafiska inslag. Liksom i ovan nämnda vulkanitstråk förekommer kvartsådror. Metavulkaniterna tycks ha en randfas som är blottad i de västra och södra delarna av Knutbyområdet. Randfasen utgörs av en röd till gråröd, fältspatporfyrisk bergart som bedöms vara subvulkanisk. Den är intrusiv i metavulkaniterna, vilket kan observeras vid flera lokaler.

För övrigt finns småförekomster och xenoliter med felsisk metavulkanit av varierande utseende (fig. 9 e) spridda i en stor del av kartområdet.

Metavulkaniterna framträder på den magnetiska anomalikartan som ett högmagnetiskt område med något oregelbundet mönster, och särskilt stråket Rånäs–Lockstaholm syns tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 11). Mätningar av den magnetiska susceptibiliteten på hållar visar stora variationer, mellan  $3$  och  $31300 \times 10^{-5}$  SI-enheter (medelvärde  $2616 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Metavulkaniterna har densiteter som varierar mellan  $2642$  och  $2853 \text{ kg/m}^3$  (medelvärde  $2836 \text{ kg/m}^3$ ). I tabell 2 finns en sammanställning av



Fig. 9. Foton av svekofenniska ytbergarter från kartområdet. Koordinater i rikets nät. **A** Migmatitomvandlad sedimentär bergart. Gångar av senorogen granit samt en större basisk gång (till höger i bilden, 6625217/1646127). **B**. Detalj av föregående. **C**. Fragmentförande metagabbro till -dacit (6631470/1628753). **D**. Skarnbandad felsisk metavulkanit med kvartskörtlar (6631505/1628632). **E**. Bandad och ådrad gnejs med konkordanta aplitgångar och mafiska band. Tolkad som metadacit (6642560/1646401). **F**. Detalj av föregående.

strålningsegenskaperna för de viktigaste bergarterna inom kartområdet.

Marmor (främst dolomitmarmor) förekommer som relativt tunna inlagringar i metavulkaniterna ovan. Några av dem har brutits i äldre tid (se stycket "Naturresurser" nedan).

Söder om byn Smara finns en liten förekomst av en mörkt grå, finkornig amfibolit som troligen har vulkaniskt ursprung.

**Tabell 2.** Radiometriskt bestämda halter av kalium, uran och torium samt densitet och magnetisk susceptibilitet för bergarter i kartområdet 111 Uppsala NO. Spektrometermätningarna utfördes på sammanlagt 144 lokaler under åren 2004 och 2005. På varje lokal har minst två mätningar utförts. De lägsta och högsta halterna har markerats med fet stil. Metagabbron har den lägsta strålningsnivån och de senorogena intrusivbergarterna den högsta. Densitets- och susceptibilitetsmätningarna utfördes på sammanlagt 221 bergartsprover i SGUs petrofysiklab.

Bergart	Antal spek	K (%)			U (ppm)			Th(ppm)			Antal prov	D (kg/m <sup>3</sup> )			Susc (häll)×10 <sup>-5</sup>			Susc (lab) ×10 <sup>-5</sup>		
		min	max	medel	min	max	medel	min	max	medel		min	max	medel	min	max	medel	min	max	medel
Pegmatit	5	3,4	4,7	4,1	8,0	20,1	13,9	2,9	23,5	7,2	5	2562	2634	2595	1	21	7	-1	4	1
Granit	17	3,4	5,0	4,3	2,8	32,8	7,9	8,2	34,5	21,7	14	2591	2668	2634	1	17942	550	3	2035	477
Granit, porfyrisk	3	4,4	4,9	4,6	4,5	12,6	5,8	18,3	39,2	28,2	2	2590	2622	2606	3	5805	98	18	96	57
Tonalit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	200	108	-	-	-
Metagranit	6	2,4	3,9	3,2	3,4	5,1	4,3	7,7	16,2	12,9	15	2591	2711	2644	1	23750	410	77	1279	554
Metagranit, porfyrisk	3	3,2	3,7	3,4	2,6	4,6	3,6	9,2	13,6	12,0	4	2620	2681	2650	15	463	192	16	582	205
Metagranit-granodiorit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	4487	155	-	-	-
Dito, porfyrisk	2	2,5	3,4	3,0	2,0	2,6	2,3	6,8	11,0	8,9	2	2644	2697	2671	14	13516	6468	943	1565	1254
Metagranodiorit-granit	30	1,2	3,7	2,5	1,4	6,2	3,3	2,9	15,1	9,7	32	2632	2819	2710	3	33388	1131	9	4043	471
Dito, porfyrisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8	8	-	-	-
Metatonalit-granodiorit	15	1,1	2,6	1,9	1,3	5,1	2,6	2,9	15,5	7,3	22	2664	2862	2768	8	12676	449	16	6279	575
Metatonalit	3	1,4	2,1	1,7	1,4	1,7	1,6	3,8	8,1	5,4	9	2614	2840	2725	29	9703	731	11	3066	984
Metagabbrodiorit	3	0,4	0,9	0,6	0,9	2,0	1,3	1,1	2,7	1,8	14	2911	3147	3024	25	19277	876	66	7672	1167
Metaryolit-dacit	4	1,6	2,8	2,0	2,5	4,1	3,1	5,7	11,9	7,7	2	2766	2820	2793	3	31300	2616	82	4116	2263
Dito, kvarts/fsp.-strökorn	11	0,6	3,6	2,4	2,2	5,4	3,4	4,5	17,2	9,0	10	2642	2853	2759	4	4233	756	11	7667	2253
Metaryolit, kvartsströkorn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	973	973	973	-	-	-
Metabasalt-andesit	1	1,7	1,7	1,7	3,1	3,1	3,1	8,3	8,3	8,3	1	2813	2813	2813	509	5321	2915	5321	5321	5321
Metased. bergart, ådergnejs	3	1,9	2,1	2,0	2,5	3,7	2,9	5,2	9,0	6,8	3	2746	2816	2792	24	2731	43	46	5402	66
Dito, migmatit	4	1,7	3,1	2,4	2,3	4,2	3,3	2,9	18,4	10,1	3	2741	2899	2830	2	91	39	43	75	56
Metasyenit	8	2,2	4,77	3,6	0,9	7,0	4,5	4,8	26,6	14,1	16	2622	2697	2656	12	6688	651	11	9278	1117
Metanefelinsyenit	2	2,0	2,6	2,3	0,4	0,6	0,5	1,7	2,4	2,0	2	2676	2739	2708	94	3676	1437	68	7237	3653

### Tidigorogena intrusivbergarter

De tidigorogena intrusivbergarterna omfattar mer eller mindre deformerad och omvandlad gabbro, diorit, tonalit, granodiorit och granit. Metagranitoiderna visar stora variationer i utseende och sammansättning, men granodiorit till granit och tonalit till granodiorit dominerar något. En svag generell trend i sammansättningen kan skönjas, vilken innebär att de suraste granitoiderna förekommer i norra delen av kartområdet och saknas i de södra. Röd till gråröd, delvis småporfyrisk, metagranit (fig. 10 a, b) förekommer endast i Almungeområdet. Nordväst om Edsbro finns en intrusion av gråröd, småporfyrisk metagranit som är mycket starkt stänglig (fig. 10 c, d). Ljust grå metagranodiorit till -granit dominerar de centrala delarna av kartområdet och i dess sydvästra hörn är metagranitoiden porfyrisk med starkt deformerade fältspatströkorn. Det finns även stora områden med mer tonalitisk sammansättning, bland annat söder om Knutby och i den sydvästra delen av kartområdet (6 f–g, 7 g). Denna bergartstyp innehåller gott om mörka enklaver och motsvarar så kallad "Uppsalagranit". Den för också rikligt med xenoliter av metagabbro till -diorit i vissa områden. Ren metatonalit uppträder som små partier, vanligen med kontinuerliga övergångar till övriga metagranitoider. Ett par små förekomster av metasyenit har observerats i den nordöstra delen av kartområdet. Det är oklart om de har något samband med den stora syenitintrusionen vid Almunge. En del av ovan nämnda metagranitoider förekommer även som små kroppar och spridda xenoliter i senorogen granit i den sydöstra delen av undersökningsområdet (se nedan).

Spektrometermätningar på berghällar visar en tydlig skillnad i sammansättning mellan de olika metagranitoiderna. Metagraniten har högre halter (3,2–3,4 % kalium, 3,6–4,3 ppm uran och 12,0–12,9 ppm torium) än metagranit till -granodioriten (2,6–3,0 % kalium, 2,3–3,3 ppm uran och 6,6–10,2 ppm torium) och metatonalit till -granodioriten (1,7–1,9 % kalium, 1,6–2,7 ppm uran och 5,4–6,6 ppm torium). De



Fig. 10. Foton av svekokarelska intrusivbergarter från kartområdet. Koordinater i rikets nät. **A.** Småporfyrisk metagranit (6642472/1632148). **B.** Detalj av föregående. **C.** Starkt stänglig, småporfyrisk metagranit (6649155/1642092). **D.** Detalj av föregående. **E.** Metasyenit, Almungekomplexet (6640408/1630017). **F.** Metasyenit med gång av metanefelinsyenit, Almungekomplexet (6640408/1630017).

har även distinkta skillnader i densitet som korrelerar bra med variationen av i första hand kaliumhalterna. Högre kaliumhalt motsvarar en lägre densitet (se tabell 2), dvs. högre halt av "lätta" felsiska mineral.

Metagabbro till -diorit finns i ett par större intrusioner, norr om Knutby och ca 10 km öster om Almunge och som ett stort antal små kroppar, framför allt i den norra halvan av kartområdet. Ställvis finns små

ultramafiska partier, vanligen hornbländit. I många kontaktområden mot metagranitoider har blandbergarter bildats (s.k. "mingling"). Mafiska djupbergarter förekommer också som talrika xenoliter av varierande storlek, vanligen omgivna av tidigorogena metagranitoider.

Metomorfa mafiska gångar är allmänt förekommande i den äldre berggrunden, i några områden som gångsvärmar i anslutning till större mafiska intrusioner, t.ex. norr om Smara (8–9i). Gångarnas mäktighet varierar från någon decimeter till flera meter.

De mafiska bergarterna har genomgående en låg strålningsnivå (<1 % kalium, <1,5 ppm torium, <2 ppm uran) och hög densitet (>2 900 kg/m<sup>3</sup>). Spektrometer- och densitetsdata överensstämmer bra med hällobserverationerna och tyder på högre halter av "tung" mörka mineral.

### ***Almungekomplexets alkalina bergarter***

Strax öster om Almunge finns en ca 3x4 km stor intrusion av metasyenit, tidigare kallad Almungemassivet. Den innehåller även mindre partier med metamorf nefelinsyenit, kvartssyenit och tidigorogen granitoid, metamorfa mafiska bergarter av oklart ursprung samt rester av äldre ytbergarter. I kontaktområdet mot omgivande metagranitoider har ställvis en hydrotermal omvandling ägt rum (femitisering). Gorbatshev (1960) har gjort en omfattande studie av områdets alkalina bergarter, med en mer detaljerad indelning än vad som varit möjligt vid denna undersökning. Metasyeniten är vanligen röd till starkt röd (fig. 10e) och har varierande fin- till grovkornig textur. Ganska stora områden med nästan vit (blekt) metasyenit förekommer också, vanligen i anslutning till metanefelinsyeniten. På många ställen finns diffust avgränsade, syenitpegmatitiska partier respektive "svärmar" med svarta amfibolaggregat (hastingsit enl. Gorbatshev 1960). Metanefelinsyeniten uppträder både som gångar (fig. 10f) och små kroppar och har varierande utseende. Både homogena, grå respektive ljus grå (leukokratisk) samt porfyriska varieteter har observerats.

Spektrometermätningar på två hållar med metanefelinsyenit visar att den innehåller i genomsnitt 2,3 % kalium, 0,5 ppm uran och 2,0 ppm torium. Alla halter är lägre än motsvarande halter i metasyeniten (se tabell 2).

Gorbatshev (1960) har även skiljt ut mörk nefelingabbro (theralit) på en detaljkarta över Sågen–Skallerbolområdet. Vid Sågen (8g) har strölkorn av klarblå sodalit observerats. Enligt Gorbatshev (1960) är metanefelinsyeniten den yngsta av Almungekomplexets bergarter. Dock har även gångar av metasyenit i metanefelinsyenit observerats vid denna kartering, varför de båda bergarterna får betraktas som i stort sett likåldriga.

Almungekomplexet har tidigare ansetts vara klart yngre än de omgivande tidigvekokarelska metagranitoiderna, två K-Ar-dateringar av biotit gav åldrar på ca 1 700 respektive 1 587 miljoner år (Gorbatshev 1970). Under den nu aktuella karteringen har dock inga tydliga åldersrelationer påvisats som styrker den ovan nämnda uppfattningen. Dessutom visar den magnetiska anomalikartan (fig. 11) över området att de alkalina bergarterna ligger i stort sett konformt med omgivande berggrund, i centrum av en rundad anomali som till största delen orsakas av högmagnetiska, tidigvekokarelska metagranitoider. Enligt en tidigare datering (U-Pb-metoden på zirkon) av metasyeniten är denna ca 1 880 miljoner år gammal (U.B. Andersson, muntl. medd.). En i detta projekt utförd datering (U-Pb-metoden på titanit) av en ljus grå nefelinsyenit från Sågen gav en ålder av 1 885±10 miljoner år. Resultaten från de båda dateringarna indikerar, att Almungekomplexet är ungefär likåldrigt med de tidigorogena metagranitoiderna i östra Mellansverige (Persson 1993, Ripa & Persson 1997, Persson & Persson 1997, 1999, Ripa m.fl. 2004).

Almungekomplexet utmärker sig geofysiskt främst genom att orsaka ett distinkt tyngdkraftsunderskott (Daniels 1997, se även fig. 12). Densitets- och susceptibilitetsdata visar (tabell 2) att metasyeniten har lägre densitet (medelvärde 2656 kg/m<sup>3</sup>) och lägre susceptibilitet (medelvärde 651×10<sup>-5</sup> SI-enheter) än de omgivande högmagnetiska bergarterna. I norra delen av komplexet ligger den porfyriska metagranit till - granodioriten med en susceptibilitet på ca 6 468×10<sup>-5</sup> SI-enheter och en densitet av 2 671 kg/m<sup>3</sup>. Enligt en tidigare modellberäkning (Daniels 1997) har metanefelinsyeniten en utbredning i djupled på ca 500 meter.

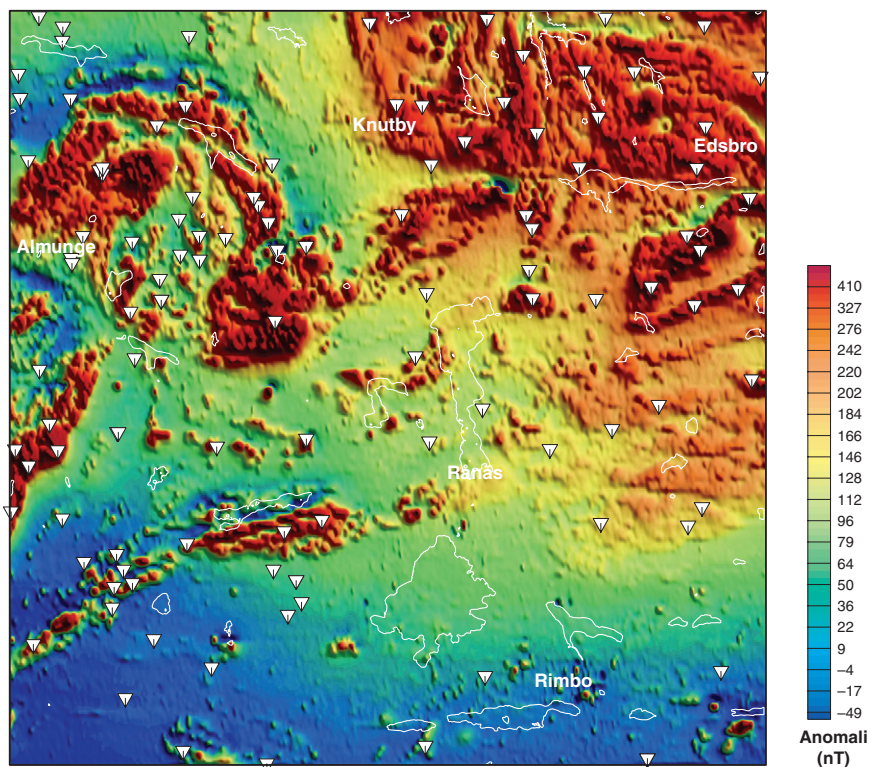


Fig. 11. Magnetisk anomalikarta över kartområdet 111 Uppsala NO.

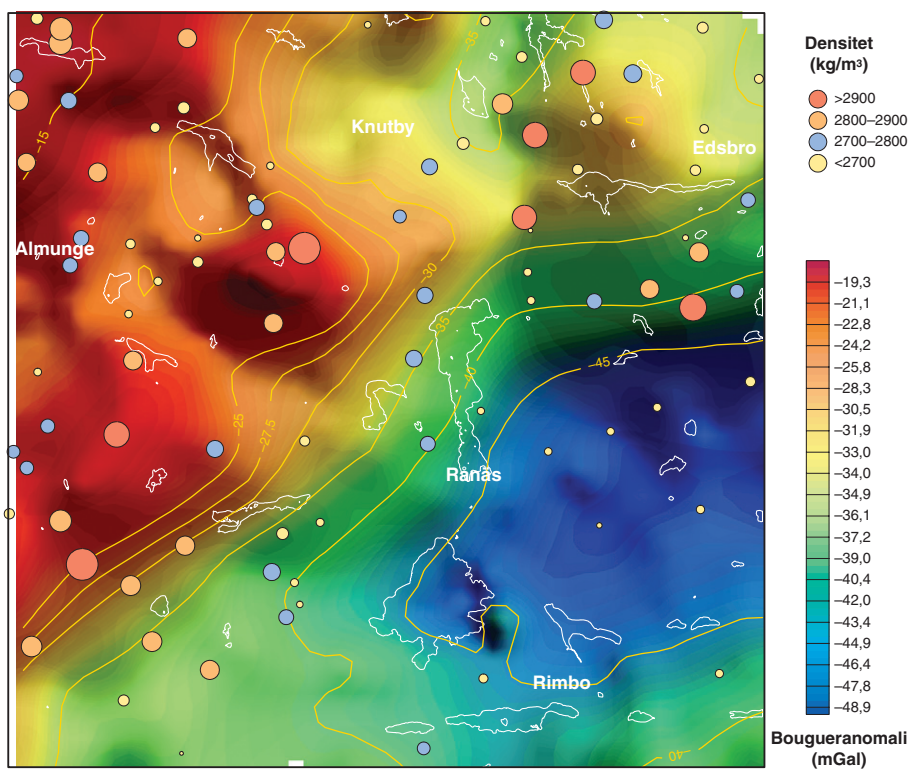


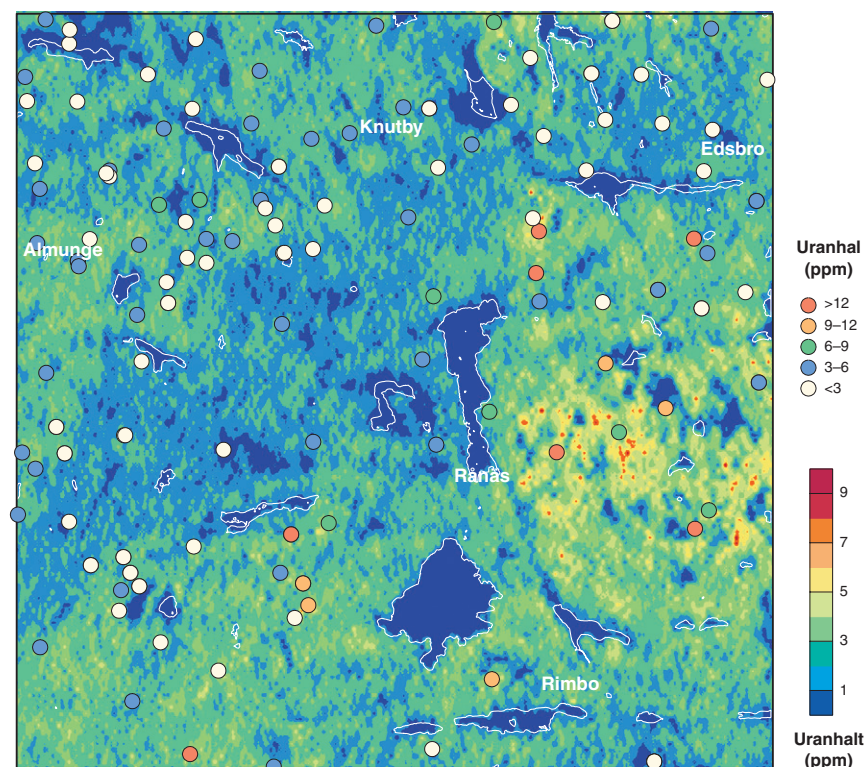
Fig. 12. Bougeranomalikarta över kartområdet 111 Uppsala NO.

### Senorogena intrusivbergarter

Från trakten omkring Rimbo och ca 10 km mot norr domineras berggrunden av ljusgrå till grårodd, senorogen granit. Den har delats in i två enheter på kartan, en porfyrisk och en jämn- till ojämnkornig. I hållar finns dock ingen skarp gräns mellan de båda, utan skillnaden i utseende är mer en fråga om en kontinuerligt varierande textur. I några hållar finns gångar av ljusgrå aplit, som slår i genom den porfyrisk graniten. Gångarna utgör troligen en sen fas av granitintrusionen. I stora delar av granitområdet är bergarten starkt blandad med xenoliter av äldre bergarter, mest metagranitoider. Sydväst om Rimbo övergår graniten kontinuerligt i partier av migmatitgranit som växlar med starkt migmatitomvandlade sedimentbergarter. Senorogen granit, aplit och pegmatit förekommer även som små kroppar och mycket talrika gångar i äldre bergarter, särskilt i de nordöstra och sydvästra delarna av kartområdet. Längs det stora stråk med felsiska metavulkaniter som nämnts ovan, finns flera stora förekomster med delvis mycket grovkornig pegmatit (kornstorlek upp till 2 dm). Pegmatiten framträder i den omgivande, ganska flacka terrängen som rundade, branta "knallar" vid flera lokaler.

Den senorogena graniten har en högre strålningsnivå än de tidigorogena metagranitoiderna. En tydlig förhöjning av uranhalt syns på strålningskartan (fig. 13) i det område som domineras av graniten. Spektromettermätningar på berghållar visar att de senorogena graniterna har högre kaliumhalt (4,1–4,6 %), högre uranhalt (5,8–13,9 ppm) och toriumhalt (21,7–28,2 ppm) än de tidigorogena granitoiderna (2,5–3,2 % kalium, 2,3–4,3 ppm uran och 8,9–12,9 ppm torium). Pegmatitgångar i både tidigorogena och senorogena bergarter ger upphov till lokala strålningsförhöjningar (uranhalt upp till 40 ppm).

Granitområdet framträder också som ett tydligt tyngdkraftsunderskott på Bougeranomalikartan (fig. 12).



### ***Postorogena intrusivbergarter***

En liten diabasgång (1–2 dm) med nordostlig strykning har observerats vid berget Hammaren, nordost om Lockstaholm.

### **Metamorfos**

Metamorfosgraden i kartområdets berggrund har inte undersökts närmare, men enligt Stålhös (1991) har de äldre bergarterna (svkofenniska ytbergarter och tidigorogena intrusivbergarter) i det närliggande kartområdet 12I Östhammar, generellt omvandlats i amfibolitfacies. Arnbom & Persson (2002) beskriver en omfattande hydrotermal omvandling av metavulkaniter i området 11I Uppsala NV. En del av de metavulkaniterna har en utbredning som fortsätter in i området 11I Uppsala NO, och eventuellt har hydrotermal omvandling påverkat bergarterna även där. I den sydligaste delen av kartområdet finns inslag av metasedimentära bergarter som är åderförgnejsade eller starkt migmatitomvandlade. Högmetamorfa indikatormineral såsom granat, sillimanit och andalusit har observerats vid en del lokaler, granat även i granitoider. De metasedimentära bergarterna utgör det norra gränsområdet för stora förekomster med liknande bergarter som har beskrivits av Stålhös (1972) för kartområdet 11I Uppsala SO. Almungekomplexets alkalina bergarter omges enligt Gorbatshev (1960) av en aureol med delvis intensiv hydrotermal omvandling (finitisering), med bland annat blekning av bergarterna som resultat.

### **Strukturer**

De äldre bergarterna i det karterade området präglas av en svag till måttligt stark foliation eller stänglighet med en ostnordostlig huvudriktning. I området norr om sjön Sottern har berggrunden en starkt utbildad stänglighet med medelbrant stupning, huvudsakligen mot söder. På den magnetiska anomalikartan (fig. 9) syns en nordostligt strykande positiv anomali, som korsar kartområdet ungefär diagonalt. Anomalin motsvaras av ett stråk med felsiska metavulkaniter i de västra delarna och indikerar en strukturtrend som bekräftas av foliationsmätningar. I det sydvästligaste hörnet (5f, se fig. 8) av kartområdet har en bred zon med mycket stark plastisk deformation observerats. Den stryker i nordnordostlig riktning och kan följas från häll till häll (med avbrott) flera km mot norr, där den vrider mot en mer östlig riktning. Strax norr om Lockstaholm, på berget Hammaren, finns ett stort hällområde med intensivt veckad metadacit. Sydost om Smara finns flera plastiska, nordostligt strykande skjuvzoner i delvis svåridentifierade bergarter. För övrigt har ett fåtal små, plastiska skjuvzoner iakttagits i häll.

Kartområdet genomkorsas av ett tydligt mönster av spröda deformationszoner, som i många fall syns som topografiskt framträdande sprickdalar (fig. 14). Zonerna är av naturliga skäl dåligt blottade (sjöar, lerfyllda dalgångar m.m.), men spröd deformation i form av kvartssprickor, kvartsläkt breccia och kataklasit har observerats i ett antal hällar i anslutning till zonerna.

Elektromagnetiska VLF-data används i första hand som ett underlag för tolkning av spröd tektonik. Vattenförande sprickzoner och deformationszoner i berggrunden uppträder på VLF-kartan som långsträckta zoner med positiva anomalier. I många fall korrelerar VLF-anomalier bra med topografiskt framträdande sprickdalar. Den långsträckta spröda deformationszonen med ungefär ost–västlig riktning strax söder om Knutby syns som en lågmagnetisk linjär anomali på den magnetiska anomalikartan (fig. 11) och som en positiv VLF-anomali (fig. 15).

### **Geofysik**

Variationer i magnetfältet beror framför allt på bergarternas innehåll av magnetiska mineral. Den magnetiska anomalikartan (fig. 11) kan därför ge information om vissa bergarters utbredning och om strukturella drag i berggrunden.

Tyngdkraftsmätningar baseras på bergarternas densitet och ger viktig information om strukturella drag i tre dimensioner. Tyngdkraftsmätningar är utförda med ett punktavstånd på ca 1–1,5 km. Resultaten från

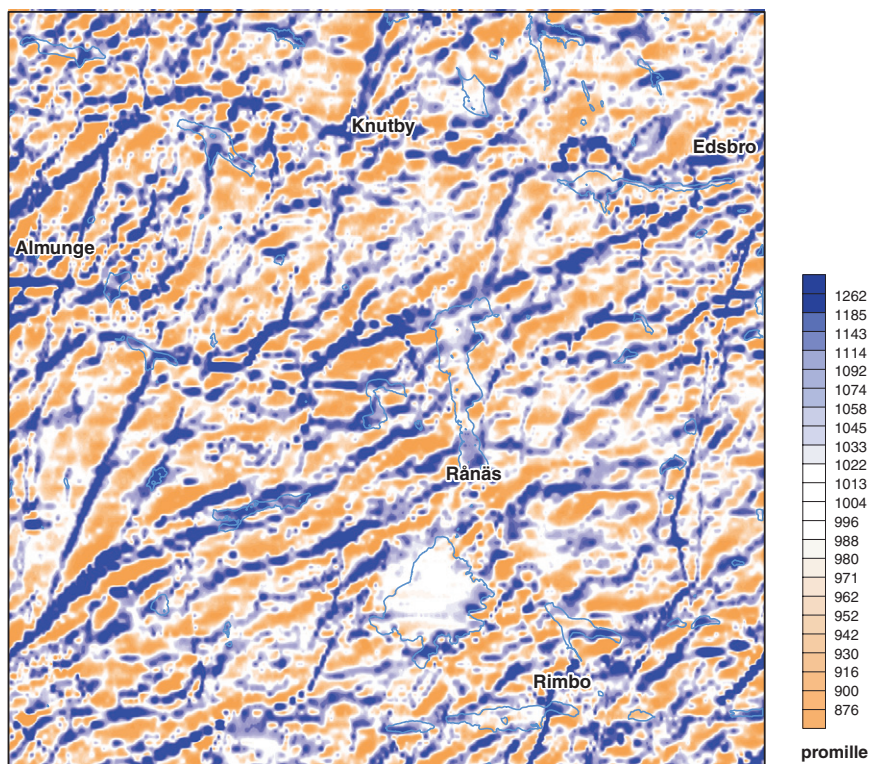


Fig. 14. VLF-karta över kartområdet 111 Uppsala NO.

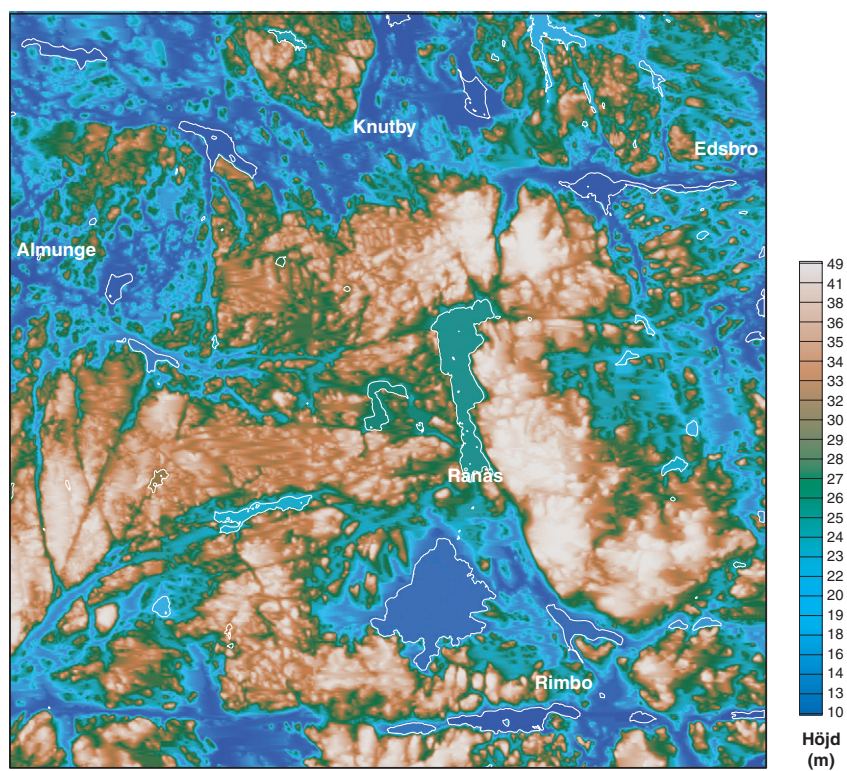


Fig. 15. Höjdreliiefkarta över kartområdet 111 Uppsala NO.

tyngdkraftsmätningarna redovisas i form av Bougueranomalier (fig. 12).

Mätning av markens gammastrålning (fig. 13) ger en bild av hur naturligt förekommande radioaktiva isotoper av uran, torium och kalium är fördelade i det översta (ca 3 dm) skiktet av jordtäcket eller berggrunden. Mätresultaten används vid tolkningen av berggrundskartan, men framförallt för att identifiera områden med risk för förhöjda radonvärden.

Data från flygmätningarna verifieras genom markmätningar. De senares huvudsakliga syfte är att följa upp eventuella anomalier, dvs. att försöka knyta anomalier till en viss bergart och att ge detaljbilder av anomalier för exempelvis beräkning av geologiska modeller.

I kartområdet har parameterprover tagits från 128 lokaler, för mätning av bergarternas fysikaliska egenskaper. I SGUs petrofysiska databas finns resultaten av dessa samt från tidigare mätningar på 93 lokaler (Almungeområdet). Gammastrålningsmätningar på berghällar har utförts vid 144 lokaler. I tabell 2 finns en sammanställning av kaliumhalt, uranhalt, toriumhalt, densitet och magnetisk susceptibilitet för huvudbergarterna inom kartområdet. Susceptibilitetsvärdena från hällar är en sammanställning av mätningar på ca 1 700 lokaler (medelvärdet av minst 8 mätningar på varje häll).

Den magnetiska anomalikartan (fig. 11) över det aktuella området visar på kraftigt varierande magnetiseringsnivåer. De flesta positiva anomalierna orsakas av de tidigorogena intrusivbergarterna. Den mest framträdande anomalien i undersökningsområdet finns öster om Almunge och orsakas av metagabbro. Den har en susceptibilitet som varierar mellan 25 och  $19\,300 \times 10^{-5}$  SI-enheter (medelvärde  $876 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Den starka magnetfältsanomalien sammanfaller även med en tyngdkraftsanomali som tyder på ett stort tyngdkraftsoverskott. Metagabbrens densitet är  $2\,911\text{--}3\,147 \text{ kg/m}^3$  (medelvärde  $3\,024 \text{ kg/m}^3$ ), vilket är det högsta värdet i undersökningsområdet. En framträdande positiv magnetisk anomali, som omringar de norra och östra delarna av Almungekomplexet, förorsakas främst av metagranit. Den har en susceptibilitet på ca  $1\text{--}23\,800 \times 10^{-5}$  SI-enheter (medelvärde  $410 \times 10^{-5}$  SI-enheter) och en densitet på  $2\,591\text{--}2\,711 \text{ kg/m}^3$  (medelvärde  $2\,644 \text{ kg/m}^3$ ). Densitetskontrasten mellan metagraniten och de omgivande bergarterna (metagabbro i sydost och metagranodioriten i nordväst) syns tydligt på tyngdkraftskartan som en kraftig gradient.

I de östra och sydöstra delarna av undersökningsområdet syns ett ganska stort tyngdkraftunderskott i form av en negativ anomali på Bougueranomalikartan (fig. 12). Underskottet orsakas av den senorogena graniten som generellt sett har låg densitet (medelvärde ca  $2\,600 \text{ kg/m}^3$ ). Densitetskontrasten mellan de senorogena och de tidigorogena granitoiderna orsakar en stark tyngdkraftgradient med sydostlig riktning.

De metasedimentära bergarterna har den lägsta magnetiseringsnivån inom undersökningsområdet. Susceptibiliteten hos de migmatitiska metasedimentära bergarterna har en spridning mellan 2 och  $91 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Den negativa magnetiska anomalien i södra delen av området överensstämmer med de låga susceptibilitetsvärdena som mätts på hällar (fig. 16).

Kartan över markens uranhalt (fig. 13) visar förhöjda halter i den östra delen av området där berggrunden domineras av senorogen granit. Spektrometermätningar på berghällar (se tabell 1) visar att de senorogena intrusivbergarterna har den högsta strålningsnivån inom undersökningsområdet. Den högsta kaliumhalten (4,6 %) och högsta toriumhalten (28,2 ppm) finns i porfyrisk granit, och den högsta uranhalten (13,9 ppm) i pegmatit. Metagabbro har den lägsta strålningsnivån i kartområdet, 0,6 % kalium, 1,3 ppm uran och 1,8 ppm torium.

Modellberäkning har utförts längs en profil över kartområdet för att uppskatta bergarternas utbredning i djupled. Läget för profilen är markerat på berggrundskartan. Vid modellberäkningen används flygmagnetiska data och tyngdkraftsdata tillsammans med petrofysisk information.

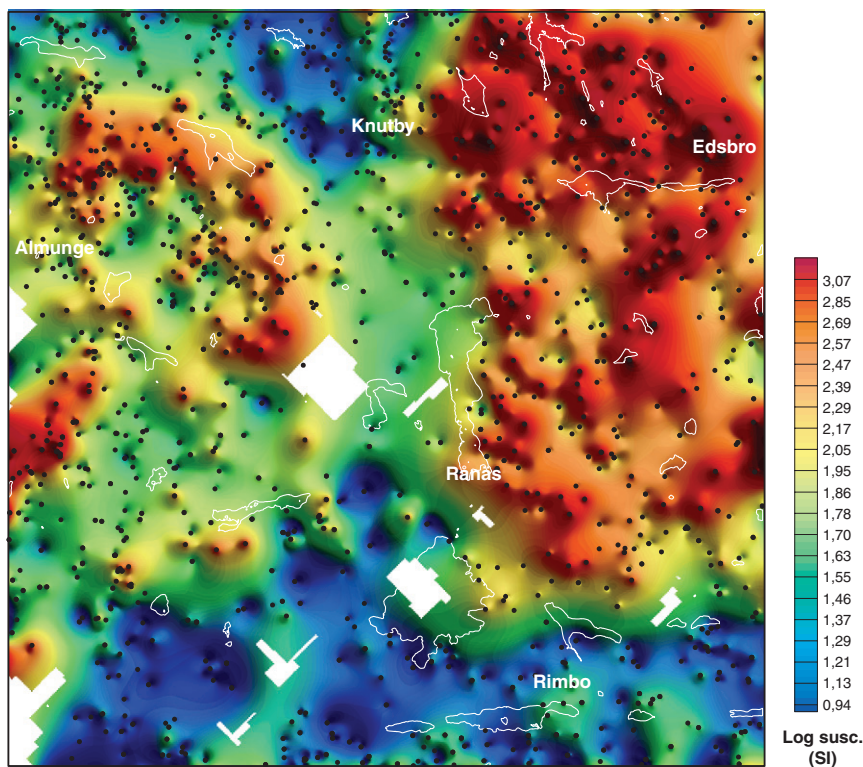


Fig. 16. Karta över hållsusceptibilitet inom kartområdet 11I Uppsala NO. Symbolerna visar läget för susceptibilitetsmätningar.

## NATURRESURSER

### Malm- och industrimineral

Kartområdet är fattigt på kända mineraliseringar. Endast ett fåtal små, äldre marmorbrott samt en järnoxid-förekomst finns beskrivna (Sidenbladh 1868). Marmorförekomsterna domineras av dolomitmarmor och det största brottet finns vid västra stranden av Hosjön, nordost om Knutby. Mindre förekomster har brutits vid Storablekan, Riddarbol och Frubol (6 f–g), varav de två sistnämnda inte har besökts under denna kartering. I slutet av 1950-talet borrade Korsnäs AB 11 kärnborrhål på små skarnjärnmalmer sydväst om byn Sotter, och en skärpning på järnoxider har observerats på samma lokal sommaren 2004.

För mer detaljerad information hänvisas till Wik m.fl. (2004) och Wik m.fl. (under arbete).

### Krossberg och blocksten

Nordost om Rimbo finns en större krossbergtäkt, Nydalstäkten (fig. 17), som bryts på en senorogen granit med en del xenoliter av tidigorogena metagranitoider. Tekniska analyser från täkten anger kulkvarnsvärden på 8,7–6,5, sprödhetstal på 35 och flisighetstal på 1,22. Granitens strålningsnivå (fig. 13) ligger nära gränsen för vad som är tillåtet i bebyggda områden. Dess radiumindex är 0,75–0,85 och gammaindex 1,75–1,85 (gränsvärden <1 respektive <2), se tabell 3.

En rödgrå, tidigorogen metagranodiorit bryts i en liten täkt vid Kågarbol. Krossprodukten är avsedd för lokalt bruk (skogsbilvägar).

Blocksten har brutits av ljusgrå senorogen granit i flera små brott nordväst om Rimbo. Ett par av dem har observerats under karteringen, övriga har beskrivits av Wik m.fl. (2004).



Fig. 17. Nydalstäkten, nordost om Rimbo (6632876/1647440). Koordinater i rikets nät.

Tabell 3. Radiumindex och gammaindex för bergarter i kartområdet 11I Uppsala NO.

Bergart	Radiumindex	Gammaindex
Pegmatit	0,8±0,3	1,0±0,3
Granit	0,5±0,5	1,1±0,5
Granit, porfyrisk	0,5±0,3	1,4±0,4
Metagranit	0,3±0,1	0,7±0,2
Metagranit- metagranodiorit, porfyrisk	0,14±0,03	0,6±0,1
Metagranodiorit- metagranit	0,2±0,1	0,6±0,2
Metatonalit- metagranodiorit	0,2±0,1	0,4±0,1
Metatonalit	0,10±0,01	0,4±0,1
Metagabbro- metadiorit	0,06±0,00	0,11±0,01
Metaryolit- metadacit	0,2±0,1	0,5±0,1
Metaryolit- metadacit, kvarts/fältspatströkorn	0,2±0,1	0,6±0,2
Metasedimentär bergart, ådergnejsig	0,2±0,1	0,5±0,1
Metasedimentär bergart, migmatitisk	0,2±0,1	0,6±0,2
Metagranit, porfyrisk	0,2±0,1	0,8±0,1
Metasyenit	0,3±0,1	0,8±0,3
Metanefelinsyenit	0,03±0,01	0,30±0,03

## REFERENSER

- Antal Lundin, I., Bergman, S., Gierup, J., Persson, C., Thunholm, B., Stephens, M.B. & Johansson, R., 1998: Översiktsstudie av Uppsala län. Geologiska förutsättningar. *SKB R98*, 49 s.
- Arnbom, J.O. & Persson, L., 2002: Beskrivning till berggrundskartan 11I Uppsala NV. *Sveriges geologiska undersökning Af210*, 49 s.
- Bergman, S., 1995: Berggrunden på kartbladet 11I Uppsala NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1994. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden 79*, 39–40.
- Bergman, S., 1996: Kartbladet 11I Uppsala NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden 84*, 41–42.
- Bergman, S., 1997: Kartbladet 11I Uppsala NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1996. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden 89*, 17–18.

- Bergman, S., Delin, H., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2001: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden 105*, 16–28.
- Bergman, S., Delin, H., Karis, L., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2002: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning - sammanfattning av pågående undersökningar 2001. *Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden 110*, 10–39.
- Blomberg, A., 1889: Beskrivning till kartbladet Penningby. *Sveriges geologiska undersökning Aa 100*, 45 s.
- Claesson, O., 1985: The Skedviken structure. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 85405*, 8 s.
- Daniels, J., 1997: Gravity and magnetic modelling of the Almunge alkali complex. Opublicerad avhandling. *Uppsala universitet, avdelningen för fasta jordens fysik*, 56 s.
- Gorbatshev, R., 1960: On the alkali rocks of Almunge. A preliminary report on a new survey. *Bulletin of the Geological Institute of Uppsala XXXIX 5*, 69 s.
- Gorbatshev, R., 1970: K-Ar age of biotite from the Almunge alkaline intrusion. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 92*, 501–502.
- Gorbatshev, R. & Norin, E., 1958: Alkalisyenitområdet vid Almunge. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 93031*, 7 s.
- Gumaelius, O. & Paykull, C.W., 1865: Några ord till upplysning om bladet Sigtuna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 16*, 56 s.
- Hughes, C.J., 1973: Spilites, keratophyres and the igneous spectrum. *Geological Magazine 6*, 513–527.
- Hummel, D., 1865: Några ord till upplysning om bladet Skattmansö. *Sveriges geologiska undersökning Aa 15*, 60 s.
- Janousek, V., Braithwaite, C.J.R., Bowes, D.R. & Gerdes, A., 2004: Magma-mixing in the genesis of Hercynian calc-alkaline granitoids: an integrated petrographic and geochemical study of the Sazava intrusion, Central Bohemian Pluton, Czech Republic. *Lithos 78*, 67–99.
- Jonsson, E., 2001: Vårt närmaste alkalina massiv: Almungeintrusionen i Uppland. *Stockholms Amatörgeologiska Sällskap Berg & Mineral 11*, 8–15.
- Kugelberg, O.F., 1863: Några ord till upplysning om bladet Enköping. *Sveriges geologiska undersökning Aa 7*, 40 s.
- Lundegårdh, P.H., 1956: Petrology of the Uppsala region, eastern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C544*, 74 s.
- Lundegårdh, P.H. & Lundqvist, G., 1956: Beskrivning till kartbladet Uppsala. *Sveriges geologiska undersökning Aa 199*, 117 s.
- Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1994: Sveriges berggrund i skala 1:250 000. I C. Fredén (red.): *Berg och jord. Sveriges Nationalatlas*, 208 s.
- Peacock, M.A., 1931: Classification of igneous rock series. *Journal of Geology 39*, 54–67.
- Paykull, C.W., 1864: Några ord till upplysning om bladet Lindholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa 13*, 55 s.
- Persson, L., 1993: The U-Pb zircon age of the Sala granite of south central Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C 823*, 32–35.
- Persson, L. & Stålhös, G., 1991: Beskrivning till provisoriska, översiktliga berggrundskartan Uppsala. *Sveriges geologiska undersökning Ba 47*, 30 s.
- Persson, L. & Persson, P.-O., 1997: U-Pb datings of the Hedesunda and Åkersberga granites of south-central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 119*, 91–95.
- Persson, L. & Persson, P.-O., 1999: U-Pb zircon age of the Vätö granite, south central Sweden. I S. Bergman (red.): Radiometric dating results 4. *Sveriges geologiska undersökning C 831*, 91–99.
- Quensel, P.D., 1914: The alkaline rocks of Almunge. *Bulletin of the Geological Institute of Uppsala 12*, 129–200.
- Ripa, M. & Persson, P.-O., 1997: The U-Pb zircon age of the Sala-Vänge granite at Sala, south central Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results 3. *Sveriges geologiska undersökning C 830*, 57–62,

- Ripa, M., Bastani, M. & Persson, L., 2004: Östra Mälardalen berg. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden 116*, 10–19.
- Ripa, M., Bastani, M., Delin, H. & Persson, L., 2005: Östra Mälardalen berg. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden 120*, 71–89.
- Rudmark, L., 2000: Beskrivning till jordartskartan 111 Uppsala NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 125*, 53 s
- Sidenbladh, E., 1868: Några ord till upplysning om bladet Rånäs. *Sveriges geologiska undersökning Aa 27*, 61 s
- Stephens, M.B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 2000: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 102*, 78–97.
- Stephens, M.B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 2001: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 63–74.
- Stålhös, G., 1974: Beskrivning till berggrundskartan Enköping SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 110*, 70 s.
- Stålhös, G., 1976: Beskrivning till berggrundskartan Enköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 118*, 45 s.
- Stålhös, G., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 161, 166, 169, 172, 249* s.
- Svedmark, E., 1887: Beskrivning till kartbladet Norrtelge. *Sveriges geologiska undersökning Aa 94*, 69 s.
- Wilson, M., 1989: *Igneous Petrogenesis*. Unwin Hyman, London, 466 s.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A., 1977: Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology 20*, 325–343.
- Wik, N.-G., Stephens, M.B. & Sundberg, A., 2004: Malmer, industriella mineral och bergarter i Stockholms län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 117*, 144 s.

E-post: [magnus.ripa@sgu.se](mailto:magnus.ripa@sgu.se)    [mehrdad.bastani@sgu.se](mailto:mehrdad.bastani@sgu.se)    [hans.delin@sgu.se](mailto:hans.delin@sgu.se)    [lena.persson@sgu.se](mailto:lena.persson@sgu.se)

# Östra Mälardalen, bergkvalitet

Fanny Hartvig, Lena Persson, Malin Sträng och Torbjörn Thelander

## INLEDNING

Projektet "Östra Mälardalen, bergkvalitet" startade under år 2003 och skall enligt planen pågå t.o.m. 2006. Syftet med projektet är att ta fram bergkvalitetskarter över östra Mälardalen. Det utgör en del av SGUs kartering inom befolkningstäta områden och miljömålet "God bebyggd miljö". Redan utgivna kartor inom projektet är bergkvalitetskarter över Sigtuna och Vallentuna kommuner samt delar av kommunerna Nynäshamn, Sala och Heby (Mellqvist m.fl. 2005, Sträng m.fl. 2005a, b, c). Under 2006 kommer kartor att framställas över delar av eller hela följande kommuner: Nykvarn, Södertälje, Värmdö och Österåker. Totalt omfattar projektet ca 2 200 km<sup>2</sup> (fig. 1).

Inom Värmdö och Österåkers kommuner har arbetet inletts med berggrundsundersökningar eftersom det saknas moderna berggrunds kartor över delar av dem. Även inom Heby kommun har en kompletterande berggrundsundersökning genomförts. Efter att berggrunds karteringen är klar kan bergkvalitetsundersökningarna utföras. Under 2005 har bergkvalitetsprovtagning genomförts i Nykvarns, Södertälje, Värmdö och Österåkers kommuner, medan berggrundsundersökningar har gjorts i Värmdö och Österåkers kommuner.

I fältarbetet har följande personer deltagit: Mehrdad Bastani, Mattias Göransson, Fanny Hartvig, Sven Lundqvist, Claes Mellqvist, Lena Persson, Vladislav Stejskal (extrageolog) och Torbjörn Thelander.

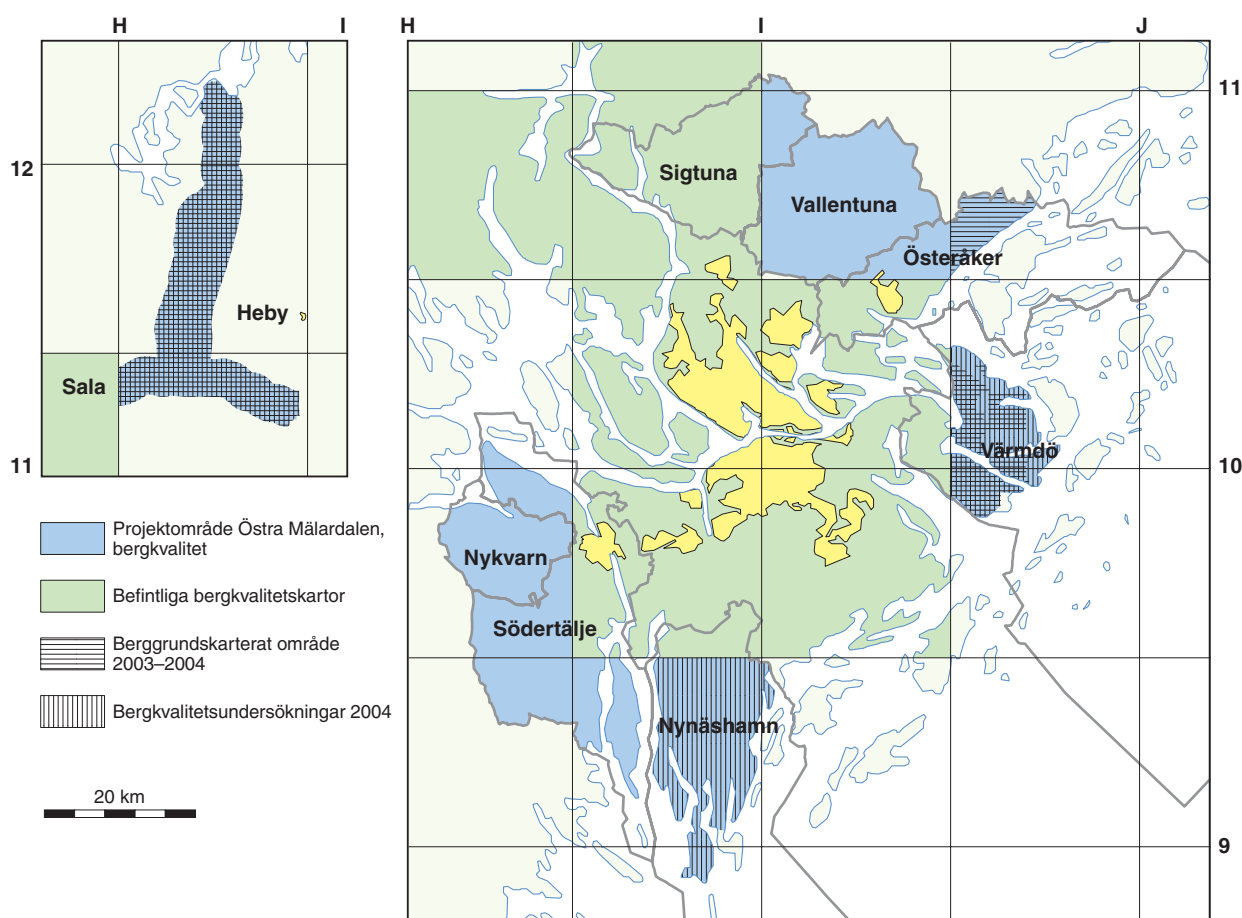


Fig. 1. Projektområdet med kommungränser.

## BERGGRUNDSGEOLOGI

Berggrunden i karteringsområdena domineras av bergarter bildade under den så kallade svekokarelska orogesen. Huvuddelen av bergarterna kan hänföras till gruppen av tidigorogena intrusivbergarter (granit till gabbro) samt svekofenniska ytbergarter, främst ådergnejsomvandlade till migmatitiserade sedimentära bergarter.

Den huvudsakliga berggrundskarтерingen i Värmdö och Österåkers kommuner genomfördes 2004. Årets berggrundskarтерing har inte inneburit någon omtolkning av de geologiska eller geofysiska resultaten, vilket innebär att för en utförlig beskrivning av området hänvisas till Sträng m.fl. (2005d). Berggrundskartorna över Värmdö och Österåkers kommuner (fig. 2 och 3) kommer att färdigställas under 2006.

## BERGKVALITET

Provtagning för teknisk analys har utförts på de dominerande bergartsenheter, företrädesvis i vägskäringar samt i bergtäkter. Vid varje provtagningslokal har 50–70 kg bergmaterial tagits. På proverna görs följande analyser: kulkvarnsanalys (nöttningsmotstånd), Los Angelesanalys (sprödhet), densitetsmätningar, ASR-analys (alkaliskelaktivitet) samt på en del prover Micro Devalanalys (nöttningsmotstånd). De tekniska analyserna görs av MRM (mark, radon, miljö) i Luleå. Gammastrålningsmätningar har utförts på de flesta lokalerna. Där det har varit möjligt har även mätningar av sprickplanens strykning och stupning samt en bedömning av spricktätheten gjorts. Tunnslip har framställts från samtliga prover utom ett, och mikroskopering av dessa pågår.

### Södertälje och Nykvarns kommuner

Projektområdet omfattar hela Nykvarns kommun samt de nordvästra och södra delarna av Södertälje kommun. Projektområdet faller inom kartområdena 9H Nyköping NV, 9I Nynäshamn NO, 10H Strängnäs SO och NO. De delar av Södertälje kommun som ligger inom kartområdet 10I Stockholm SV ingår ej i det aktuella projektområdet. Med undantag för en mindre del längst i norr finns moderna berggrundsgelogiska kartor (Stålhös 1975, 1979 och 1982) över hela projektområdet, och de är av så god kvalitet att någon kompletterande berggrundskarтерing inte bedömts vara nödvändig.

Berggrunden inom projektområdet består till stor del av sedimentgnejsar som i varierande omfattning har ådergnejsomvandlats eller migmatitiserats (fig. 4). Bland andra ytbergarter finns mindre inslag av marmor (kristallin kalksten) och vulkaniter. Gnejsiga eller folierade tidigvekokarelska graniter, granodioriter och tonaliter utgör den andra dominerande bergartsgruppen. Enstaka, små kroppar av diorit eller gabbro finns främst i projektområdets sydvästra del. Senorogena, massformiga graniter och pegmatiter förekommer som spridda kroppar av varierande storlek i stora delar av projektområdet.

Totalt har 40 prover för bergkvalitetsanalys tagits inom detta projekt (fig. 4). Analysresultaten har sammanställts i figur 5. Det geofysiska fältarbetet inom Södertälje och Nykvarns kommuner har bestått av provtagning för petrofysiska undersökningar och gammastrålningsmätningar på hållar. De jämnkorniga graniterna inom området har mycket förhöjda toriumhalter. Figur 6 visar den flygmätta radiometrisktoriumkartan över området. Även gammaindex, beräknat från gammastrålningsmätningar på hållar, redovisas på kartan. På grund av de höga toriumhalterna har de jämnkorniga graniterna ett genomgående högt gammaindex som varierar mellan 1,0 och 3,2 (medelvärde 1,9).

### Värmdö kommun

Bergkvalitetskartan över Värmdö kommun kommer att färdigställas under 2006. Bergkvalitetskartor finns redan framtagna över de västra delarna av kommunen, inom kartområdet 10I Stockholm (Persson m.fl. 2002). Under 2005 togs det tre prover för bergkvalitetsanalys för att komplettera den huvudsakliga bergkvalitetsprovtagning i Värmdö kommun som genomfördes 2004 (17 prover). Totalt har 20 prover för bergkvalitetsanalys tagits inom detta projekt (fig. 2). Ytterligare 5 äldre prover finns redovisade på bergkvalitetskartan

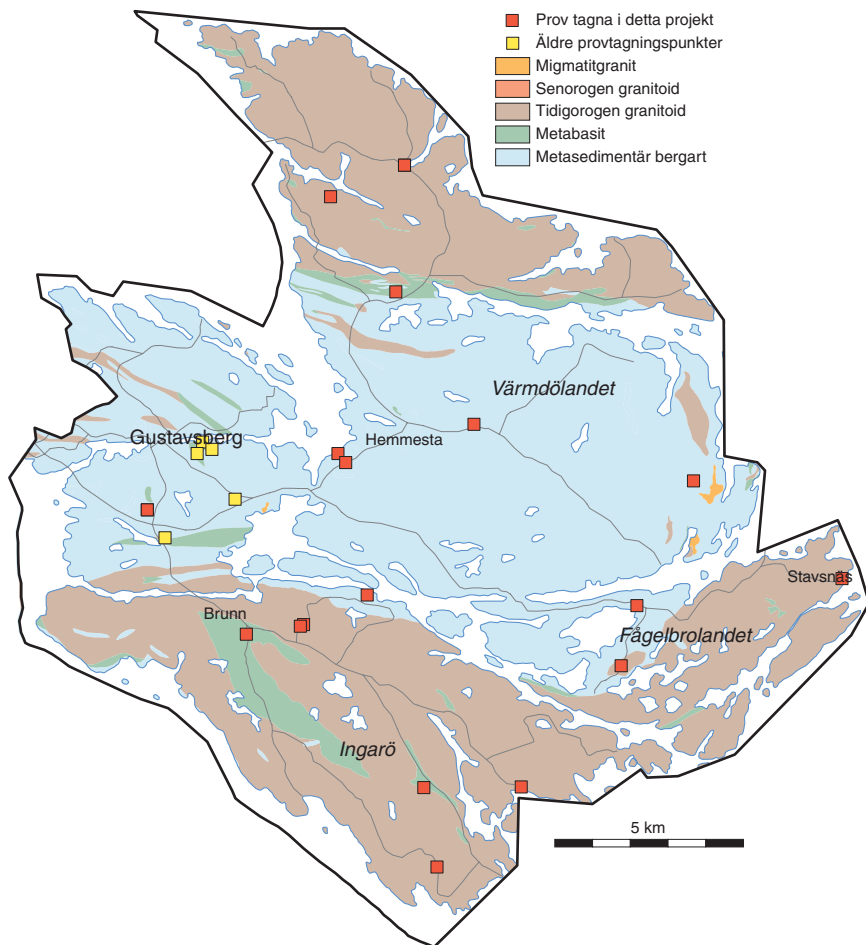


Fig. 2. Preliminär, förenklad berggrundskarta över projektområdet inom Värmdö kommun.

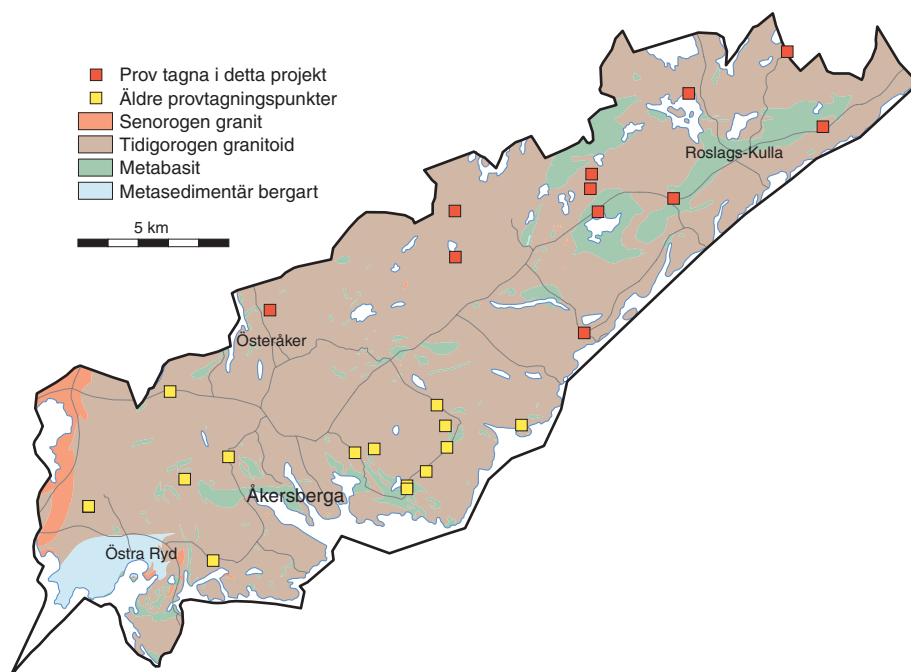


Fig. 3. Preliminär, förenklad berggrundskarta över projektområdet inom Österåkers kommun.

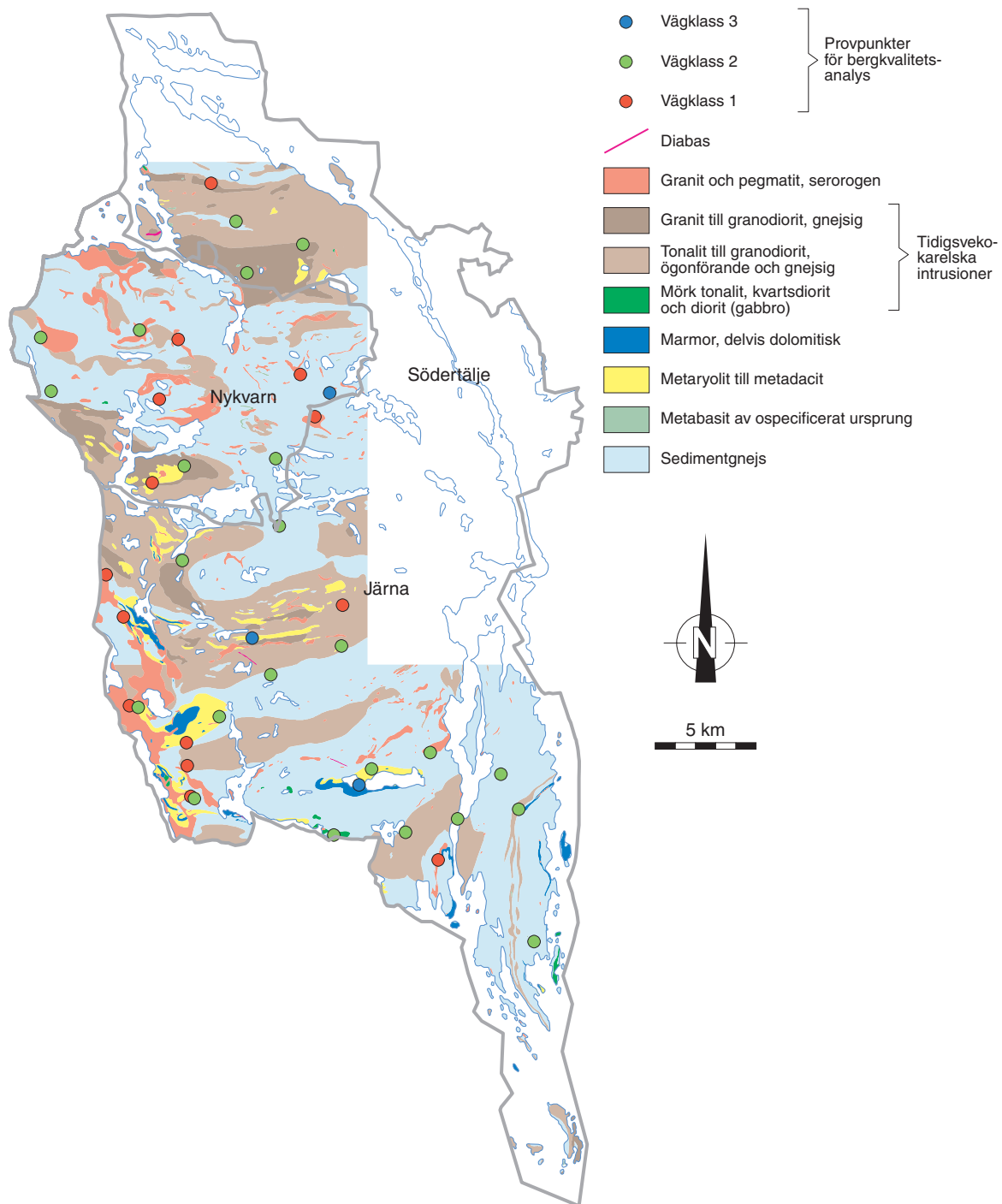


Fig. 4. Förenklad berggrundskarta över projektområdet inom Södertälje och Nykvarns kommuner.

10I Stockholm (Persson m.fl. 2002). Generellt sett är de senorogena (yngre), fint medelkorniga graniterna till granodioriterna de bergarter inom kommunen som har bäst motståndskraft mot nötning och är minst spröda.

### Österåkers kommun

Över de sydvästra delarna av kommunen, vilka ligger inom kartområdet 10I Stockholm NO, finns det redan en bergkvalitetskarta utgiven (Persson m.fl. 2002). Inom detta projekt har de delar av kommunen som ligger

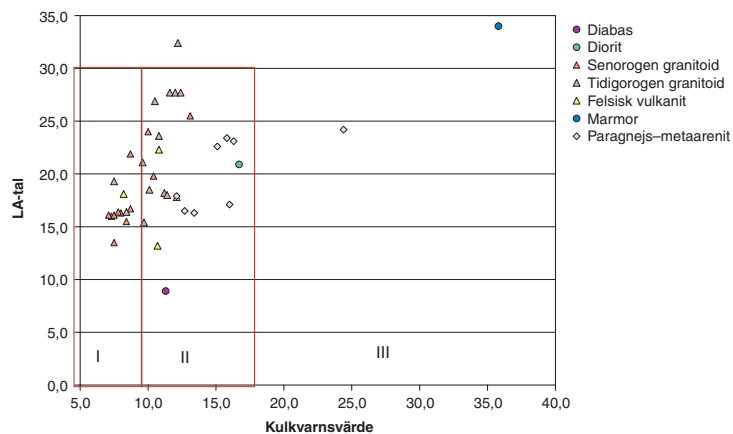


Fig. 5. Resultat av bergkvalitetsanalys på proverna från Södertälje och Nykvarns kommuner. Områdena I, II och III klassificerar provernas lämplighet som vägmaterial. Prover som faller inom klass I har de för vägmaterial bästa egenskaperna.

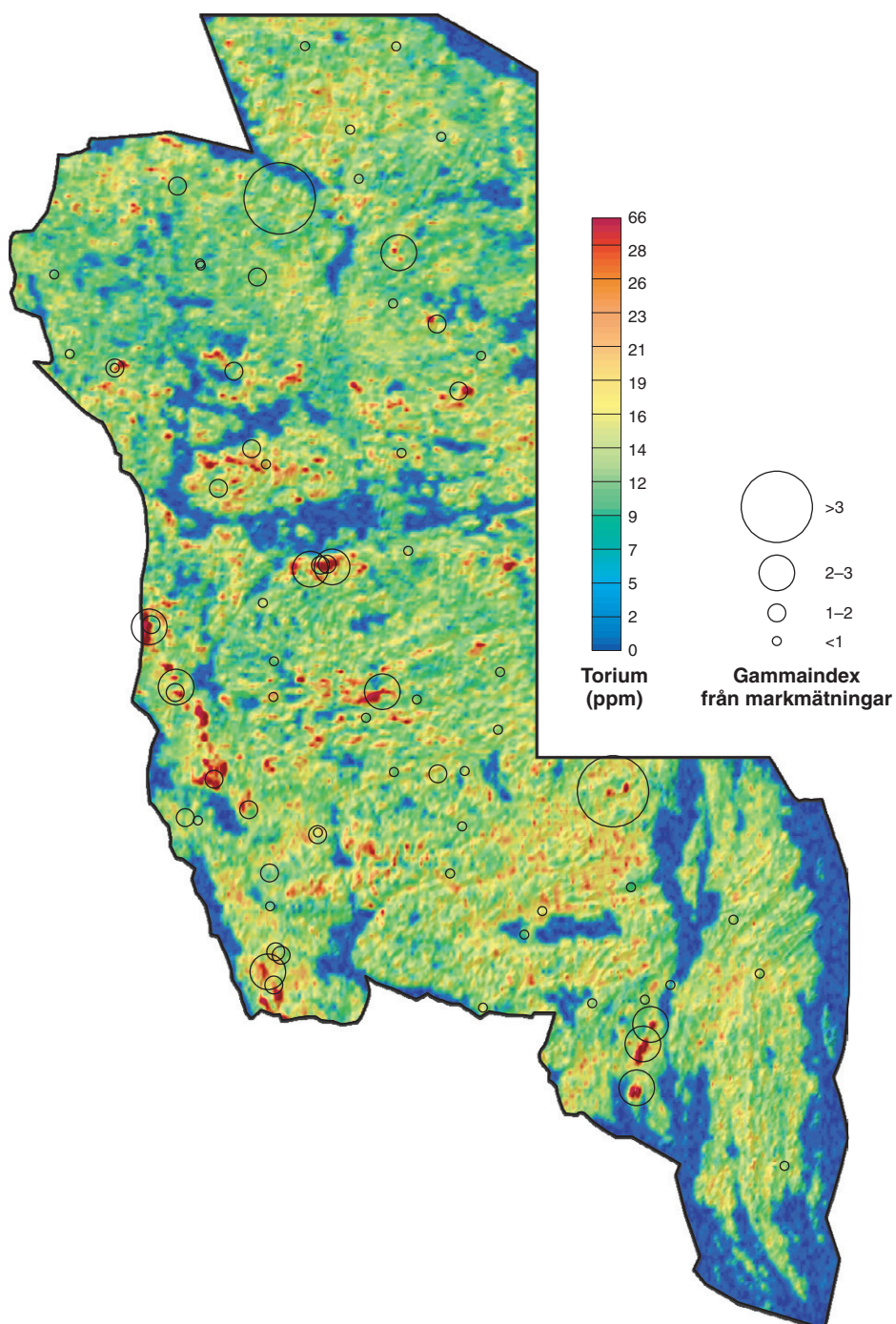


Fig. 6. Radiometrisk toriumkarta över projektområdet inom Södertälje och Nykvarns kommuner.

inom kartområdena 11I Uppsala SO och 11J Norrtälje SV undersökts. Undersökningen har endast bedrivits på fastlandet. Moderna berggrundskartor finns över de västra delarna av kommunen, dvs. kartområdena 11I Uppsala SO och 10I Stockholm NO (Stålhös 1972, Persson m.fl. 2001). Över de östra delarna av kommunen, som ligger inom kartområdet 11J Norrtälje, har det i detta projekt genomförts berggrundskartering under 2004 och 2005. Bergkvalitetskartan över Österåkers kommun kommer att färdigställas under 2006. Totalt har 11 prover för bergkvalitetsanalys tagits inom detta projekt (fig. 3). Ytterligare 18 äldre prover finns redovisade på bergkvalitetskartan 10I Stockholm (Persson m.fl. 2002).

## REFERENSER

- Mellqvist, C., Bastani, M. & Persson, L., 2005: Bergkvalitetskartan Nynäshamn. Skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning, databas*.
- Persson, L., Sträng, M. & Antal, I., 2001: Berggrundskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60*.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist S. & Sträng, M., 2002: Bergkvalitetskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60 Bk*.
- Sträng, M., Bastani, M. & Persson, L., 2005a: Bergkvalitetskartan Sala-Heby. Skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning, databas*.
- Sträng, M., Bastani, M., Hartvig, F. & Persson, L., 2005b: Bergkvalitetskartan Sigtuna, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 6*.
- Sträng, M., Bastani, M., Hartvig, F. & Persson, L., 2005c: Bergkvalitetskartan Vallentuna, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 5*.
- Sträng, M., Andersson, D., Bastani, M., Hartvig, F., Lundqvist, S., Mellqvist, C. & Persson, L., 2005d: Östra Mälardalen, bergkvalitet. I.H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 90–103.
- Stålhös, G., 1972: Beskrivning till berggrundskartorna Uppsala SV och SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 105–106*, 165 s.
- Stålhös, G., 1975: Beskrivning till berggrundskartan Nyköping NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 115*, 99 s.
- Stålhös, G., 1979: Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NV/SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 125*, 106 s.
- Stålhös, G., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Strängnäs SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 142*, 78 s.

E-post: fanny.hartvig@sgu.se   lena.persson@sgu.se   malin.strang@sgu.se   torbjorn.thelanders@sgu.se

# Gävleborgs län

*Stefan Bergman, Lena Albrecht, Martin Ahl, Lutz Kübler och Johan Söderman*

## INLEDNING

Arbetet med projekt Gävleborgs län inleddes 2004, och målsättningen är att framställa en bergkvalitetskarta med tillhörande databaser över södra Gästrikland samt översiktliga berggrundskartor och databaser över kartområdena 15G Bollnäs och 16H Bergsjö (fig. 1). Området i södra Gästrikland (fig. 2) utvaldes efter en behovsanalys i Gävleborgs län under hösten 2003. Arbetet i detta område är en del av SGUs systematiska geologiska kartering inom befolkningstäta områden och är ett led i arbetet med miljö kvalitetsmålet ”God bebyggd miljö”. I områdena där översiktliga berggrundskartor ska göras, genomförs karteringen med en hastighet av ca 25–30 km<sup>2</sup> per dag. Som karteringsunderlag används topografiska kartor i skala 1:50 000. Resultaten från fältarbetet 2004 redovisas i Bergman m.fl. (2005). Nedan presenteras de under år 2005 genomförda arbetena i de tre kartområdena. För lägesbestämning av observationslokalerna användes GPS. I årets fältarbete har följande personer deltagit: Martin Ahl, Lena Albrecht, Mimmi Arvidsson, Stefan Bergman, Lutz Kübler, Niklas Olsson, Sven Snäll, Johan Söderman, Stefan Persson och Torbjörn Wikström.

Området domineras av bergarter som bildades under den svekokarelska orogenesen (bergskedjebildning) för ca 1 960 till 1 750 miljoner år sedan. Äldst i det aktuella området är svekofenniska ytbergarter (bergarter avsatta på jordytan), som utgörs av vulkaniska och sedimentära avlagringar bildade för minst ca 1 900 miljoner år sedan. De större områdena med ursprungligen sedimentära bergarter i norra delen av figur 1 tillhör den södra delen av den botteniska bassängen. Ytbergarterna intruderades av djup- och gångbergarter (intrusivbergarter bildade i jordskorpan) för ca 1 900 till 1 840 miljoner år sedan. Djupbergarterna kallas tidigorogent svekokarelska. Ovannämnda bergarter omvandlades genom att de fördes ner i jordskorpan och där utsattes för höga temperaturer och tryck (metamorfos) under kulminationen av orogenesen. I vissa områden var omvandlingen så stark att bergarterna smälte. Dessa smältor (magmor) gav upphov till en ny generation djup- och gångbergarter som kallas senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska. Under orogenesen deformerades berggrunden varvid bland annat foliationer, stängligheter och stora veckstrukturer bildades. I vissa zoner, så kallade skjuvzoner, var deformationen särskilt stark. En sådan är Hasselaskjuvzonen (HSZ, fig. 1, Sjöström & Bergman 1998), som ligger längs norra kanten av Ljusdalsbatoliten, och Storsjön–Edsbyndeformationszonen (SEDZ, fig. 1, Bergman m.fl. 2006) längs dess västra kant. Efter den svekokarelska orogenesen intruderades den äldre berggrunden av granit (ca 1 500 milj. år), samt av flera generationer diabas i form av gångar och flackt liggande skivor. Dessutom avsattes dels jotniska sedimentära bergarter (1 600–1 200 milj. år), dels kambriska till ordoviciska dito (545–443 milj. år) på den äldre berggrunden. För ca 89 miljoner år sedan skedde ett meteoritnedslag i Dellenområdet öster om Ljusdal, vilket ledde till smältning och krossning av berggrunden.

## SÖDRA GÄSTRIKLAND, BERGKVALITET

Under 2005 har de flesta bergarterna i området provtagits. Totalt har 99 bergartsprover samlats in (fig. 2) och därefter analyserats vid MRMs laboratorium i Luleå. De tekniska analyser som har genomförts där är densitets-, kulkvarns-, Los Angeles- och micro-Devalanalys.

Under fältsäsongen 2005 har det gjorts 310 spektrometermätningar på 111 observationslokaler, och 47 prover har lämnats in för petrofysisk mätning (fig. 3). I projektet har det mätts 15 stycken markprofiler med VLF-instrument och magnetometer.

## KARTOMRÅDET 15G BOLLNÄS

Under fältsäsongen 2005 har de två återstående västra kartområdena 15G SV och NV undersökts, vilket innebär att hela området 15G nu är karterat. Arbetet började ursprungligen 1995 men avbröts och återupptogs 2004. Kartområdet 15G omfattar delar av Ovanåkers, Ljusdals, Bollnäs, Hudiksvalls och Söderhamns

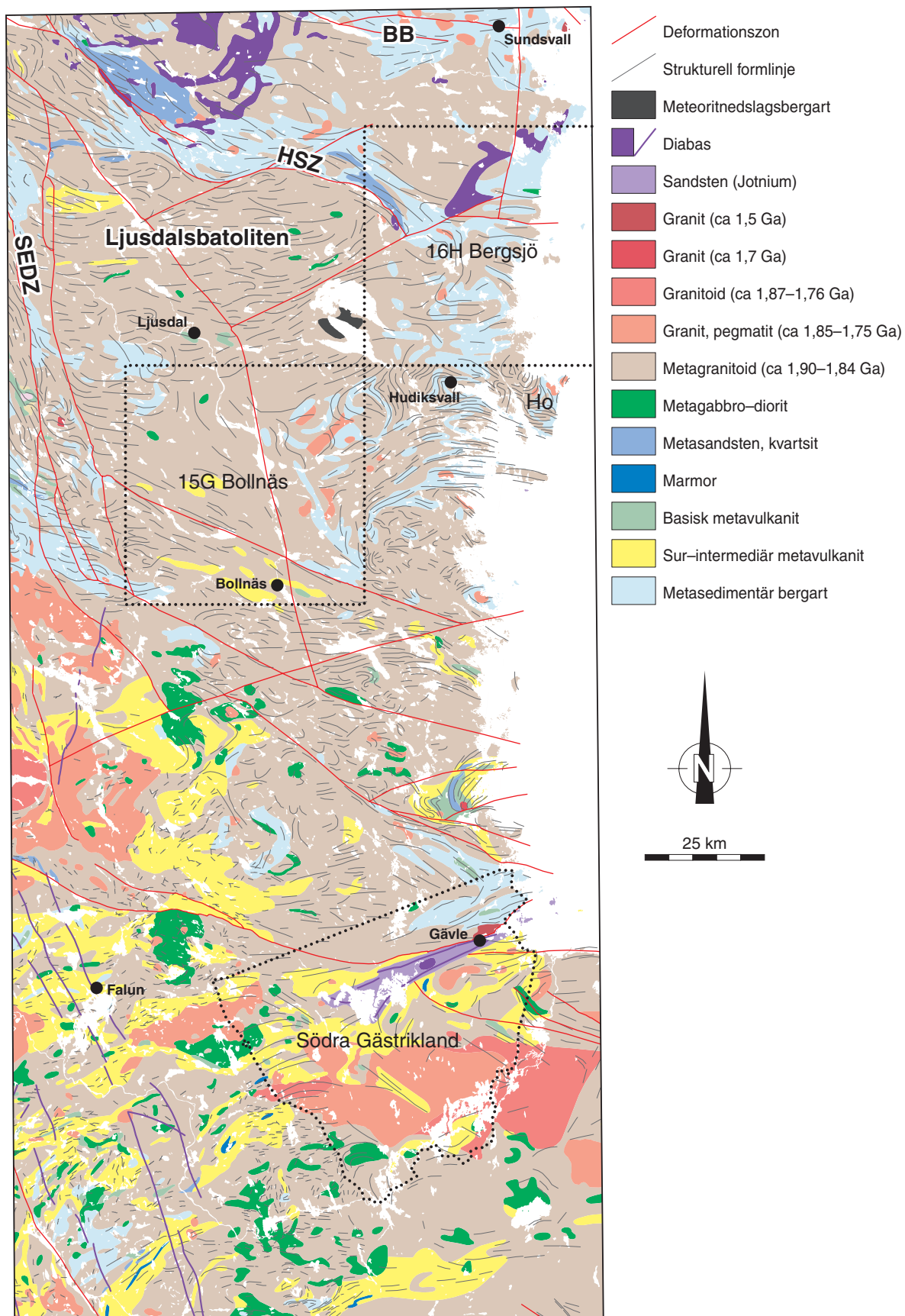


Fig. 1. Berggrundskarta över delar av centrala Sverige (modifierad från Koistinen m.fl. 2001). De kartområden som ingår i projektet är markerade. HSZ = Hasselaskjuvzonen, SEDZ = Storsjön-Edsbyn-deformationszonen, Ho = Hornslandet.

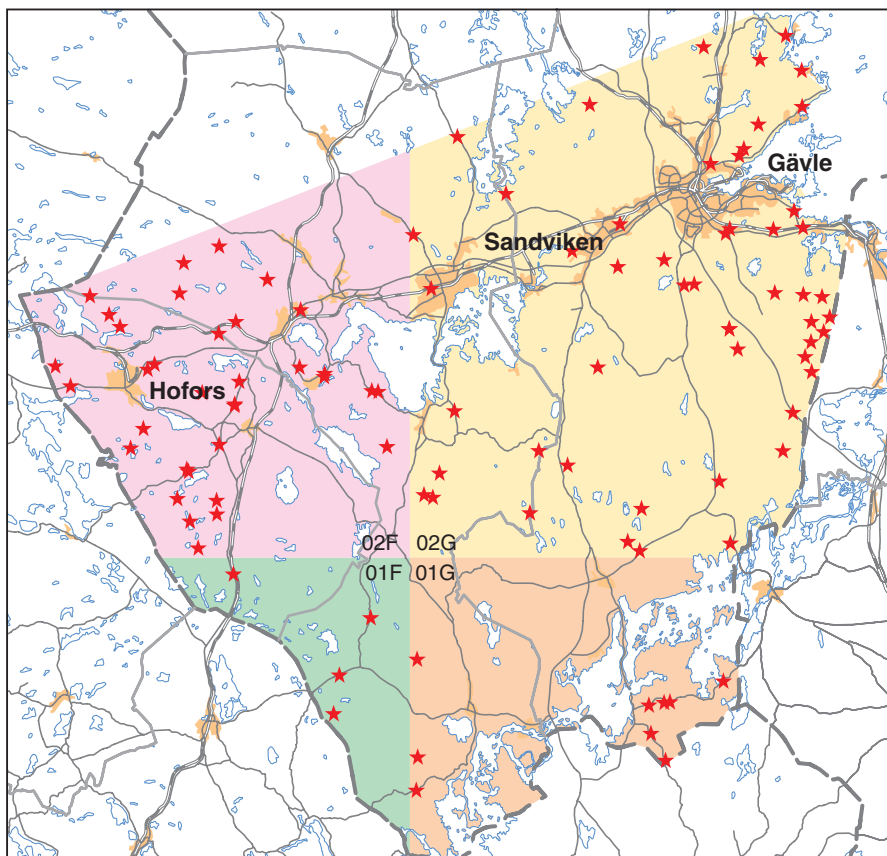


Fig. 2. Översiktskarta över södra Gästrikland med 2005 års provplatser utmärkta med röda stjärnor.

kommuner och har tidigare kartlagts av Lundegårdh (1967) i skala 1:200 000 (översiktlig berggrundskarta över Gävleborgs län). För intilliggande kartområden finns moderna berggrundskartor i skala 1:50 000 över 14G Ockelbo (Sukotjo 2005a,b), 15F Voxna (Delin & Aaro 2000a,b), 16G Ljusdal (Delin 1989) och 15H Hudiksvall (Sukotjo 1995). Årets undersökningsområde omfattar ca 1 200 km<sup>2</sup> och ligger huvudsakligen väster om Ljusnan. Inför karteringen har hållar identifierats dels med hjälp av flygbildstolkning, dels genom observationer under pågående jordartskartering sommaren 2005 (SGU, opublicerat). Förutom dessa hållar har nya skogsbilvägar samt områden med brant topografi där man kan förvänta sig blottningar besökts. Hålltätheten är relativt liten eftersom området till större delen ligger över högsta kustlinjen. Under sommaren har 284 hållar undersökts. Tillsammans med tidigare kartering (1995) innebär detta att nästan samtliga hållar inom kartområdena 15G SV och NV har undersökts. Sammanlagt finns data från 862 berggrundsobservationer för hela kartområdet 15G.

Området domineras fullständigt av Ljusdalsbatolitens grovporfyriska, tidigorogena metagranit till metagranodiorit med inneslutningar av ytbergarter samt amfibolit (metagabbro). I den nordligaste delen av kartområdet finns metatonalit. Bergarterna är delvis migmatitiska men till skillnad från i området öster om Ljusnan och söder om Edsbyn, är metamorfa mineral såsom granat och sillimanit endast sparsamt förekommande. Yngre graniter förekommer i mindre utsträckning spridda över hela kartområdet (fig. 4). Diabas har ej observerats i håll men geofysiska indikationer på diabasförekomster finns (fig. 5). En strålningskarta visas i figur 6. Alla bergarter är deformerade, stängligheter och veckaxlar stupar flackt mot ostsydost, foliationernas orientering varierar på grund av veckningen. En kemisk klassificering av de intrusiva bergarterna i kartområdena 15G Bollnäs och 16H Bergsjö visas i figur 7.

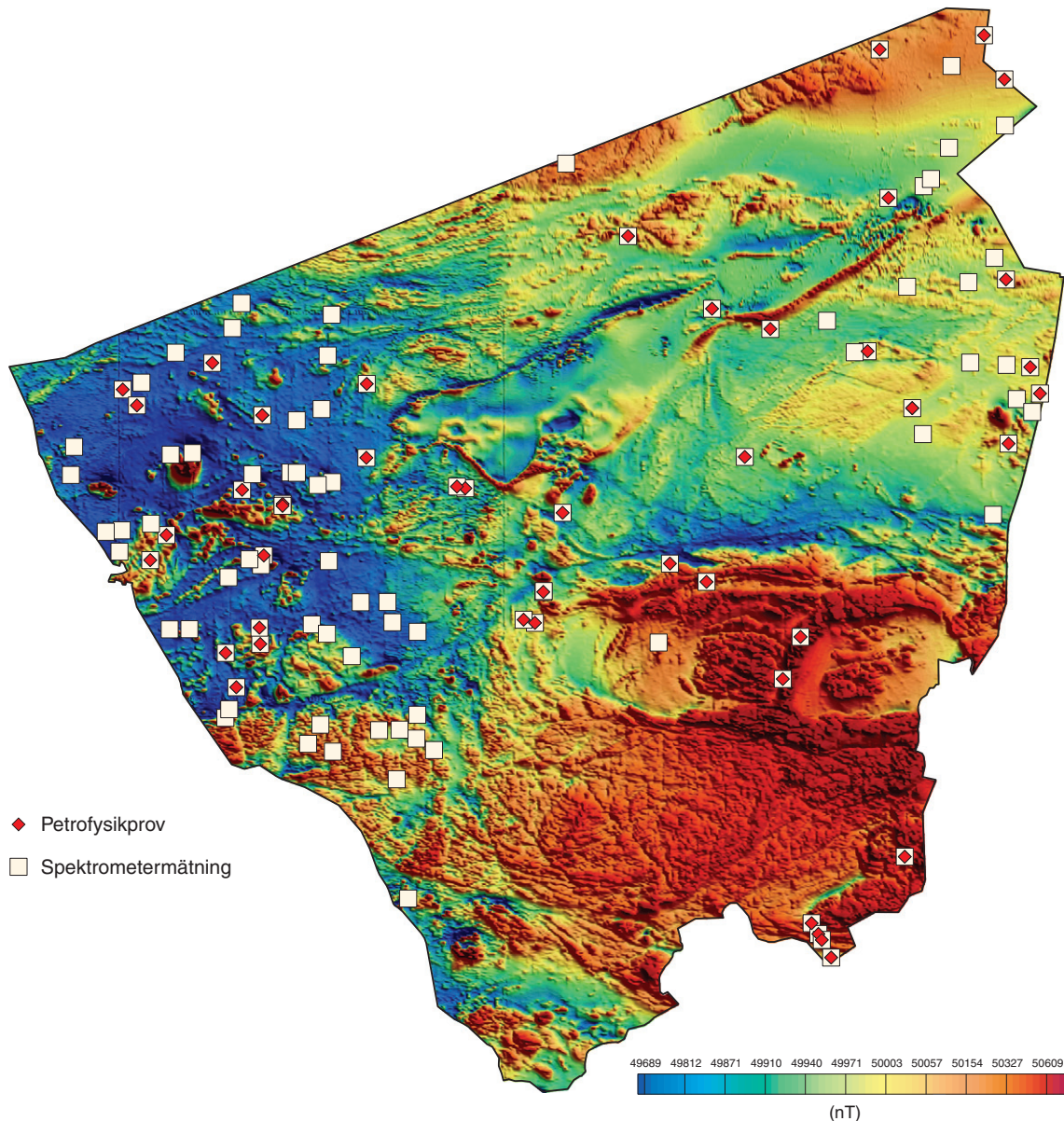


Fig. 3. Magnetisk anomalikarta över södra Gästrikland med lägen för spektromettermätningar och petrofysikprover.

## Tidigorogena bergarter

### *Ytbergarter*

Ytbergarterna representerar de äldsta bergarterna i området och är mestadels omvandlade till ådergnejs. De flesta gnejserna är grå och relativt biotitrika. Sammansättningen tyder på att de ursprungligen har varit leriga sediment. Sydost om Edsbyn förekommer lokalt även mer "sandiga", kvartsitiska led (fig. 8 a). Inga säkra metavulkaniter har observerats. I vissa delar, där granitisk till granodioritisk leukosom dominerar, är det även svårt att skilja ytbergartsgnejs från migmatitiserad metagranit till granodiorit.

### *Metabasit*

Omvandlade basiska bergarter (amfibolit) förekommer som spridda kroppar i metagranit av Ljusdalstyp, huvudsakligen väster om Ljusnan. De är genomvävda av vita granit- och pegmatitgångar men i allmänhet inte

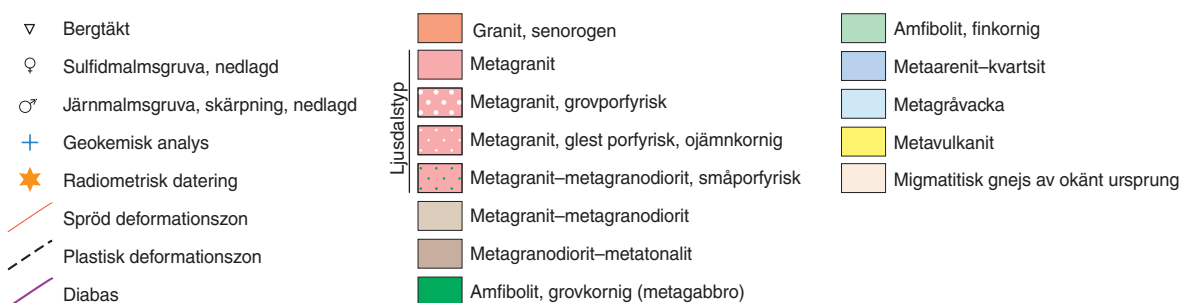
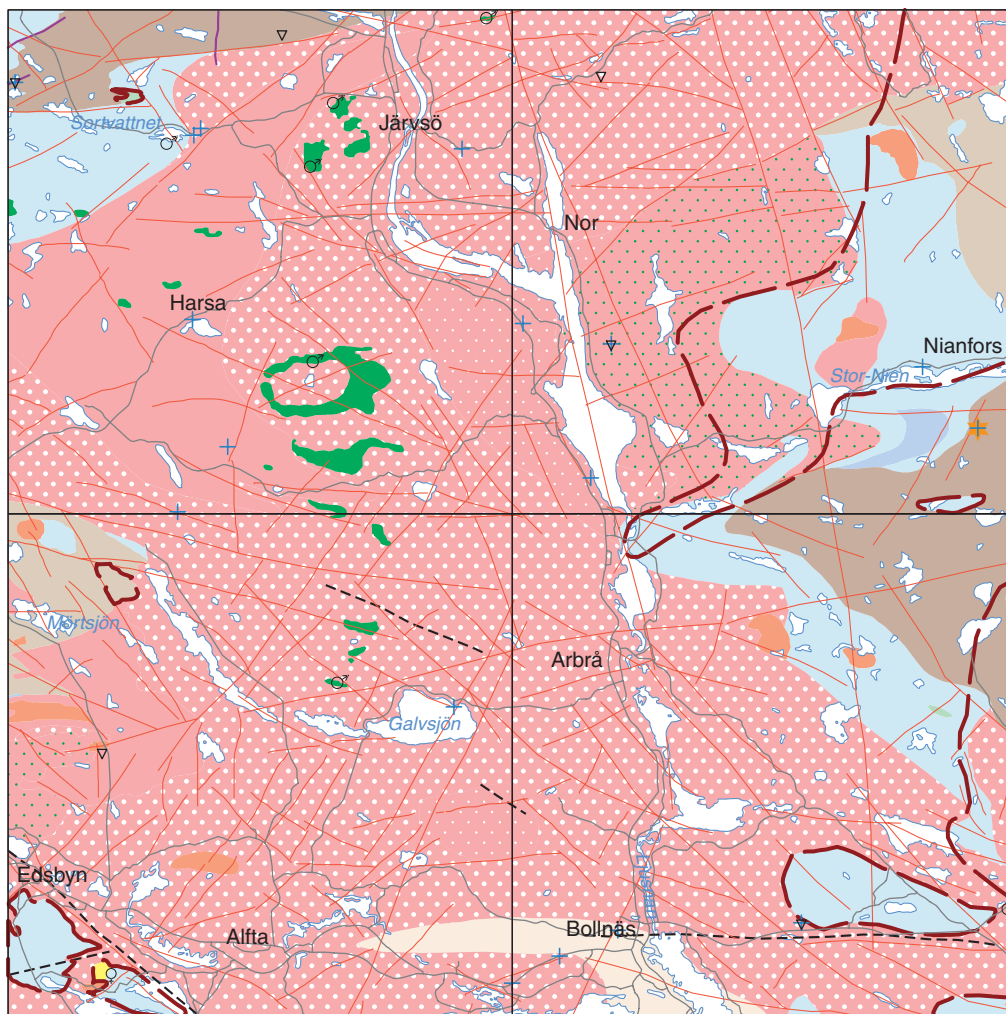


Fig. 4. Preliminär berggrundskarta över kartområdet 15G Bollnäs. Delområdena 15G SV och NV har karterats under år 2005. Streckad mörkröd linje ringar in områden där granat förekommer.

folierade (fig. 8 b). Kropparna består främst av metagabbro och i viss mån norit (Magnusson 1973), men i ett fall även av omvandlade basiska metavulkaniter. Flera av kropparna innehåller titanförande magnetit samt ilmenit. Den höga järnhalten och förekomsten av magnetiska mineral gör metabasiterna tydligt urskiljbara på den magnetiska anomalikartan. Kropparnas utbredning har därför tolkats från denna karta (fig. 6).

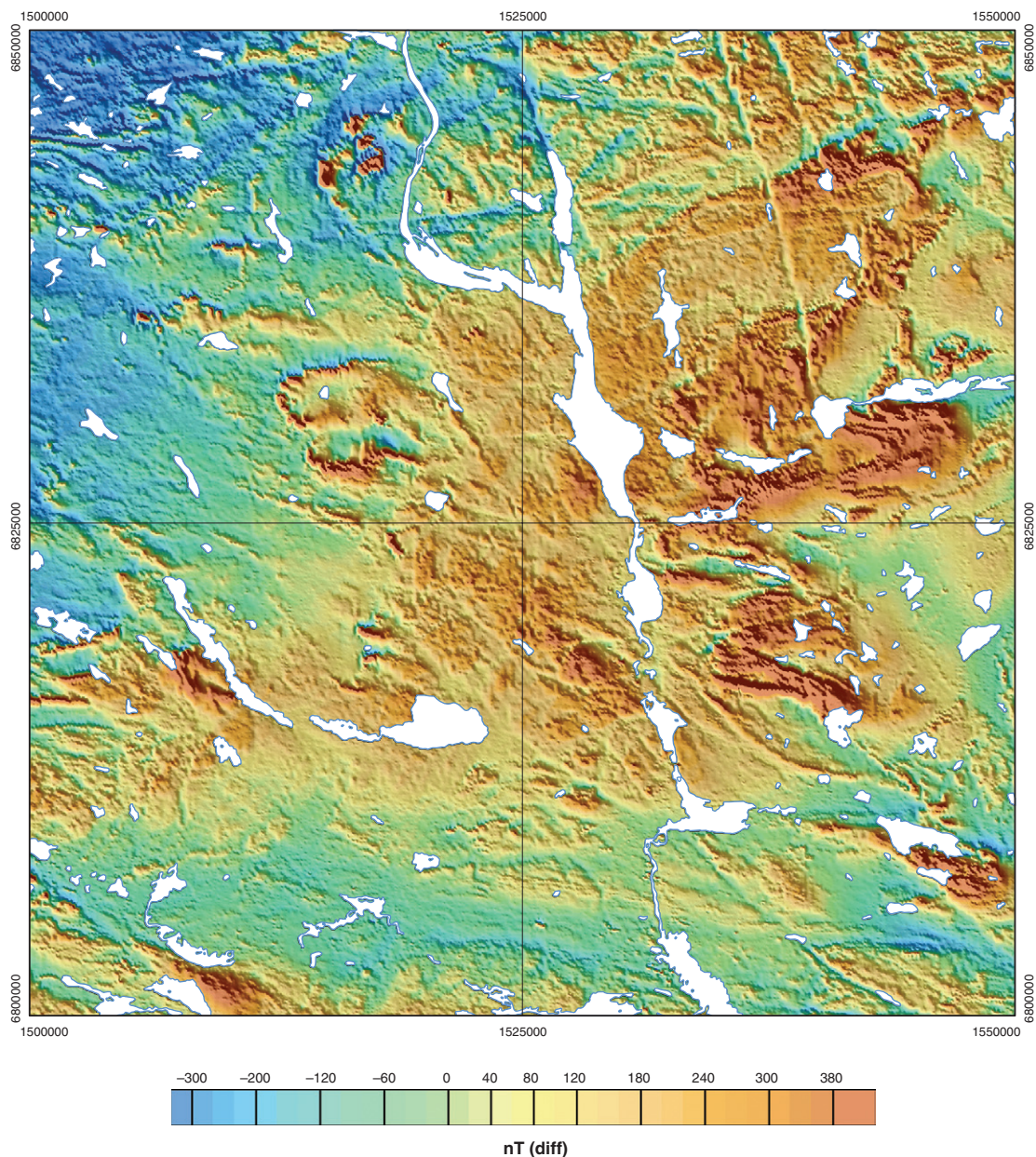


Fig. 5. Magnetisk anomalikarta över kartområdet 15G Bollnäs.

### ***Metagranitoider av Ljusdalstyp***

Äldre metagranitoider dominerar kartområdet 15G och representerar Ljusdalsbatolitens bergarter. I norr är bergarterna huvudsakligen grå men övergår ungefär vid Järvsö i söder i röd porfyrisk metagranit. Metagraniterna är även grå i anslutning till metabasitkropparna. Sammansättningen är heterogen och varierar från granitisk till granodioritisk. Bergarterna är vanligen stängliga eller folierade. De olika granitoidtyperna representerar förmodligen flera intrusionspulser. Matrix är mestadels finkornigt men sammansättningen varierar från granitisk till att bestå av nästan bara biotit. Strökornen (kalifältspat) är 0,5–10 cm stora, rundade till linsformiga, på vissa ställen förekommer även sexkantiga strökorn med en zonerings som syns med blotta ögat. Även plagioklasmantlade mikroklinströkorn förekommer (fig. 8 c,d). Övergången mellan porfyrisk och icke-porfyrisk varianter är diffus. Norr om Edsbyn är övergångszonen ca en kilometer bred. Porfyrisk

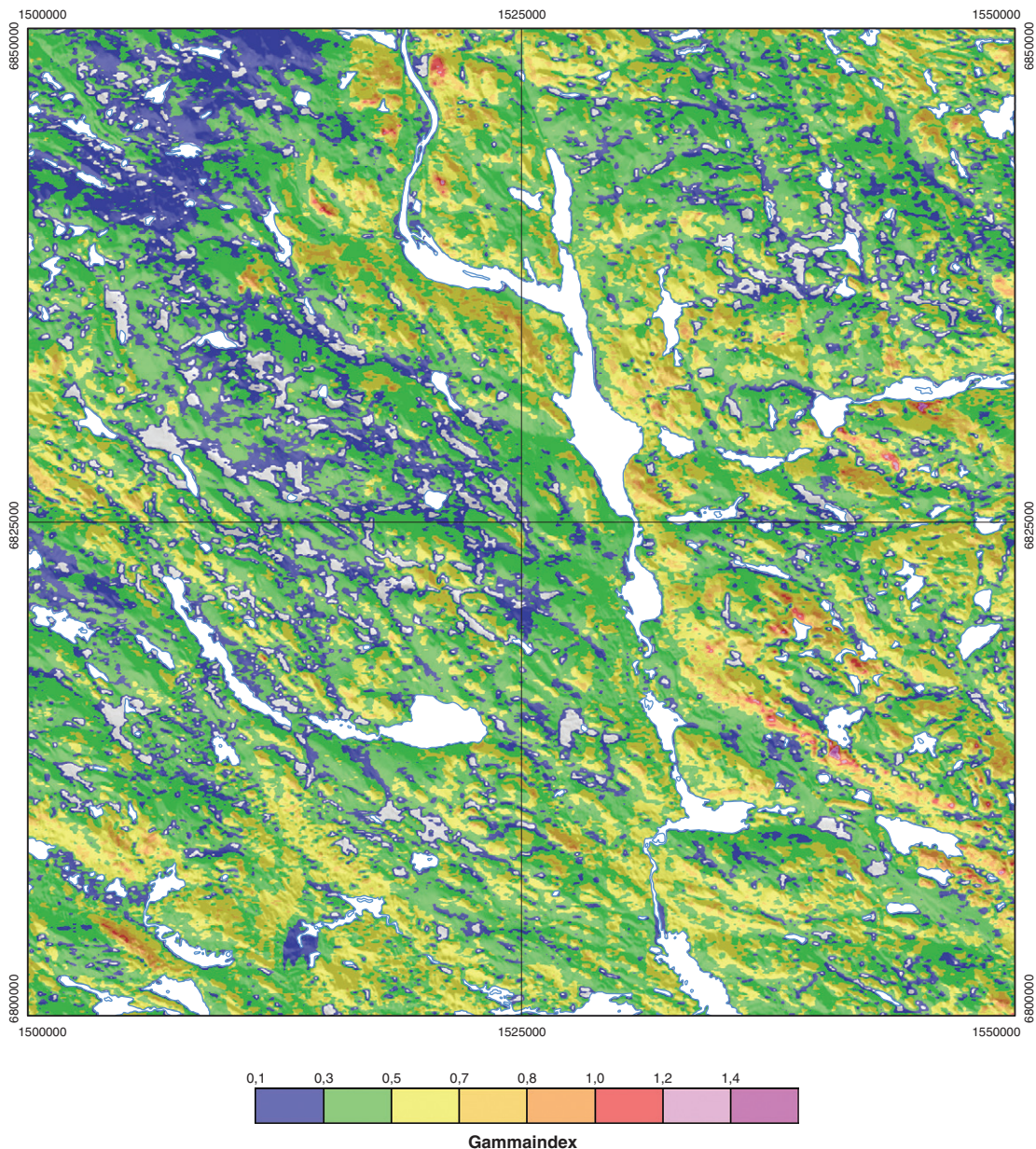


Fig. 6. Strålningskarta över kartområdet 15G Bollnäs. Strålningens intensitetsvariationer presenteras i form av gammaindex ( $\mu$ )

metagranit av Ljusdalstyp har successivt omkristalliserat till en jämnkornig, medelkornig metagranit, där de forna strökornen ställvis kan urskiljas som fläckar eller strimmor av kalifältspataggregat (fig. 8 e, f). Inom kartområdet 15G NV övergår den grovporfyrisk metagraniten i en icke-porfyrisk variant på kort avstånd och därefter gradvis i en finkornig röd metagranit mot väster.

Ca 10 km söder om Järvsö, längs väg 83 är bergarten glest porfyrisk. Granitoiden där är mörkt grå med en brun anstrykning. Vidare österut nära Ljusnans strand finns några hållar med typisk porfyrisk metagranit av Ljusdalstyp, innan man kommer in i en grå, metagranodioritisk bergart med små gråblå fältspatkristaller som har vuxit över foliationen (fig. 8g). Denna variant förekommer huvudsakligen öster om Ljusnan, i kartområdet 15G NO (Bergman m.fl. 2005), men två små förekomster har påträffats även väster om Ljusnan.

Söder om Galvsjön finns ett mindre område med röd, ojämnkornig metagranit. Denna är markerad med

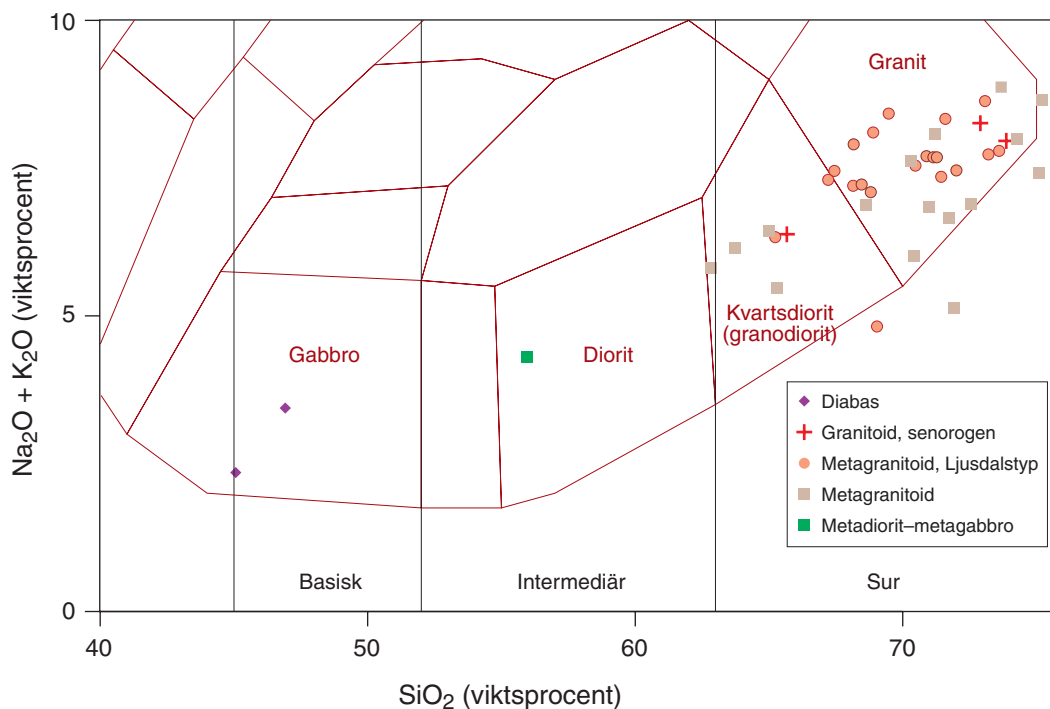


Fig. 7. Kemisk klassificering (efter Cox m.fl. 1979 och Wilson 1989) av de intrusiva bergarterna i kartområdena 15G Bollnäs och 16H Bergsjö.

samma mönster och färg på berggrundskartan (fig. 4) som den ovanstående glesporfyrisk varianten, men innehåller strökor som är knappt större än grundmassan samt även något enstaka större korn.

### Metatonalit

Nordväst om Järvsö, längs kartområdets norra kant finns en grå medelkornig metatonalit. Bergarten är mörkt grå, folierad och innehåller hornblände, men även biotit förekommer. Det är oklart om bergarten tillhör Ljusdalssviten. Den skiljer sig från metatonaliten söder om Nianfors genom att ha mycket låga halter av kalium, torium och uran (1 %, 2–4 ppm, respektive 0,1 ppm). Kontakten mot Ljusdalsmetagraniten söderut är inte blottad, men deformationsgraden är stark nära kontakten och den tolkas därför som tektoniskt överpräglad.

Söder om sjön Stor-Nien, längs kartområdesgränsen mellan 15G SO och NO, provtogs förra året en grå, deformerad och i allmänhet migmatitisk metagranodiorit till metatonalit (Bergman m.fl. 2005). Bergarten omges av åderförgnejsade ytbergarter, vilket medför att relationen till Ljusdalsbatolitens bergarter är oklar. Bergarten antogs dock tillhöra de tidigorogena intrusivbergarterna. U-Pb-datering av zirkon (TIMS) från provet gav en intrusionsålder på  $1\,866 \pm 10$  miljoner år.

### Metagranodiorit

Mot väster övergår metatonaliten i grå, medelkornig metagranodiorit med talrika inneslutningar av sedimentådernejs, i många fall urskiljbara som positiva anomalier på den magnetiska anomalikartan (fig. 5). Den förhöjda magnetiseringen orsakas huvudsakligen av magnetkis. Metagranodioriten bedöms vara bildad genom smältning av sedimentgnejs. Liknande metagranodiorit finns norr om Mörtsjön samt även i kartområdet 15G NO norr om Nianfors (Bergman m.fl. 2005).

## Sen- och postorogena intrusivbergarter

### **Granit, senorogen**

Röd, finkornig yngre granit uppträder som spridda små intrusioner, gångar och ådror. Bergarten är vanligtvis deformerad och foliationen och lineationen är parallell med omgivande strukturer.

### **Diabas**

Diabasgångarnas utbredning är tolkade helt från geofysiska anomalier. Diabas har inte påträffats i fast klyft, men har observerats i sprängsten i en bergtäkt nära kartområdets nordvästra hörn samt även i nedfallna block från en hållbrant. I dessa block är diabasen svart, finkornig och klipper alla plastiska strukturer.

## Strukturer

Liksom i området öster om Ljusnan är alla bergarter mer eller mindre stängliga eller folierade. Detta gäller i viss mån även yngre graniter. Hela kartområdets berggrund är påverkad av en storskalig veckning, med veckaxlar och stängligheter som stupar flackt mot ostsydost. Preexisterande strukturer är transponerade in i denna veckning (F2, Sukotjo 1995). Söder om Järvsö finns omböjningszonen till en större synform vilket medför att foliationen, som i söder stryker i ost-väst, vrider till nordnordvästlig riktning söder om Järvsö. Foliationen planar ut mot väster till ett subhorisontellt undulerande. Detta resulterar i ett utslätat mönster på den magnetiska anomalikartan (fig. 5) samt i topografiska snitteffekter. Ett exempel finns 11 km söder om Järvsö där en flackt skålformad, järnrik metagabbro ger en ringformad magnetisk anomali.

Spröda förkastningszoner är mestadels jordtäckta och har därför tolkats från geofysiska magnetanomalikartor och topografiska data. De tydligaste zonerna finns längs Ljusnans dalgång samt nära Edsbyn, där en större förkastning skär kartområdets hörn (blottad i stenbrottet vid Klön mellan Ovanåker och Alfta). Förkastningen tolkas som en gren av Storsjön-Edsbynzonen (Bergman m.fl.2006). Plastiska, mindre zoner där berggrunden är starkt folierad till mylonitisk stryker mot nordväst och är blottade nordost respektive sydost om Galvsjön (fig. 4).

## Metamorfos

I större delen av årets undersökningsområde är bergarterna delvis uppsmälta. Även metagraniterna visar tecken på smältning men till skillnad från sedimentådergnejserna, som är tydligt bandade och segregerade i leukosom och melanosom, är metagraniterna i allmänhet helt massformiga. Under metamorfosen började smältan först uppträda i tryckskuggor, som körtlar eller längs lokala skjuvzoner (fig. 8e). Foliation och stänglighet utplånades därvid och bergarten blev medelkornig och helt massformig. I de porfyriska varianterna syns detta mest i matrix. I en från början folierad, finkornig, porfyrisk metagranit omkristalliserade och smälte således matrix och bildade medelkornig massformig metagranit. Strökornen påverkades inte och slutresultatet blev en till synes odeformerad porfyrisk granit. På vissa ställen formade de nybildade smältorna gångar som sköt iväg några meter (fig. 8h). På grund av smältningen är det i vissa fall mycket svårt att avgöra om ursprungsbergarten varit en ryolit eller en granit, eftersom sammansättningen är identisk i båda fallen. Ett bälte med sådan svårtolkad migmatitisk gnejs sträcker sig från trakten omedelbart söder om Bollnäs ca 10 km västerut i riktning mot Alfta. Granat förekommer sällsynt inom årets undersökningsområde. Detta gäller även i de glimmerrika metasedimentära bergarterna där granat normalt lätt bildas. Undantaget är kartområdets sydvästra hörn, söder om den stora förkastningen vid Edsbyn. Bergarterna där är granatförande samt märkbart mer migmatitiserade och mer svårtolkade än längre norrut.

Omvandlingar, främst oxidation och rödfärgning, associerade med sprickor förekommer nära sprickzoner och övriga lineament över hela kartområdet. Särkilt sprickig och oxiderad berggrund finns längs södra kanten av kartområdet 15G SV. Sprickorna där är läkta med epidot eller kvarts. Några säkert hydrotermalt omvandlade bergarter har inte påträffats. Nära kontakten till basiska kroppar har graniter som normalt är röda blivit gråfärgade.

## Naturresurser

Ett antal mindre gruvor och skärpningar finns inom kartområdet 15G NV och SV. De är med ett undantag lokaliserade till metagabbrokroppar (fig. 4, 8d). Metagabbbron innehåller titanomagnetit samt ilmenit och i någon mån magnetkis. Även vanadin förekommer, vilket ökade intresset för malmen (Lundegårdh 1967, Magnusson 1973). Vid Gruvberget norr om Grängsbo och sydost om Edsbyn finns flera gruvhål. Till skillnad från de ovannämnda gruvorna längre norrut består malmen i de senare av en sulfidmineralisering i kvartsitisk sedimentgnejs. Mineraliseringen innehåller magnetkis, kopparkis och i viss mån även guld (Lundegårdh 1967, Magnusson 1973). Vid sjön Sortvattnet finns några gruvhål utan något fynd av malm.

Krossberg bryts i åtminstone fem stenbrott inom kartområdet 15G. De flesta är lokaliserade till Ljusdalsbatoliten. Täkterna är ofta kortlivade och öppnas och drivs bara några år, vilket gör det svårt att hålla informationen aktuell. Sedan förra året har ett av stenbrotten stängts och återställts och ett annat öppnats.





Fig. 8. Fotografier av bergarter från kartområdena 15GSV och NV. Koordinater i rikets nät. **A.** Mineraliserad metaarenit i nedlagd sulfidgruva. Grängsbo nära Edsbyn (6802420/1504878). **B.** Metagabbro (amfibolit) med klippande vit pegmatitgång väster om Järvsö. I hållen finns även ett mindre gruvhål (6842018/1514991). **C.** Metagranit av Ljusdalstyp med plagioklasmantrade kalifältpatskristaller i ett mycket biotitrikt matrix (6805792/1526421). **D.** Metagranit av Ljusdalstyp, omedelbart väster om Järvsö, nära kontakt till metagabbro. Bergarten är deformerad och heterogen. Strökornen är olika stora, delvis omkristalliserade samt ställvis mantlade av plagioklas (6844003/1517498). **E.** Metagranit av Ljusdalstyp ("klassisk") med mindre skjuvzon längs vilken bergarten har börjat smälta (6832403/1545333). **F.** Metagranit av Ljusdalstyp söder om St. Mörtberget. Den porfyriska texturen är nästan utplånad genom att de ursprungliga strökornen har omkristalliserat till aggregat av mindre korn (6817978/1501211). **G.** Metagranodiorit som ingår i Ljusdalssviten. Till skillnad från "klassisk" Ljusdalsganit är strökornen små, tabulära och har Karlsbadertvillingar som skär över foliationen (6842126/1517488). **H.** Begynnande smältning i deformerad metagranit av Ljusdalstyp. Leukosomen är en skenbart odeformerad, medelkornig granit med ärvda strökorn bestående av enskilda kalifältpatskristaller (6811607/1520171).

## KARTOMRÅDET 16H BERGSJÖ

Området ligger i gränsoområdet mellan Gävleborgs och Västernorrlands län och omfattar delar av Hudiksvalls, Nordanstigs och Sundsvalls kommuner. Tidigare kartläggning av området innefattar länskarteringar i skala 1:200 000 av Gävleborgs län (Lundegårdh 1967) och Västernorrlands län (Lundqvist m.fl. 1990). I intilliggande kartområden har kartering utförts i skala 1:50 000 i områdena 16G Ljusdal (Delin 1989) och 15H Hudiksvall (Sukotjo 1995). I en rapport från en inventering av krossberg i regionen finns 30 bergförekomster från kartområdet beskrivna (Snäll 1994). Punkträkning av mineral och tekniska analyser har utförts på sju prover. Från mineralprospektering som bedrivits i området av SGU, SGAB och LKAB (Prospektering) under 1970- och 1980-talen föreligger fem rapporter.

Under fältsäsongen 2005 besöktes 164 lokaler på en yta av ca 450 km<sup>2</sup>, söder om den streckade linjen i figur 9 och på öarna öster om Jättendal. Som hållunderlag användes den hållbild som framkommit under jordartskartering i området (Wiberg 2005 a, b, c, d). Landdelen av området 16H Bergsjö är helt täckt av geofysiska data från flygmätningar som utfördes av SGU år 1990 och 2004 (fig. 10). Tyngdkraftsmätningar har utförts på ca 700 punkter. En strålningskarta visas i figur 11. Spektrometermätningar genomfördes på 120 lokaler under år 2005.

## Tidigorogena bergarter

### Ytbergarter

Metagråvacka finns i ett par smala stråk i Ilsbotrakten (fig. 12a). I en del fall kan man urskilja ursprungligen sandrikare respektive lerrikare lager, men vanligen är bergarten starkt ådrad och primära drag saknas. Jonsonsundersökningar av ett prov från Hudiksvall, strax söder om kartområdet 16H Bergsjö, har visat att det finns två åldersgrupper av detritiska zirkoner (ursprungligen sandkorn i sedimentet). En är arkeisk i åldersintervallet 3 310–2 490 miljoner år och en annan tidigproterozoisk i åldersintervallet 2 120–1 900 miljoner år, varav huvuddelen är yngre än 2 050 miljoner år (Andersson m.fl. 2004). Bland metamorfa indikatormi-

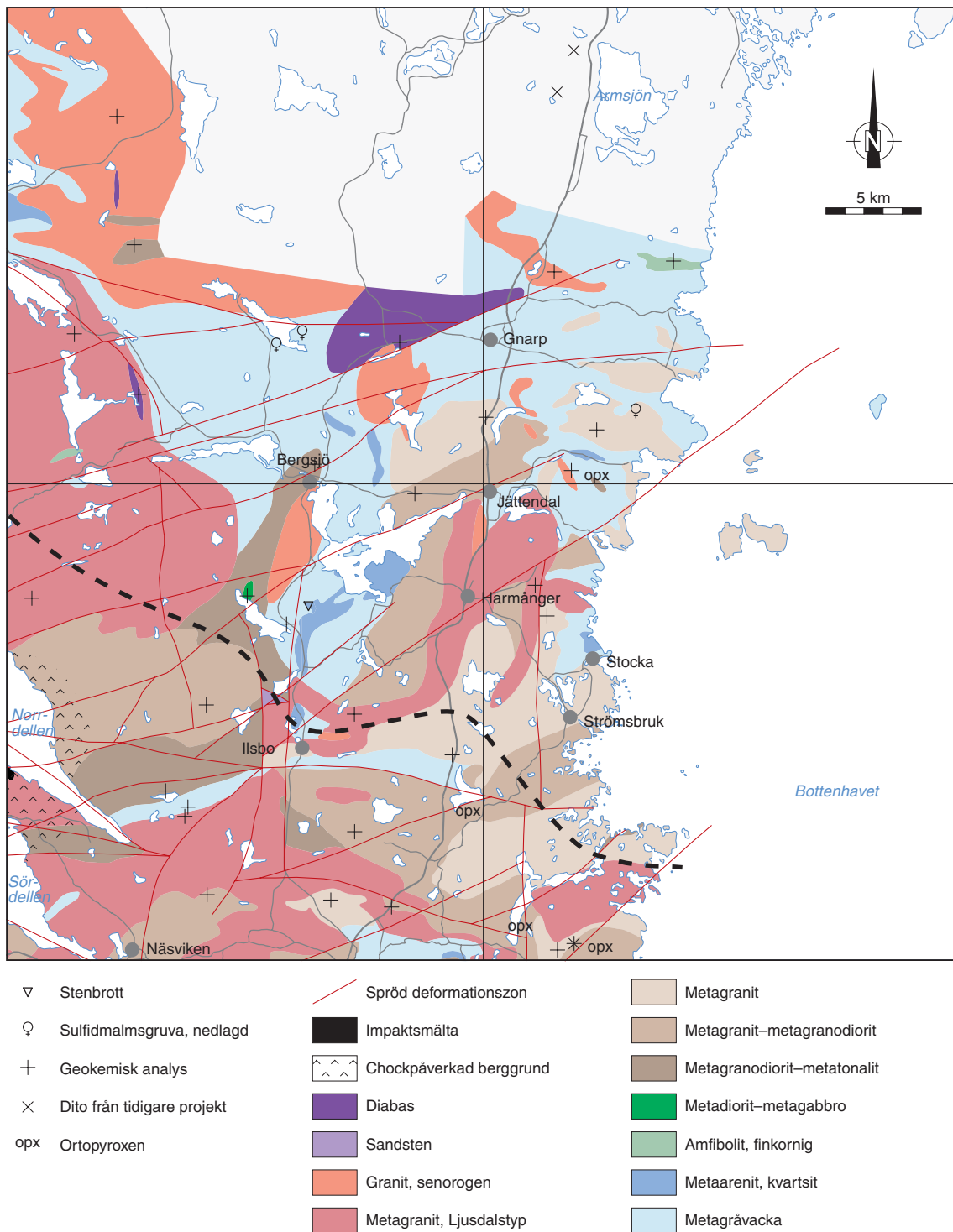


Fig. 9. Karta över 16H Bergsjö med en preliminär skiss över berggrunden i de hittills karterade delarna. Under år 2005 undersöktes området söder om den streckade linjen, samt öarna öster om Jättendal.

neral är granat allmänt förekommande (både i leukosom och mesosom), dessutom förekommer sillimanit och cordierit. Kvartsrika och glimmerfattiga metasedimentära bergarter (metaarenit, kvartsit, ursprungligen sandstenar) finns i ett mindre område längst i söder (fig. 9).

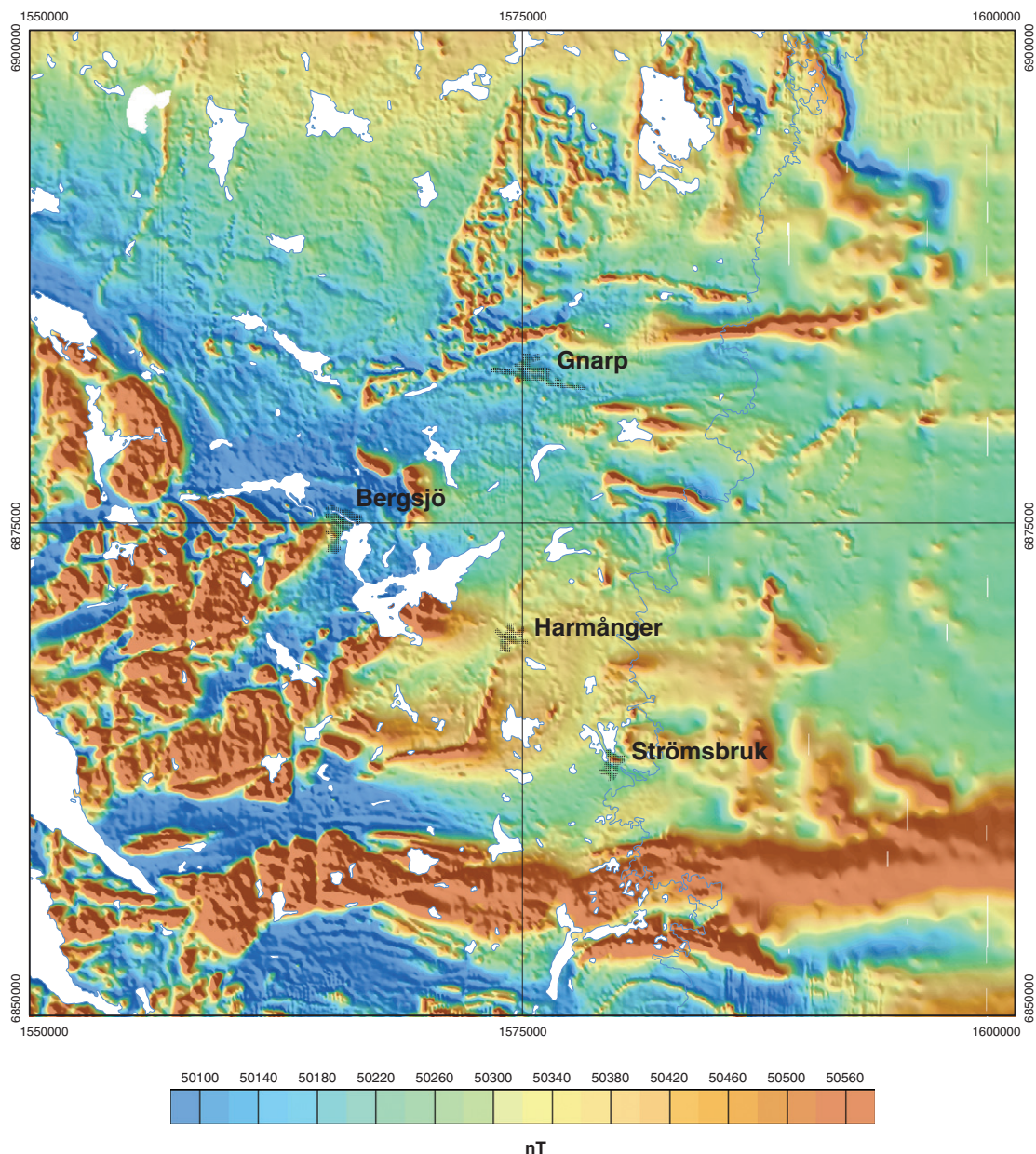


Fig. 10. Magnetisk anomalikarta över kartområdet 16H Bergsjö.

### ***Intrusivbergarter***

Befintliga dateringar av tidigorogena intrusivbergarter i regionen har ett brett spektrum av åldrar. Från intrusioner i botteniska bassängen, norr om kartområdet i figur 1, har åldrar på ca 1 930 miljoner år (Seltjärn, Husum) rapporterats (Lundqvist m.fl. 1998). Husumdateringen anges vara tvetydig och åldern kan även vara ca 1 885 miljoner år. Från Sollefteåtrakten finns en ålderbestämning som gett  $1\,877 \pm 6$  miljoner år (Claesson & Lundqvist 1995). Från Ljusdalsgranitens utbredningsområde finns nio dateringar i intervallet 1 867–1 843 miljoner år (Delin 1993, 1996, Welin m.fl. 1993, Delin & Aaro 1994, Delin & Persson 1999). Från en charnockit (granit som omvandlats under mycket hög temperatur) i södra delen av kartområdet 16H Bergsjö har Andersson m.fl. (2004) rapporterat magmatiskt zonerade kristaller med åldern  $1\,870 \pm 6$  miljoner år som antas representera den ursprungliga granitens kristallisationsålder. Magmatiskt tillväxtzonerade kristaller och kärnor med åldrar i intervallet 1 970–1 910 miljoner år bedöms härröra från den bergart som smälte och bildade granitmagman.

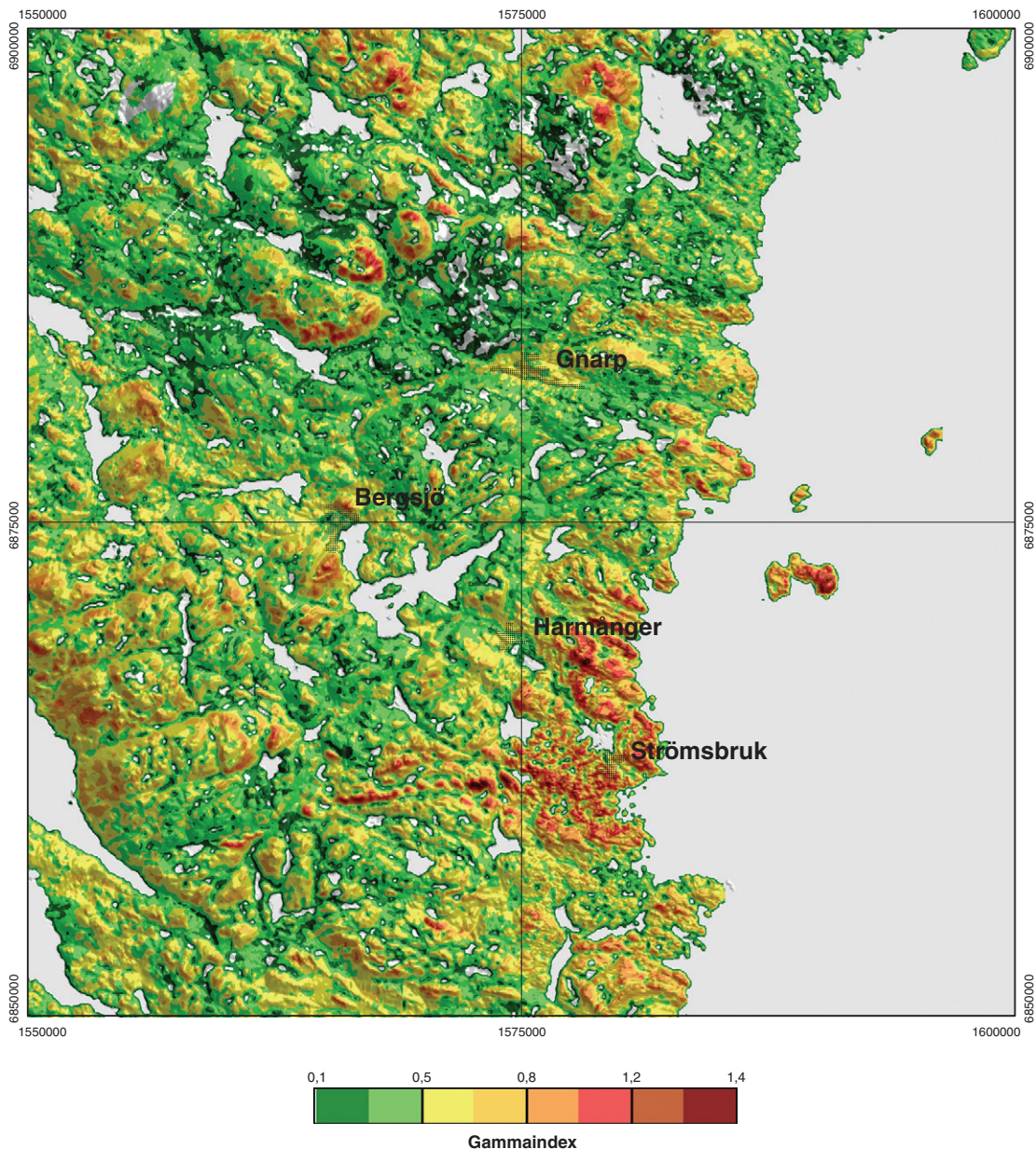


Fig. 11. Strålningskarta över kartområdet 16H Bergsjö. Strålningens intensitetsvariationer presenteras i form av gammaindex ( $\mu$ )

Bland de tidigorogena intrusivbergarterna i kartområdet finns dels grovporfyrisk metagranit till -granodiorit (s.k. Ljusdalsgranit), dels en (eventuellt äldre) svit med få eller inga strökorn. Den strökornsfattiga sviten varierar i sammansättning från gabbro via tonalit till granit. Det är inte känt om de båda intrusiva sviterna är tidsmässigt separata eller likåldriga. Ett försök till datering av en metagranit som finns väster om Jättendal gav inget entydigt resultat. De tidigorogena intrusivbergarterna är generellt omkristalliserade och starkt deformerade, och granat har observerats vid huvuddelen av de besökta lokalerna. Granitiska gångar och ådror är i allmänhet också deformerade.

Grå metagranodiorit till -tonalit (fig. 12b) finns i huvudsak mellan Ilsbo och Norr-Dellen. Grå till rödgrå metagranodiorit till -granit upptar större spridda ytor i årets undersökningsområde. Stora kristaller av kalifältspat förekommer sporadiskt. På några platser i kartområdets södra del är bergarten charnockitomvandlad och har en karakteristisk gråbrun till grönbrun färg och ljus vittringsyta (fig. 12c). Metagranit finns främst i östra delen av området, och den är i allmänhet gråröd, fin- till medelkornig och på en del ställen porfyrisk



Fig. 12. Fotografier av bergarter i kartområdet 16H Bergsjö. Koordinater i rikets nät. **A.** Metagrawacka med ådror av ljusgrå granitoid (6858065/1559465). **B.** Ojämnkornig metagranodiorit (6859475/1560045). **C.** Brun, charnockitomvandlad granit med karakteristisk ljus vittringsyta (6850880/1579760). **D.** Metagranit med helt omkristalliserade och utdragna ströckorn av kalifältspat. Denna röda, högmagnetiska metagranit omger ett område med charnockitomvandlad metagranit, se bild C (6850560/1578825). **E.** Finkornig granitisk gnejs med granat och pinitiserad cordierit (6853180/1566995). **F.** Grovporfyrisk metagranit (Ljusdalstyp). Kalifältspatströckornen är omkristalliserade endast i begränsad omfattning (6868690/1553745).

(fig. 12d). Lokalt förekommer cordierit och sillimanit, förutom allmänt förekommande granat. En ljusgrå, finkornig granitisk gnejs (fig. 12e) som uppträder sydost om Ilsbo har ett oklart ursprung. Den har porfyroblaster av granat och pinitiserad cordierit, lokalt även större fältspatkorn.

Rikligt megakristförande metagranodiorit till -granit hänförs till Ljusdalssvitens bergarter (fig. 12f). Bergartstypen upptar en betydande del av årets undersökningsområde. Kontaktrelationerna mot övriga tidigare intrusivbergarter är ännu oklara. De hittills noterade fältförhållandena, tillsammans med de kemiska

egenskaperna (fig. 7) och tillgängliga isotopdata, talar för att bergarterna är likåldriga. Megakristerna består av kalifältspat och är i allmänhet 20–30 mm stora, men betydligt större kristaller förekommer.

### Sen- och postorogena intrusivbergarter

*Senorogen granit* har inte påträffats i årets undersökningsområde annat än som leukosom och mindre intrusioner i den äldre berggrunden.

*Diabas* har inte påträffats i årets undersökningsområde, men förekommer i kartområdets norra del.

### Sandsten

En ovanligt rik ansamling av sandstensblock har påträffats i närheten av Hogland, nordnordväst om Ilsbo. Denna förekomst av jotnisk sandsten nämns i Lundegårdh (1967). Sandstensblocken är sannolikt korttransporterade och ett mindre, förkastningsbegränsat område med sandstensberggrund har markerats i figur 9.

### Meteoritnedslaget i Dellenområdet

Som nämndes i inledningen skedde ett meteoritnedslag i Dellenområdet för ca 89 miljoner år sedan (Svensson 1968, Deutsch m.fl. 1992). Idag ser man spår av detta i form av en rund topografisk sänka som delvis täcks av Dellensjöarna. En mindre del av denna sänka ligger inom kartområdet 16 H Bergsjö. Blottningar av smält berggrund saknas i kartområdet, men finns i sänkans centrala del. Omvandlad och sprickig berggrund finns i sänkans perifera delar, och den kvartsådring och rödpigmentering som visas i figur 13a kan möjligen ha bildats vid meteoritnedslaget.

### Metamorfos

Metamorfosgraden är generellt hög i områdets äldre berggrund. Detta tar sig uttryck i en mer eller mindre stark leukosombildning samt förekomst av metamorf granat, sillimanit och cordierit. Åtminstone lokalt har metamorfosgraden uppnått granulitfacies, vilket förekomsten av metamorf ortopyroxen är ett tecken på. Metamorfa tryck-temperaturbestämningar från Hudiksvall–Hornsländetområdet (fig. 1) gav 720–960° C och 4,5–8,3 kbar (Sjöström & Bergman 1998). En lokal med charnockit i områdets sydligaste del har rapporterats av Sjöström & Bergman (1998), och under årets fältarbete påträffades ytterligare ett antal sådana lokaler. Dessa är markerade med ”opx” i figur 9. Metamorfa zirkoner (påväxter och enskilda kristaller) från en charnockit har analyserats med jonsond och gett åldrar i intervallet 1 845–1 830 miljoner år (Andersson m.fl. 2004). Något lägre åldrar (1 830–1 815 milj. år) erhöles för en metasedimentär bergart från Hudiksvall, strax söder om kartområdet 16H Bergsjö.

### Strukturer

Den äldre berggrunden är generellt starkt deformerad (fig. 13b–d). Foliationens strykning varierar avsevärt, men stupar i allmänhet flackt till medelbrant. Foliationen är storskaligt veckad längs flackt ostligt stupande veckaxlar. Ett sådant stort S-veck finns i områdets sydöstra del. Foliationen stupar flackare i de korta, nord-sydligt strykande veckbenen än i de långa, ost-västliga. Särkilt starkt utbildad är foliationen i flackt stupande så kallade gnejszoner (fig. 13c, Sjöström & Bergman 1998). En starkt utbildad stänglighet som stupar flackt mot öster är en vanlig företeelse (fig. 13d). Stängligheten har samma riktning oberoende av i vilket veckben man befinner sig. Det finns en stark strukturell kontrast mellan områden med gnejszoner och områden med stänglig berggrund (L-tektioner).

En preliminär tolkning av lineament (huvudsakligen magnetiska) visas i figur 9. Många av dem tolkas som spröda deformationszoner. Det finns dock hittills endast enstaka observationer av sprickigt och hydrotermalt omvandlat berg i anslutning till sådana zoner (fig. 13e).



Fig. 13. Fotografier av bergarter och strukturer i kartområdet 16H Bergsjö. Koordinater i rikets nät. **A.** Rödpigmenterad, porfyrisk metagranit (Ljusdalstyp) med kvartsådror. Den spröda deformationen och omvandlingen kan ha orsakats av meteoritnedslaget som bildade den närliggande Dellenstrukturen (6861005/1554800). **B.** Starkt plastiskt deformerad, porfyrisk metagranit med tunna överskärande granitådror (6864095/1554580). **C.** Metagranit till granodiorit med tunna utdragna ådror parallella med den starka, flackt stupande foliationen (6855365/1572450). **D.** Starkt stänglig porfyrisk metagranit (6860805/1573380). **E.** Granitisk gnejs med en ca 20 meter bred zon där bergarten är starkt sprickig och rödfärgad (6852840/1570100).

## REFERENSER

- Andersson, U.B., Högdahl, K., Sjöström, H. & Bergman, S., 2004: Magmatic, detrital, and metamorphic ages in metamorphic rocks from south-central Sweden. *GFF* 126, 16–17.
- Bergman, S., Sjöström, H. & Högdahl, K., 2006: Transpressive shear related to arc magmatism: The Paleoproterozoic Storsjön-Edsbyn Deformation Zone, central Sweden. *Tectonics* 25, TC1004, doi:10.1029/2005TC001815, 16 s.
- Bergman, S., Albrecht, L., Ahl, & Kübler, L., 2005: Gävleborgs län. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 120, 103–124.
- Claesson, S. & Lundqvist, T., 1995: Origins and ages of Proterozoic granitoids in the Bothnian Basin,

- central Sweden; isotopic and geochemical constraints. *Lithos* 36, 115–140.
- Cox, K.G., Bell, J.D. & Pankhurst, R.J., 1979: *The Interpretation of Igneous Rocks*, 450 s.
- Delin, H., 1989: Berggrundskartorna 16 G Ljusdal, 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 33–36*.
- Delin, H., 1993: The radiometric age of the Ljusdal granodiorite of central Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C 823*, 13–16.
- Delin, H., 1996: U-Pb zircon ages of granitoids in the Kårböle region, central Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results 2. *Sveriges geologiska undersökning C 828*, 6–14.
- Delin, H. & Aaro, S., 1994: Berggrundskartorna 17 F Ånge, 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 82–83*.
- Delin, H. & Aaro, S., 2000a: Berggrundskartan 15 F Voxna NO, 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 141*.
- Delin, H. & Aaro, S., 2000b: Berggrundskartan 15 F Voxna SO, 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 143*.
- Delin, H. & Persson, P.-O., 1999: U-Pb zircon ages of three Palaeoproterozoic igneous rocks in the Loos-Hamra area, central Sweden, I S. Bergman (red.): Radiometric dating results 4. *Sveriges geologiska undersökning C 831*, 20–31.
- Deutsch, A., Buhl, D. & Langenhorst, F., 1992: On the significance of crater ages: new ages for Dellen (Sweden) and Araguinha (Brazil). *Tectonophysics* 216, 205–218.
- Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wennerström, M. & Korhonen, J., 2001: Geological map of the Fennoscandian Shield, scale 1:2 000 000. *Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia*.
- Lundegårdh, P.H., 1967: Berggrunden i Gävleborgs län. *Sveriges geologiska undersökning Ba 22*, 303 s.
- Lundqvist, T., Gee, D.G., Kumpulainen, R., Karis, L. & Kresten, P., 1990: Beskrivning till berggrundskartan över Västernorrlands län. *Sveriges geologiska undersökning Ba 31*, 429 s.
- Lundqvist, T., Vaasjoki, M. & Persson, P.-O., 1998: U-Pb ages of plutonic and volcanic rocks in the Svecofennian Bothnian Basin, central Sweden, and their implications for the Palaeoproterozoic evolution of the Basin. *GFF* 120, 357–363.
- Magnusson, N.H., 1973: Malm i Sverige 1. Mellersta och södra Sverige. *Almqvist & Wiksell Förlag AB, Stockholm, ISBN 91-20-05545-5*, 320 s.
- Sjöström, H. & Bergman, S., 1998: Svecofennian metamorphic and tectonic evolution of east central Sweden. *Forskningsrapport. Sveriges geologiska undersökning*, 50 s.
- Snäll, S., 1994: Inventering av krossberg i kustregionen i Gävleborgs län. Regionala inventeringar av grus m.m. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 1996:1*, 79 s.
- Sukotjo, S., 1995: Berggrundskartorna 15 H Hudiksvall NV, NO och SV/SO, 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 64–66*.
- Sukotjo, S., 2005a: Berggrundskartan 14 G Ockelbo NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 22*.
- Sukotjo, S., 2005b: Berggrundskartan 14 G Ockelbo NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 23*.
- Svensson, N.-B., 1968: The Dellen lakes, a probable meteorite impact in central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 90, 314–316.
- Welin, E., Christiansson, K. & Kähr, A.-M., 1993: Isotopic investigations of metasedimentary and igneous rocks in the Palaeoproterozoic Bothnian Basin, central Sweden. *GFF* 115, 285–296.
- Wiberg, B., 2005a: Jordartskartan 16H Bergsjö NV, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 10*.
- Wiberg, B., 2005b: Jordartskartan 16H Bergsjö NO, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 11*.
- Wiberg, B., 2005c: Jordartskartan 16H Bergsjö SV, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 15*.
- Wiberg, B., 2005d: Jordartskartan 16H Bergsjö SO, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning K 16*.
- Wilson, M., 1989: *Igneous Petrogenesis*, 466 s.

E-post: stefan.bergman@sgu.se    lena.albrecht@sgu.se    martin.ahl@sgu.se    lutz.kubler@sgu.se

# Dalarna, bergkvalitet

Magnus Döse och Lutz Kübler

## INLEDNING

Projektområdet berör nio kommuner i Dalarnas län: Falun, Borlänge, Smedjebacken, Leksand, Gagnef, Avesta, Hedemora, Säter och Ludvika (fig. 1). Projektet är en del av SGUs pågående systematiska tätortskartering samt en del av regeringens miljömål som tillkom under 2002. Huvudsyftet är att undersöka bergarternas lämplighet som ballastmaterial. Projektet planerar att leverera 7 bergkvalitetskarter för lagring i SGUs databaser (fig. 1). All insamlad information skall nyttjas som ett effektivt underlag vid planeringsarbete och för hushållning med naturresurser av kommuner, länsstyrelsen, entreprenörer, konsulter och privatpersoner i Dalarnas län. Större tätorter inom projektområdet är Ludvika, Borlänge, Falun, Säter, Hedemora och Avesta.

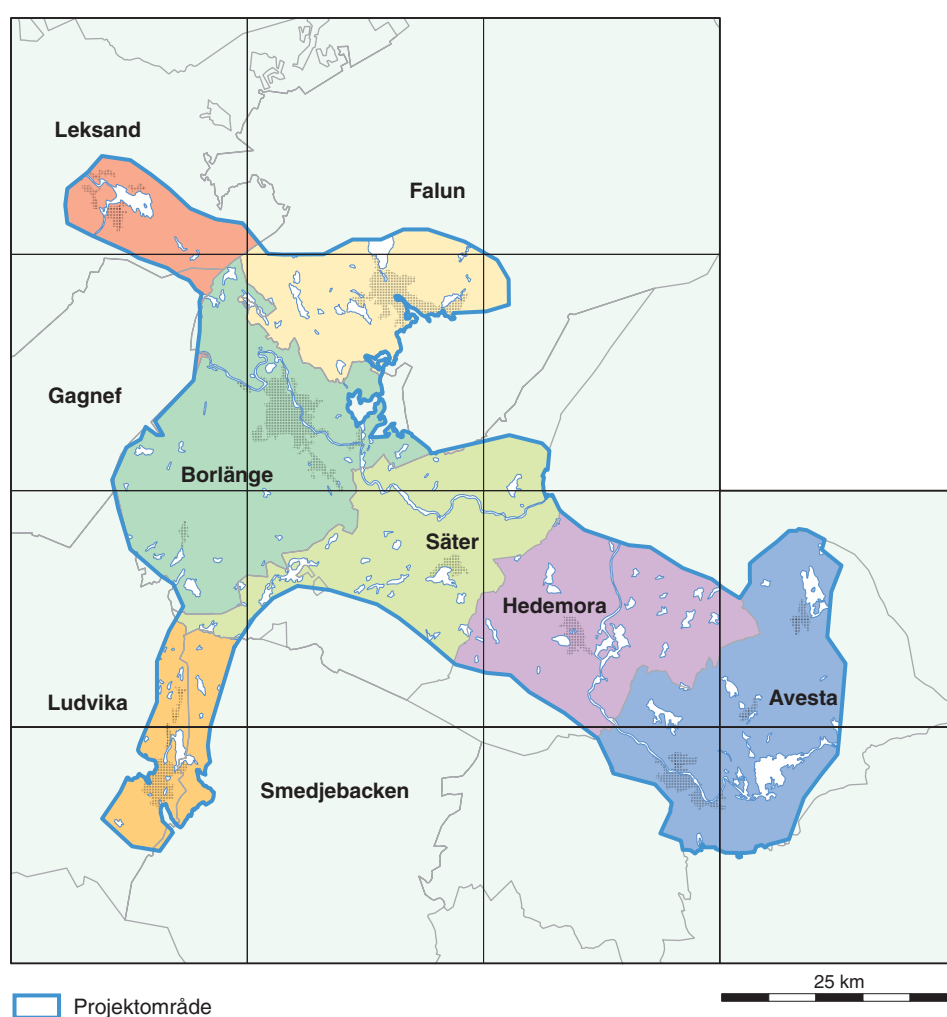


Fig. 1. Planerade bergkvalitetskarter, illustrerade i olika färger, över kommuner inom Dalarnas län. Kartorna kommer att levereras till SGUs databaser.

## Förutsättningar för skapande av bergkvalitetskartan

Bergkvalitetskarter har tidigare framtagits över områden där berggrundskarter i skala 1:50 000 med tillhörande beskrivning har funnits att tillgå. Inom delar av projektområdet har ett sådant grundmaterial saknats. På grund av detta pågår en revidering av delar av berggrundskartorna 13F Falun (Kresten 1987a, b, c, d,



Fig. 2. Gustafs grus- och bergtäkt, exploateras av NNC. Täkten illustrerar dilemmat med förändring i materialkvalitet när bergarterna varierar i bergtäkten. Mängder av gångar med Tunadiabas penetrerar en äldre, ljusgrå, svagt stänglig metagranit (6756844/1491737). Koordinater i rikets nät.

se även Döse & Kübler 2004, 2005). Projektområdet omfattar 11 berggrundsgeologiska kartblad i skala 1:50 000. Det har uppdagats att det finns skillnader i den geologiska tolkningen mellan befintliga berggrundskartor över området. När angränsande kartor läggs samman stämmer inte den geologiska tolkningen över kartbladens skarvar. Dessa "kartbladsdiskrepanser" har undersökts i fält och reviderats under 2004 och 2005. Bergkvaliteten har till viss del undersökts i områdets bergtäkter av olika exploitörer. Bergtäkter finns nordväst om Ludvika, öster och väster om Borlänge, sydväst om Falun, vid Gustafs grustag (fig. 2), sydost om Hedemora, söder om Insjön och sydväst om Horndal. Några täkter är för närvarande vilande, men där sker en kampanjvis brytning. De bergtekniska resultaten från provmaterial i täkterna kommer att komplettera den slutliga bergkvalitetskartan.

Det är slutligen av vikt att påpeka, att den kommande, reviderade berggrundskartan (fig. 3) över delar av kartområdet 13F Falun är utformad med hänsyn till den kommande bergkvalitetskartan. Vid den pågående revideringen har fokus framför allt legat på bergarternas mineralogi, kornstorlek, texturer och strukturer (foliation och lineation).

## Analysmetoder för bedömning av bergkvalitet

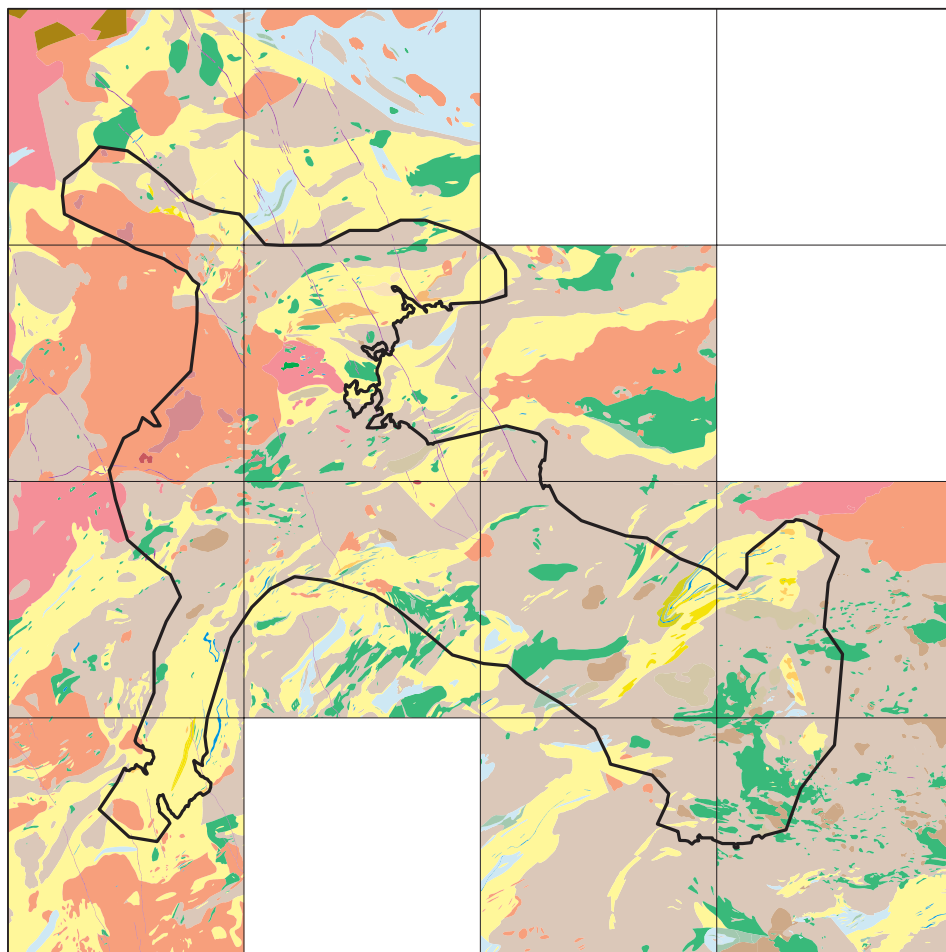
Bergmassans nötnings- och slagtlighet undersöks med hjälp av olika metoder. Följande metoder används:

- mikro-Deval- och kulkvarnsanalys (bergmassans nötningsmotstånd).
- Los Angeles (LA)-analys (bergmassans slagtlighet, till liten del dess nötningsmotstånd).

Dessa analysmetoder är knutna till ballast som främst används för infrastrukturella områden, såsom väg och järnväg. Ytterligare analyser som utförs är alkalisilikareaktivitet (ASR). Metoden utförs för att fastställa ballastens lämplighet för betongändamål. Undersökningar som utförts av SGU är modalanalyser (bergartsbestämning med optisk mikroskopi). Kemiska analyser kompletterar modalanalyserna.

## Geofysiska metoder

För den geofysiska bearbetningen har förutom flygmättningsdata, tidigare beskrivna i Döse och Kübler (2003), använts information som insamlats vid fältarbete under tre säsonger. Dessa markmätningar omfattar gammastrålningen, det elektromagnetiska fältet (VLF) och magnetfältet (magnetometer). För geofysiska parametermätningar (magnetisk remanens, susceptibilitet och densitet) insamlades ett antal bergartsprover.



25 km

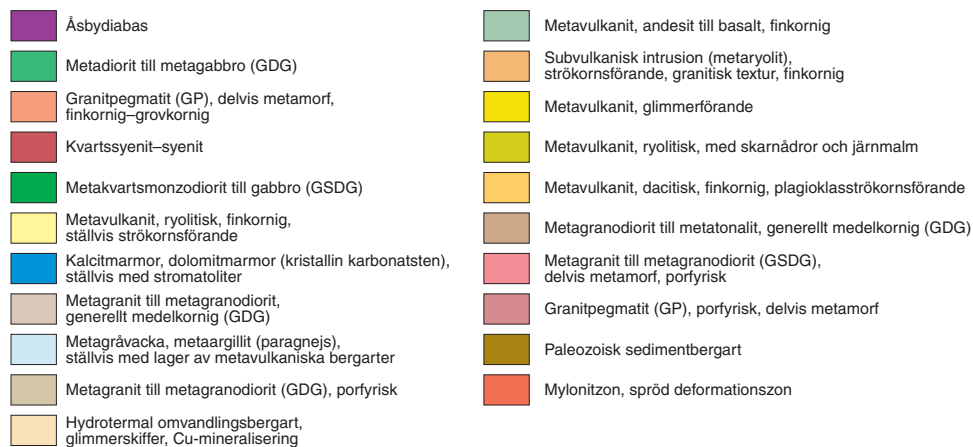


Fig. 3. Preliminär, förenklad och reviderad berggrundskarta, kombinerad med tidigare kartor i skala 1:50 000. I texten nämnda "kartbladskrepanser", bland annat i Avestaområdet är reviderade här.

## GEOLOGI

### Allmän geologi, Bergslagen

Bergslagen domineras av bergarter som bildats under den svekokarelska orogenesisen (bergskedjebildningen) för ca 1 900 till 1 700 miljoner år sedan. Äldst i det aktuella området är de svekofenniska ytbergarterna, som utgörs av ca 1 900 miljoner år gamla vulkaniska och sedimentära avlagringar. Metavulkaniterna anses från början ha varit lavar, askor och tuffer (Hjelmqvist 1966, Kresten 1987a, b, c, d, Bromley-Challenor 1988, Allen m.fl. 1996). Det vulkaniska materialet har omarbetats, genomlevt hydrotermala processer och har slutligen även omkristalliserat under regionalmetamorfosen (Allen m.fl. 1996).

Ytbergarterna intruderades av djup- och gångbergarter för ca 1 900 till 1 850 miljoner år sedan. Djupbergarterna kallas tidigorogent svekokarelska. De omvandlades tillsammans med ytbergarterna genom nedpressning till stora djup i jordskorpan och utsattes där för höga temperaturer och tryck under kulminationen av orogenesisen. Lokalt var omvandlingen så stark att bergarterna smälte. Smältorna (magmor) gav upphov till en ny generation av djup- och gångbergarter som kallas senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska (Bergman m.fl. 2002, 2003). Berggrunden intruderades dessutom av flera generationer av diabas (1 350–900 milj. år), som sökte sig fram längs befintliga sprickor i berggrunden.

Inom projektområdet finns mängder av gruvor och mineraliseringar, den kanske mest kända är världsarvet Falu koppargruva (Kresten m.fl. 1986). Den enda gruvan i drift i området är Garpenbergsgruvan (Boliden AB). Mineraliseringarna inom projektområdet är i huvudsak av två slag, magnetitmalmer och zinkbly-kopparfyndigheter (sulfidmalmer). De är i huvudsak knutna till de omlagrade, metavulkanitdominerade sekvenserna. Det som ur bergkvalitetssynpunkt bör tas hänsyn till är de sulfidförande stråken (Döse & Kübler 2005). Om berggrunden har höga halter av sulfider bör material därifrån inte användas som ballast. Sulfider är benägna att lakas ur, och det innebär att metaller kan frigöras från ballastmaterialet och komma ut i marken, vilket inte är önskvärt. Dessutom påverkas hållfastheten i betongkonstruktioner negativt, varför material med förhöjda sulfidhalter skall undvikas.

### Bergarter, indelning med hänsyn till bergkvalitetskartan

#### *Sedimentogena vulkaniska bergarter*

Större inslag av sedimentära bergarter i vulkanisk miljö förekommer bland annat i kartområdet 12G Avesta vid Vikmanshyttan (12G NV, Ambros 1986) samt strax nordost om Ludvika och väster om Stollbergsgruvan i kartområdet 12F Ludvika NO (Strömberg 1996). Bergarterna är ställvis muskovitrika, delvis mer gnejsiga (fig. 4a). I kartområdet 12F Ludvika uppträder en ställvis något mer kvartsitisk bergart som kan diskuteras huruvida den bör klassificeras som sedimentär. Öster och söder om Valsansjöarna i kartområdet 13F Falun, impliceras det på några få ställen att sedimentära sekvenser uppträder som inlagringar i vulkaniska, skarnförande miljöer. Inlagringarna är vanligen starkt glimmerstrimmiga. Corderit (fig. 4b) uppträder allmänt i anslutning till nämnda bergarter. Corderitbildning i vulkanogena bergarter förekommer dock i kartområdet 13G Hofors (S. Sukotjo, muntl. medd.), i anknytning till hydrotermal påverkan. På berggrundskartan kommer de ovannämnda bergarterna att markeras med gul bakgrundston och inlagringstecken för sedimentära led. Ur bergkvalitetssynpunkt är de senare viktiga att urskilja, eftersom deras hållfasthet generellt är mycket låg. Detta beror på en allmänt utbredd, tydlig glimmerstrimmighet i dessa litologiska sekvenser.

#### *Vulkaniska bergarter*

Berörda områden med metavulkaniter, som förekommer i stråk från Faluntrakten upp mot Insjön, omfattar i huvudsak kvartsrika, finkorniga metaryoliter och starkt underordnat metadaciter. I mindre omfattning uppträder dacitiska till andesitiska, plagioklasporfyriska bergarter, kvarts-fältspatförande, något gnejsiga partier, amfiboliter samt kalksilikatbergarter (Döse & Kübler 2005). Vulkaniter med tydligt rundade polymikta fragment (Döse & Kübler 2005, fig. 11a) förekommer norr och öster om Valsansjöarna samt runt Aspeboda och söder om Falun.

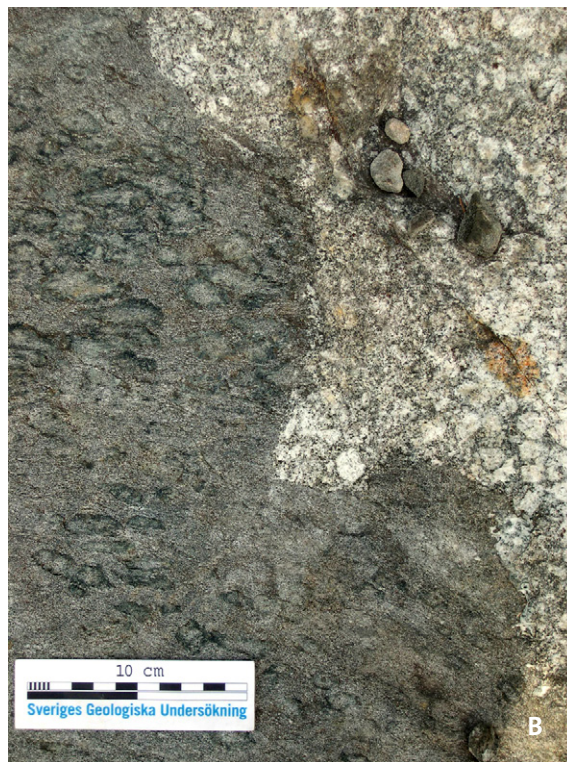
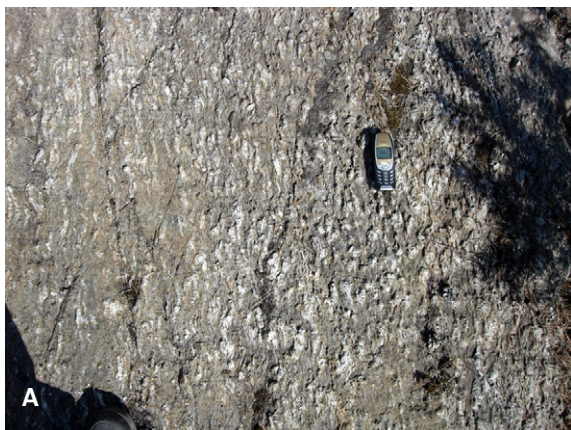


Fig. 4. Foton av vulkanogena metasedimentära bergarter. Koordinater i rikets nät. **A.** Metagråvacka, grå, finkornig, glimmerförande och gnejsig med andalusitporfyroblaster (6684240/1503411). **B.** Metasedimentär bergart i vulkanisk miljö (vänster bildkant), breccierad av sen- till postorogen granit (höger bildkant). Ytbergarten är mörkt grå, finkornig och starkt biotitstrimmig. Corderit uppträder som "fiskar" med något mörkare ton. Sen- till postorogen granit, ljust grå, medelkornig, och fältspatporfyrisk (6720799/1472748).

Glimmerstrimmighet förekommer ställvis i de metaryolitiska till dacitiska sekvenserna (fig. 5 a). Metavulkaniterna är grå på färsk yta men laxrosa till vita på vittrad yta (Döse & Kübler 2005, fig. 10 a, b). De för vanligen ströckorn av kvarts eller plagioklas. På de flesta ställen är vissa led mycket kvartsrika och mer att beteckna som kvartsrik ryolit till kvartsit. Det är vanligt med en mycket tydlig bandning (fig. 5 b), alternativt skiktning i metavulkaniterna, och den varierar från mycket tunna till flera meter breda band. I många fall förekommer också tydliga mineralogiska skillnader, såsom mafiska och felsiska led i bandningen (fig. 5 b, c). I vulkaniterna förekommer också inlagrade marmor- och skarnhorisonter. Olika järn- och magnesiumrika silikat (amfiboler) förekommer allmänt som reaktionsmineral. De stora variationerna i deformation och mineralogi som observerats i vulkaniterna avspeglar sig i vissa fall i bergarternas hållfasthet (fig. 5 c).

Vulkaniterna är på många ställen starkare deformerade än övriga bergarter, och i vissa områden präglas de av en svagt gnejsig struktur (fig. 5 c). En tydlig stänglighet genomsätter också vulkaniterna i området. Ställvis påträffas mycket finkorniga, delvis ströckornsförande graniter, bland annat sydväst om Falun. De benämns inom projektet som subvulkaniska intrusioner (fig. 5 d) men har i allmänhet ett finkornigt granitiskt utseende. Deras gränser mot omgivande bergarter upplevs på några ställen som metagranitiska avkylningskontakter mot angränsade vulkaniska bergarter. Det är dock svårt att belägga dessa fakta, men vaga bevis finns ca 2 km norr om Rexasjön. Där uppträder mycket finkorniga, fragmentförande och gnejsiga vulkaniter, intill en starkt omkristalliserad, finkornig metagranitoid. Metagranitoiden tycks övergå successivt mot norr till en finkornig till fint medelkornig granit. Kontakten mellan nämnda bergarter är dock ej blottad, utan täckt av ett tunt moränlager på en sträcka av ca 20 m.

Flödesbreccior uppträder norr om Aspeboda, med polymikta rundade fragment (1–2 dm stora) i en för övrigt fin- till medelkornig, mafisk mellanmassa. Liknande vulkaniska breccior påträffas även söder om Falun, i närheten av de ovan nämnda subvulkaniska intrusionerna. Bergarterna (metavulkaniterna, se fig. 2) stryker generellt i ungefär nordnordostlig riktning och omsluts i många fall av tidigorogena intrusivbergarter (granit och kvartsdiorit/kvartsgabbro).

I fält påträffas rikligt med mafiska gångar (amfibolit) som vanligen har en mäktighet på ca 0,2–10 m och ställvis är plagioklasporfyrisk (fig. 5 e) Gångarna ligger vanligen konkordant med vulkaniternas skiktning eller bandning. De har dock bildats relativt tidigt i den geologiska utvecklingen, vilket visas av att tidig-



orogena granitoider har breccierat dem. I vissa amfiboliter har det noterats stora rundade klaster, varför ett vulkaniskt ursprung kan antas.

### **Granitoider, dioriter, gabbror, metamorfa (GDG)**

De i äldre litteratur ofta beskrivna "gnejsgraniterna" kallas här metagraniter till metatonaliter. Flera bergarter omfattas av den här sviten och är ganska vanligt förekommande i kartområdet. I metagranitoiderna är kroppar av grönsvart kvartsdiorit till gabbro allmänt förekommande (fig. 6 a, b). De är homogena, fin- till medelkorniga och vanligen svagt stängliga (ser massformiga ut).

De vanligast förekommande bergarterna i GDG-sviten är annars monzogranit till granodiorit och granodiorit till tonalit (fig. 6 c, d). Granit till granodioritsviten, som på många ställen har en ljus brun till gråbrun nyans, är biotitrik och ställvis hornbländeförande, och enkla förekommer relativt allmänt (fig. 6 c). Bergarterna är i allmänhet medelkorniga, men finkornigare partier förekommer. Ställvis uppträder grovt medelkorniga till något porfyriska varieteter, där alkalifältspaten uppträder med något grövre korn än de övriga mineralen. Detta framträder tydligast i Hedemora och Avesta kommuner (fig. 6 e). Metadioriter förekommer vanligen inom Falunområdet. Generellt är bergarten medelkornig, men ställvis fint medelkornig till finkornig. I vittrad yta uppträder vita fältspater med hornblände som har en mörkgrön färg. Dessa mineral brukar dominera i dioriten, med en ganska jämn fördelning. Den till färgen mörkaste bergarten är metagabbro. Tidigare benämndes bergarten ibland som skillersten p.g.a. att den skimrade i solljus vid färskt brott av bergarten. Metagabbro, som ofta är medelkornig till grovt medelkornig har störst utbredning på berggrundskartorna Avesta NO och SO, men förekommer även ställvis rikligt på Avesta NV, där det utgör moderata till stora inslag i berggrunden. Större inslag förekommer även öster om Borlänge. Bergarten är i vittrad yta mörkgrön till svart, är olivinförande och har mindre mängd plagioklas fältspat än nämnda dioriter. Ofta är olivinen delvis serpentinomvandlad. Klorit är också vanligt som ett omvandlingsmineral i metagabbro.

En karakteristisk egenskap hos GDG-bergarterna är den penetrativa lineation som genomsätter dem (Döse & Kübler 2005, fig. 7 a, b, c). Kvartskornen är starkt utdragna och omkristalliserade. I fält kan man ställvis se kvarts som "står upp" på hällytan, dvs. att omkringliggande fältspatkorn är nedvittrade. På en del ställen är även biotiten stänglig, och ställvis ser den massformig ut (beroende av snittytan). Granitoiderna förekommer också ställvis som röda varianter.

### **Granitoider, syeniter, dioriter, gabbror, metamorfa (GSDG)**

GSDG-granitoider förekommer i och öster om Borlänge. Tydlig magmablandning ("mingling") kan observeras vid Borlänge kraftstation, öster om Dalälven och i enstaka vägsärningar ca 500 m längre österut. Längs sprängda skärningar vid kraftstationen kan man observera vit-röda fältspatfenokristaller i en mörkt grå, finkornig till fint medelkornig metakvartsdiorit. Kvartsdioriten tycks vara breccierad av en medelkornig, grå-vit-brun metagranit som är tydligt fältspatporfyrisisk. Fenokristerna är ca 1–3 cm stora (fig. 7 a). Metagraniterna skiljer sig från nämnda GDG-granitoider genom en lägre grad av deformation. Ställvis är fenokristerna regellöst orienterade, trots en ställvis tydlig planstruktur i bergarten. Fenokristerna är generellt odeformerade, liksom de fenokristaller som påträffas i de äldre metagraniterna (GDG). I många fall är fältspatkornen omkristalliserade i de senare, vilket inte är fallet i GSDG-granitoiderna. En svag omkristallisation syns i många tunnslip av GSDG-granitoider, men den uppträder endast längs kanterna av de befintliga fältspatkornen. Geokemiska analyser visar att sammansättningen i de mer granitiska leden växlar från monzo-

---

Fig. 5. Foton av vulkaniska bergarter. Koordinater i rikets nät. **A.** Metadacit, mörkt grå, finkornig, glimmerstrimmig och fragmentförande (höger bildkant), växellagrad med ryolitiska, kvarts-fältspatdominerade, fragmentförande led (vänster bildkant, 6721684/1473362). **B.** Metavulkanit, sur, vit-grå-röd, finkornig, med tydlig bandning/foliation (gnejsig), som framgår av tunna band/skikt i olika färg. Pennan ligger i foliationens/bandningens riktning (6717563/1489264). **C.** Metavulkanit, ljus grå, finkornig, bandad, starkt deformerad (gnejsig) med amfibolitiska inlagringar. Amfibolit, mörkt grön till svart, finkornig, medveckad. I höger bildkant uppträder edpidotkörtlar med matt grön färg (6726323/1476069). **D.** Subvulkanit, mycket finkornig till finkornig, tydligt kvartströkornsförande. Kontakt mot vit-grå, finkornig, fragmentförande metavulkanit. Pennan ligger i kontaktens strykning. Foliationen genomslår båda bergarterna i skalstreckets längdriktning (6722798/1485323). **E.** Amfibolit (osäker genetisk tillhörighet), finkornig, massformig, strökorn av plagioklas (6726910/1472647).



Fig. 6. Foton av GDG-bergarter. Koordinater i rikets nät. **A.** Metagranodiorit till metatonalit, grå, medelkornig, plagioklasporfyrisk, svagt deformerad. Magmablandad med, brun-vit-grå, medelkornig metagranit (6703467/1489210). Vid koordinaterna uppträder en vit-svart-grön, medelkornig och massformig metadiorit. **B.** Metagranit till -granodiorit, grå till vit, medelkornig, stänglig. Inneslutningar av gabbro, svarta, grov- till medelkorniga, pyroxen- och hornbländerika. Stänglighet i pennans längdriktning (6723101/1476585). **C.** Metagranit, ljust grå, medelkornig och stänglig. Enklaver/inneslutningar av mörkt grå, finkornig metatonalit (bildens övre del). Pennan i bildens nedre kant markerar stänglighet, pennan i den övre markerar planstruktur i bergarten (6723792/1476838). **D.** Metagranit (GDG), röd till grå, medelkornig och stänglig. I kontakt med fint medelkornig, biotitstänglig metagranodiorit till -tonalit. Norr om Olsbackaavfarten (6715084/1487372). **E.** Granitgnejs (GDG), grå, medelkornig, ögonförande (porfyrisk) och tydligt folierad (gnejsig). Ögonen (1-4 cm) syns som vita punkter i övre höger bildkant. Bergarten genomslås centralt i bilden av mörkt grå, finkornig diabas som tydligt klipps av vit, grovkornig kvartspegmatit (6678128/1510326).

kvartsdioritisk till monzogranitisk. Att skilja mellan GSDG-granitoider och GDG-granitoider i fält har dock visat sig vara vanskligt, eftersom deformationsgraden i megakristerna är svag till måttlig. Invid Rösåsen, ca 3 km ostnordost om Borlänge, förekommer båda bergartsgrupperna, och troliga GSDG-bergarter har kon-

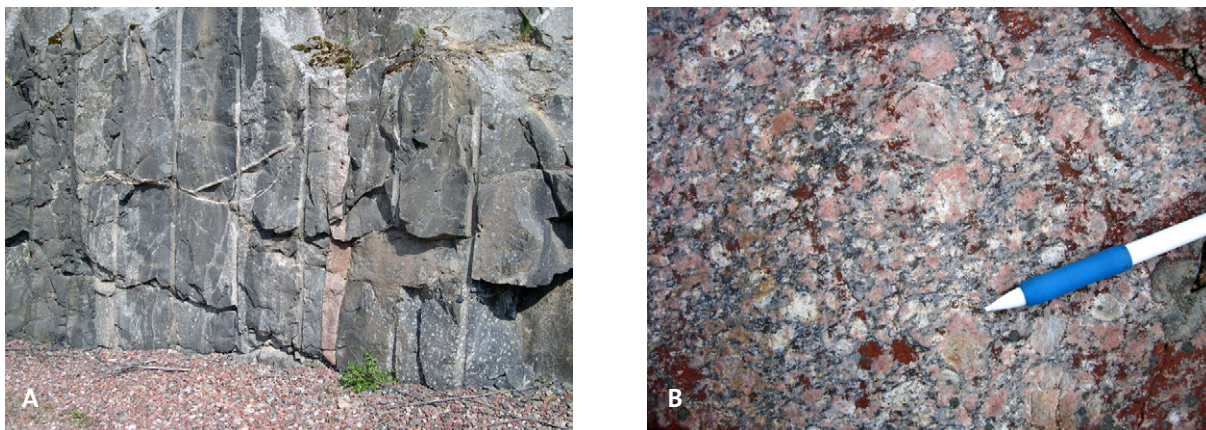


Fig. 7. Foton av GSDG-bergarter. Koordinater i rikets nät. **A.** GSDG- granitoid (monzo- till kvartsmonzodiorit), ljst grå till vit, medelkornig, fältspatporfyrisk. Magmablandad med kvartsdiorit, grå till mörkt grå, finkornig till fint medelkornig, tydliga fältspatströkorn ställvis (bildens nedre högra del). Ljust röd, finkornig, aplitisk gång uppträder centralt i bilden. Nära Borlänge kraftstation (6716579/1476978). **B.** GSDG-granit enligt Ripa & Kübler (2005). Ojämnkornig, ögonförande och deformerad. Ögonen är vanligen omkristalliserade. Alkalifältspat av megakristkaraktär dominerar i en medel- till grovkornig matrix (6694579/1461955).

takt mot den äldre GDG-granitoidsviten. Foliationen i GDG-bergarten är penetrativ, men uppträder generellt endast som ganska måttligt stark i GSDG-bergarten. På Högberget, 300 m nordost om Blecktorp, har en ögonförande trolig GSDG-granit en svag foliation som skär över en äldre foliation i en GDG-granodiorit till tonalit. Denna håll borde granskas närmare vid fortsatta studier av området, eftersom den bedöms vara en av flera nyckellokalerna i och omkring Borlänge.

Nyligen karterade GSDG-granitoider (Ripa & Kübler 2005) har besökts och jämförts med andra granitoider och metagranitoider i projektområdet. Vid några få lokaler har bergarter liknande de ovan nämnda påträffats, bland annat vid Älgberget (12F Ludvika NV). Bergarterna där skiljer sig dock något i strukturellt uppträdande från bergarterna i Borlängetrakten. Bergarten upplevs ställvis ha en mer gnejsig struktur och är ställvis allmänt mer deformerad än nämnda granitoider runt Borlänge. Stora fältspatmegakrister uppträder ställvis i en medel- till grovkornig matrix. Alkalifältspaterna är ställvis också tydligt plagioklasantlade, i likhet med en del påträffade megakrister i GSDG-granitoiderna öster om Borlänge.

Tre dateringar har utförts på prover av ovan nämnda GSDG-granitoider. Två dateringar av metagranitoid utfördes under 2005, på prover som togs nära Borlänge kraftstation (fig. 16). Dateringarna gav åldrar på  $1863 \pm 4$  respektive  $1857 \pm 4$  miljoner år. Båda dateringarna är bra tekniskt sett med låga MSWD-värden. Den tredje, och tidigare utförda dateringen gjordes på en GSDG-bergart (fig. 7b) från kartområdet 12F Ludvika NV, strax väster om projektområdet. Dateringen gav en ålder av  $1857 + 11 / - 7$  miljoner år (Ripa & Kübler (2005).

### **Granitoider, granitpegmatit (GP)**

Dessa bergarter (fig. 8 a–f) förekommer i stora delar av kartområdet 13F Falun SV och utgörs av röda till ljst gråröda, i huvudsak fin- till grovkorniga syeno- till monzograniter, mest massformiga och delvis metamorfa. De är ställvis jämnkorniga (fig. 8 a), men är i allmänhet ojämnkorniga till pegmatitiska. Inneslutningar (xenoliter) av GDG-granitoider och metavulkaniter är vanligt förekommande. Pegmatitiska partier och gångar (1–10 m) förekommer här och var. I syeno- till monzograniterna uppträder även spridda, finkorniga aplitgångar (fig. 7 a). Gångarna är röda, smala (0,2–0,5 m) och har varierande riktningar.

Granitoider som är rikligt ögonförande (fältspatögon, 1–3 cm) förekommer bland annat sydväst och väster om Borlänge samt söder om Insjön (fig. 8 b, c). Dessa sen- till postorogena bergarter har ofta en tydlig magmatisk lagring på många ställen, och de har så långt som möjligt skiljts ut för indelningen i bergkvalitetsklasser.

Ställvis är bergarterna folierade, men foliationen är vanligen diffus och endast delvis penetrativ. Det verkar snarare, som om en lokal deformation har påverkat bergarterna.



Fig. 8. Foton av GSDG-bergarter. Koordinater i rikets nät. **A.** Granit av GP-typ, gråröd, medelkornig och relativt jämnkornig. "Typiskt utseende" för senorogen (yngre) granit (6704090/1466349). **B.** Senorogen (yngre) granit, röd, grovt medelkornig till grovkornig, fältspatporfyrisk och massformig (6727283/1462845). **C.** Granit, ljus röd, fint medelkornig till medelkornig, delvis porfyrisk och svagt folierad till massformig. Mycket tydliga övergångar mellan partier med euhedrales fältspatkristaller (ca 1cm stora, centralt i bilden) till mer medelkornig, jämnkornig granit. (6720615/1476210). **D.** Pegmatitgranit, vit till blekrosa, medelkornig och massformig, med bladig muskovit (6724238/1469230). **E.** Granodiorit till tonalit, sen- till postorogen, fältspatporfyrisk (lister) (6722206/1473488). **F.** Granit av GP-typ, grå till röd, fint medelkornig, porfyrisk och massformig. Kontakt mot grå, finkornig metavulkanit (6722080/1475100).

De granitoida sviterna innefattar också en bergart som på berggrundskartorna 13F Falun (Kresten 1987a, b, c, d) kallas pegmatitgranit (fig. 8 d). Skillnaden mellan pegmatitgranit och graniter i GP-sviten är diffus, men kan ses norr om sjön Gimmen. I fält är det framför allt förekomsten av muskovit som skiljer pegmatitgraniten från övriga delar av GP-sviten. Nordväst om Gimmen kan båda bergarterna betraktas. Pegmatitgraniten är ljusrosa till vit, generellt grovkornig, massformig och tydligt muskovitförande (blad), ställvis som kärvar. GP-graniten är ljus röd till röd, fin- till grovkornig och tycks vara kvartsrikare. Pegmatitgraniten är lokalt mycket grovkornig, t.ex. norr om Helgasjön, nordväst om Rexbo. Det är viktigt att dessa grovkorniga delar skiljs ut på bergkvalitetskartan, eftersom deras hållfasthet är betydligt sämre än de vanligtvis jämnkorniga GP-granitoidernas.

De för GP-sviten typiska syeno- till monzograniterna, med sin tydliga variation i kornstorlek, genomslås ställvis av en strökornerik porfyrisk, medelkornig granodiorit till tonalit (fig. 8 e). Den har stora, vita till ljus röda fältspatkorn (0,5–2 cm) i en medelkornig mellanmassa. Granitoiden är massformig och har tydlig magmatisk lagring, varför den här betraktas som en sen- till postorogen intrusivbergart. Den benämns av tidigare kartörer (Hjelmkvist 1966) som ”Enkullengranit”, breccierar äldre granitoida GP-generationer och har xenoliter av dem, vilket kan ses söder om sjön Övre Valsan. Liknande grå till röda, fint medelkorniga, porfyriska graniter uppträder ca 500 m nordost om Mellan-Valsan (fig. 8 f), där graniterna slår igenom metavulkaniska bergarter.

GP-graniterna framträder tydligt mot omgivande bergarter på geofysiska kartor genom sina magnetiska egenskaper och sin gammastrålning. Medeldensiteten för granitoiderna är 2 625 kg/m<sup>3</sup> enligt provtagningen som gjordes 2003 och 2 648 kg/m<sup>3</sup> enligt äldre undersökningar.

### **Noranintrusionen och likvärdiga syenograniter**

Noranintrusionen och Pellesbergsbreccian, som har en mycket låg geologisk ålder för området (1 470 milj. år), undersöktes under projektets slutfas. En mindre del av Noranintrusionen ligger inom projektområdet, strax norr om kartområdet 12F Ludvika NV. Intrusionen har varierande mineralogi och liknar ställvis alkaligranit vid gränserna mot pegmatitgraniten (fig. 9 a, b). Geokemiska data (se stycket ”geokemiska analysresultat” nedan) indikerar dock att den är en kvartssyenit. Vid modalanalys kunde inte någon tillförlitlig bergartsbedömning utföras på grund av fältspaternas starka antipertit-, alternativt pertitbildning. Ett bergkvalitetsprov togs av intrusionen.

Strålningsegenskaperna mättes vid två lokaler men de visar gemensamheter enbart i kaliumhalten som är kring 4 %. Det mest anmärkningsvärda är att det enda prov som samlades in visade ett ovanligt högt Königsbergvärde på 17 (magnetisk susceptibilitet  $495 \times 10^{-5}$  SI-enheter och NRM 3 400 mA/m). Mätningarna av susceptibiliteten på håll bekräftar den i förhållande till omgivande GP-graniter låga magnetiserbarheten hos bergarten. Trots att de här nämnda petrofysiska egenskaperna skiljer sig markant från de hos omgivande bergarter är det svårt att urskilja Noranintrusionen i flyggeofysiska data. Orsaken ligger sannolikt i den ringa utbredningen av bergarten.

### **Posttektoniska porfyrier och diabaser**

I kartområdet 13F Falun är diabasgångar vanligt förekommande (Döse & Kübler 2005, fig. 6 b), medan porfyrgångar finns på några ställen. Gångar av Åsbydiabas (900–1 100 milj. år) stryker i västnordvästlig till nordnordvästlig riktning, gångar av Tunadiabas (ca 1 370 milj. år, Patchett 1978) i nordnordvästlig till nordnordöstlig riktning. Det finns även en tredje typ av diabasgång, och den har en ungefär nord-sydlig strykning. Åsbydiabasen skiljer sig från övriga diabaser genom sin kornstorlek, textur och sitt fältuppträdande. ”Åsbygångar” är uppmätta i fält till en bredd av ca 150–200 m. Bergarten är grön till grönsvart, fin- till medelkornig och har en tydlig ofitisk textur. Övriga diabaser är generellt mycket mörkt grå till svarta, finkorniga och porfyriska. Gångarna är smala och i vissa förekommer en svag pelarförklyftning (fig. 9 c). Diabaserna har vanligen en hög susceptibilitet (magnetiserbarhet). Deras varierande uppträdande kan observeras vid Borlänge kraftverk, där även mandelförande diabas (Tunadiabas) förekommer. Den innehåller relativt gott om ca 0,5 cm stora kloritbollar. De mandelförande diabaserna förekommer rikligt både söder och norr om Borlänge. En nyligen genomförd dokumentation av vägbygget mellan Borlänge och Falun (Döse & Kübler, 2005, se fig. 13 a, b) indikerar att de är betydligt vanligare förekommande än vad tidigare karteringar angett.

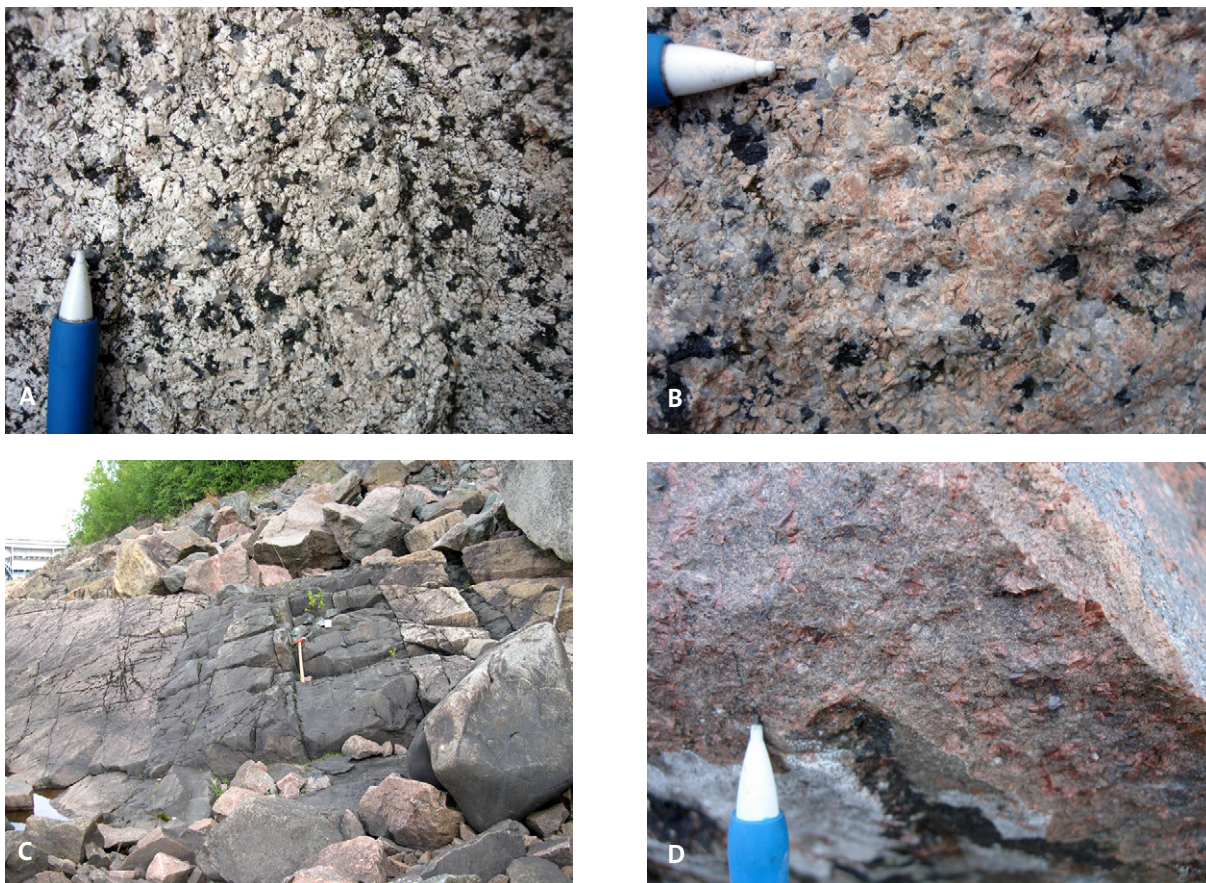


Fig. 9. Foton av bergarter från Noranintrusionen och dess relaterade porfyriska gångar samt diabas av Faluntyp. Koordinater i rikets nät. **A.** Kvartsyenit, ställvis rödbrun till vit, medelkornig och fältspatporfyrisk. (6701959/1464023). **B.** Alkaligranit, ljus röd, medel- till grovkornig och fältspatporfyrisk. (6701959/1464023). **C.** Diabas av Faluntyp, mörkt grå, finkornig, svagt pelarförklyftad. Klipper GSDG granitoid som är grå till röd, fältspatporfyrisk och massformig till svagt folierad (6711790/1479292). **D.** Gustafsporfyr, rödbrun till rödgrå, finkornig och fältspatporfyrisk. Större röda alkalifenokristar kan observeras i den grå mellanmassan. (6700525/1467035).

Gångarna är i allmänhet 0,1–5 m breda. En annan, nord–sydligt strykande diabastyp uppträder söder om Borlänge. Den är grå till gråsvart, mycket finkornig till finkornig, och har hålrumsfyllnader av kvarts.

Felsiska porfyriska gångar (porfyr) har identifierats intill Noranintrusionen, men tycks annars förekomma i betydligt mer begränsad omfattning än diabaserna. Porfyreerna och diabaserna (Gustafsporfyr och Tunadiabas) betraktades som ungefär likåldriga av Hjelmqvist (1966) på grund av sina strukturella relationer. En Gustafsporfyr (fig. 9 d) åldersbestämde vid Pellesberget till en ålder av 1 470 miljoner år (Lundström m.fl. 2002). Diabaserna av Åsbytyp framträder mycket tydligt på den magnetiska anomalikartan som isolerade och geografiskt mycket långsträckta anomalier (upp till flera tiotal mil), medan Tunadiabasernas gångar tycks förekomma i täta svärmar. Detta syns mycket tydligt i och omkring Gyllbergens naturreservat i den norra delen av kartområdet 12F Ludvika NV.

## Strukturer

Det på den tidigare berggrundskartan (Kresten 1987 b, d) redovisade mylonitstråket, ca 500 m väster om Stora Rexasjön, är borttaget på den reviderade berggrundskartan. Intill nämnda stråk har tydlig sprödekonisk påverkan av berggrunden observerats, på ett antal ställen med kvartsbrecciering som ett framträdande drag. Norr om Nedre Valsan uppträder ytterligare ett sprödekoniskt stråk, som stryker i nordväst till nordnordväst. Även där påträffas lokalt stora kvartsvolymer, vilket är typiskt för delar av området runt Valsansjöarna. Där sprödekonisk aktivitet kan ses i fält är det relativt vanligt med stora mängder av hydrotermal kvarts.

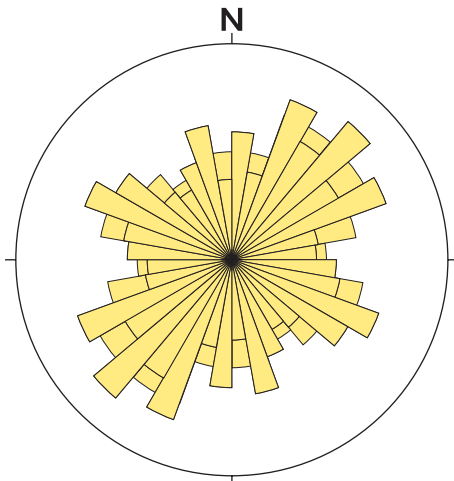


Fig. 10. Sprickfördelning, sammanställd från samtliga lokaler provtagna för bergkvalitet. Uppmätta sprickor n=3056.

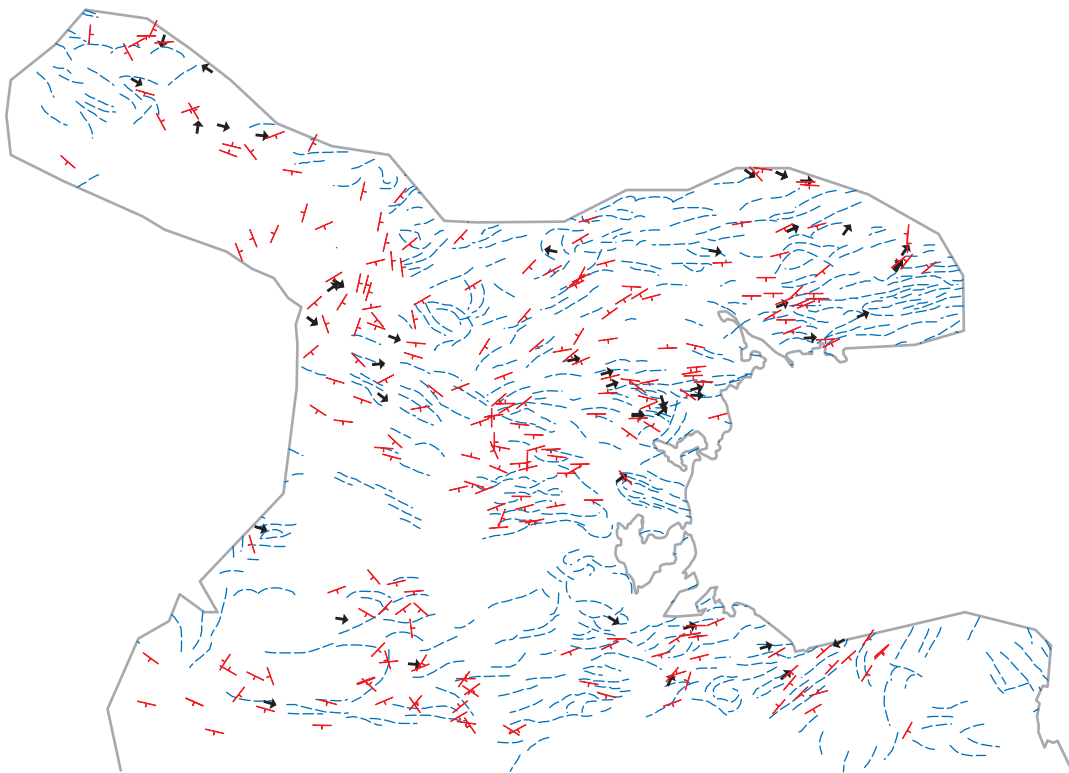


Fig. 11. Geofysisk tolkning av långsträckta magnetsfältsanomalier (blå linjer) i kartområdet 13F Falun, jämförda med foliationer observerade i fält (röd färg). Svarta pilar markerar stängligheter observerade i fält.

Foliationer och stängligheter har korrelerats mot långsträckta magnetiska anomalier inom projektområdet. En sammanställning över kartområdet 13F Falun redovisas i figur 10.

Även spricktektoniken inom området har sammanställts (fig. 11). De dominerande sprickriktningarna är nordostlig till nordvästlig, västnordvästlig och ungefär nord-sydlig. Dessa riktningar återspeglas tydligt i geofysiskt tolkade lineament (som i de flesta fall motsvarar sprödtekoniskt förorsakade strukturer) från magnetfältdata och topografiska data (fig. 12 a, b). Spricktektoniken är dock vanligen av lokal karaktär, varför sprickmätningar från de flesta provtagningslokalerna kommer att redovisas tillsammans med respektive bergkvalitetskarta. För en utförligare beskrivning av strukturella förändringar på den reviderade berggrundskartan hänvisas till Döse & Kübler (2004).

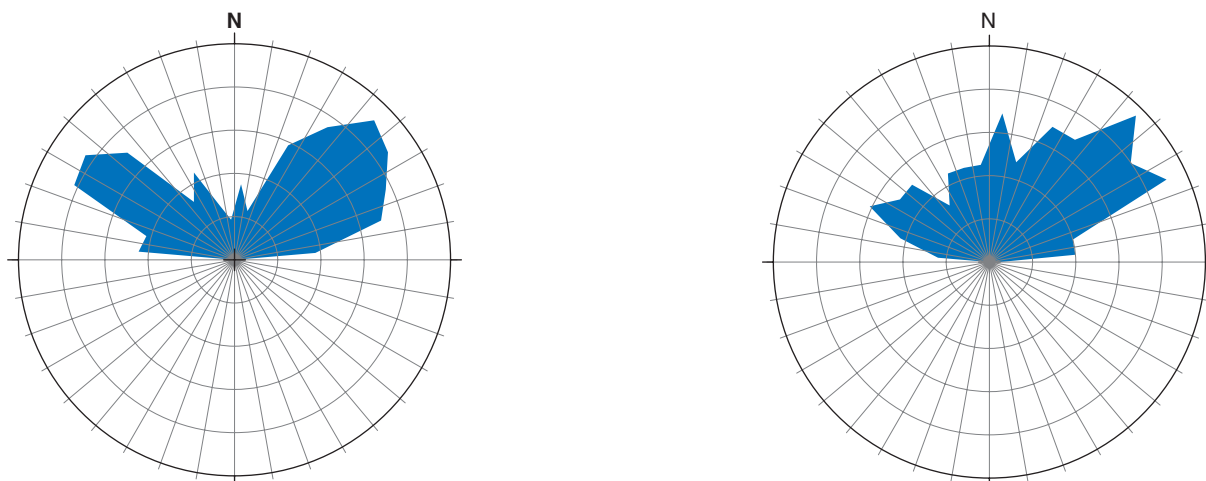


Fig. 12. Rosdiagram över tolkade lineament **A.** Från magnetfältsdata. N=427. **B.** Från digitala topografiska data. N=380.

## Metamorfos

Den regionala metamorfosen i områdets berggrund är måttlig och har ägt rum i lägre amfibolitfacies. Corderitbildning, antofyllit- och gedritförekomster indikerar temperaturer lokalt på 550° C och uppåt (Winkler 1967) med lågt till måttligt tryck (1–5 kbar). Detta är i god överensstämmelse med Krestens antagande (SGU opubl.) om en temperatur på ca 500–600° C. Retrograda processer som återspeglas i tunnslip är kloritisering av biotit, ställvis amfibolbildning och tydlig prehnitbildning i biotit.

## RESULTAT 2005

### Utförda arbeten

1. Revidering av ca 400 km<sup>2</sup> berggrundsytta i kartområdet 13F Falun.
2. Korrelering av tidigare nämnda "kartbladsdiskrepanser".
3. Insamling av totalt 33 bergkvalitetsprover från kommunerna Falun, Ludvika, Hedemora, Säter, Borlänge och Leksand.
4. Komplettering av geofysiska parameterprover och spektromettermätning av berggrunden, där tekniska bergkvalitetsprover tagits.

Sammanlagt har 160 bergtekniska prover insamlats under 2003–05.

### Analysresultat

#### *Modala analysresultat*

Modalanalys har utförts på djupbergarterna (fig. 13 a) och tre olika bergartsgenerationer har plottats, GDG-, GSDG- och GP-grupperna samt Noranintrusionen och diabaserna. Dokumentation från respektive tunnslip, avseende mineralogi, opaka mineral (sulfider) och mikrosprickor finns samlad i en digital tunnslipsdatakatalog för projektet.

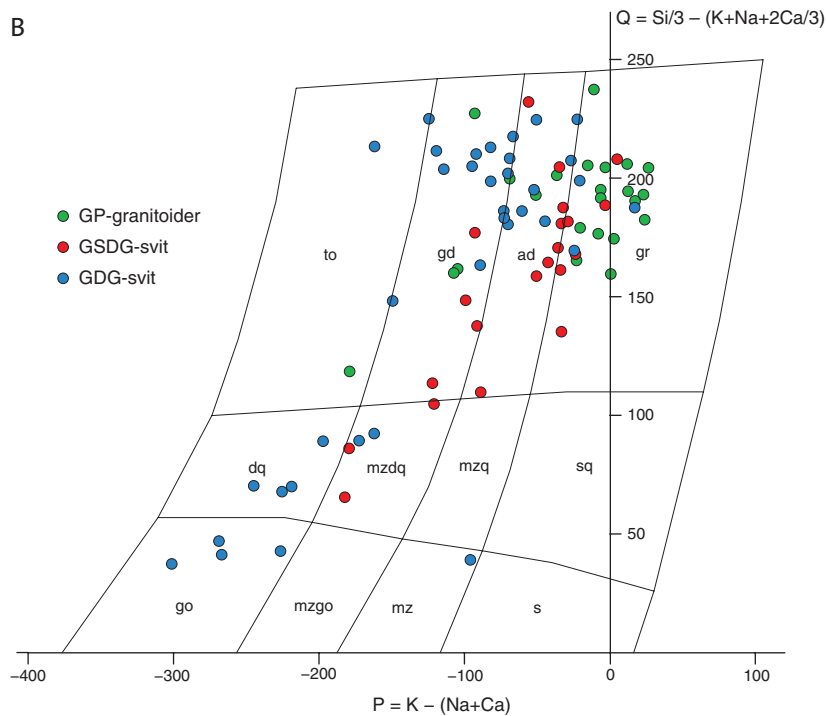
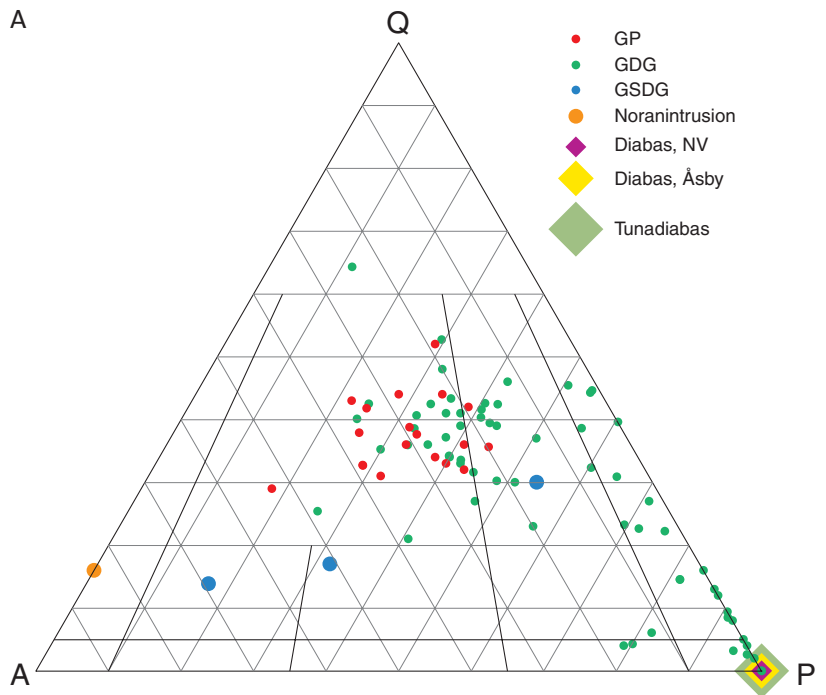


Fig. 13. Analyser av djupbergarter från projektområdet. **A.** Modala analyser. GP=granitpegmatit (senorogena bergarter), GDG=granit, diorit, gabbro (äldre, tidig- till synorogena djupbergarter), GSDG=granit, syenit, diorit, gabbro (syn- till senorogena bergarter). **B.** QP-diagram enligt Debon & Lefort (1983). Resultat av geokemiska analyser av GDG-, GSDG- och GP-granitoida sviter från kartområdet Falun.

## **Geokemiska analysresultat**

Inom Falunområdet analyserades samtliga tekniska berggrundsprover även geokemiskt. Flera metavulkaniter analyserades även från Ludvikatrakten, där en mer dacitisk sammansättning hos bergarterna ställvis noterades i fält.

Granitoidernas sammansättning har plottats i ett QP-diagram (Debon & Lefort 1983) för att se om den fältbedömda indelningen är rimlig (fig. 13b). GSDG-granitoiderna bör visa en mer alkalirik trend än den tidigare nämnda GDG-sviten, vilket framgår av diagrammet. GP-granitoiderna plottar generellt mer åt höger i diagrammet, vilket är förväntat (jfr geokemiska resultat från projekt Bergslagen, SGU opubl.).

Metavulkaniterna plottades i TAS-diagram (fig. 14a), men har även analyserats i diagram av Hughes (1973) för att påvisa en hydrotermal påverkan, dvs. natrium-, alternativt kaliumanrikning. Ett tiotal prover har uppvisat hydrotermal påverkan, vilket kommer att framgå på den reviderade berggrundskartan. För att verifiera metavulkaniternas tillhörighet plottades även bergarternas förhållande mellan Zr och Ti enligt modell av Hallberg, se fig. 14b). Av diagrammen framgår att tre analysprover av dacit enligt TAS-diagrammet, i Zr/Ti-diagrammet plottar som ryolit. Överensstämmelsen mellan diagrammen är i övrigt god. Framförallt framgår den stora dominans av ryoliter, som förekommer inom Falunområdet. Metadaciter har dock påvisats i delar av Ludvika kommun och även öster om Valsån i kartområdet 13F Falun.

Noranintrusionens bergarter och Gustafsporfyren (fig. 15) har plottats i ett QP-diagram enligt Debon & Lefort (1983). Noranintrusionen är av syenitisk sammansättning och Gustafsporfyren är alkaligranitisk.

Resultaten från gammastrålningsmätningarna av de felsiska vulkaniterna följer den karaktäristiska trend som gäller för dessa bergarter över hela Bergslagen. Figur 16 visar normerade strålningsintensiteter för de tre elementen kalium, uran och torium i ett triangeldiagram. Kalium varierar mycket kraftigt, motsvarande ca 1–6 % K, medan förhållandet mellan intensiteterna för uran och för torium är ca 1:2. De kemiska analyserna av bergarter som har mätts med gammaspektrometer visar att natriumhalten varierar omvänt i förhållande till kalium.

## **Tekniska analysresultat**

Bergarternas kvalitet varierar avsevärt inom projektområdet, med avseende på kulkvarnsvärde (FAS-metod 259-02), mikro-Devalvärde (Svensk Standard 1997) och LA-värde (European Standard 1998). Resultaten bör anses goda ur kvalitetssynpunkt, då ca 93 % av de analyserade proverna har ett kulkvarnsvärde bättre än 18 % och LA-värden som för de mesta är mindre än 30 % förlust. Ca 50 % av de provtagna bergarterna har kulkvarnsvärden som är bättre än 10 % i förlust (fig. 17). Stora delar av den provtagna berggrunden kan med andra ord klassificeras som ballast av "god kvalitet" för vägändamål (klass 1). Därför bedöms stora delar av berggrunden i Dalarnas län kunna användas för massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager.

Stora delar av övriga analyser (ca 40–45 %) har kulkvarnsvärdesförluster på 10–14 % av materialet. Även det får anses motsvara måttlig till bra kvalitet för ballast till förstärknings- och bärlager, men även för asfaltvägar där medeldygnstrafiken (ÅDT) inte är för hög.

Några bergartsprover visade dåliga tekniska egenskaper (fig. 18) och bör undvikas. Framför allt bör marmor (kristallin kalksten) undvikas för väg-, järnvägs- och betongändamål. Nedkrossningsgraden, dvs. förlusten av den undersökta provmängden, är alldeles för stor för att materialet skall kunna användas som ballast, oavsett infrastrukturellt ändamål.

Gammastrålningsegenskaperna har kunnat mätas för de flesta bergarter som har underkastats teknisk analys. Generellt kan sägas att bergarterna i projektområdet i få fall når de för byggnadsmaterial stipulerade gränsvärdena, dvs. radiumindex=1 och gammaindex=2. Som förväntat är det den så kallade GP-sviten som är undantaget. En sammanställning av mätresultaten återfinns i figurerna 19 och 20.

## **Bergarter**

Metavulkaniterna visar den största spridningen av de prover som analyserats för ballaständamål. Metaryolit har generellt högre LA-värde än metadacit och andesit till basalt. Merparten av vulkaniterna har dock kulkvarnsförluster <14 % och LA-värdesförluster <30 %. Variationer i mineralogi och kornstorlek, men

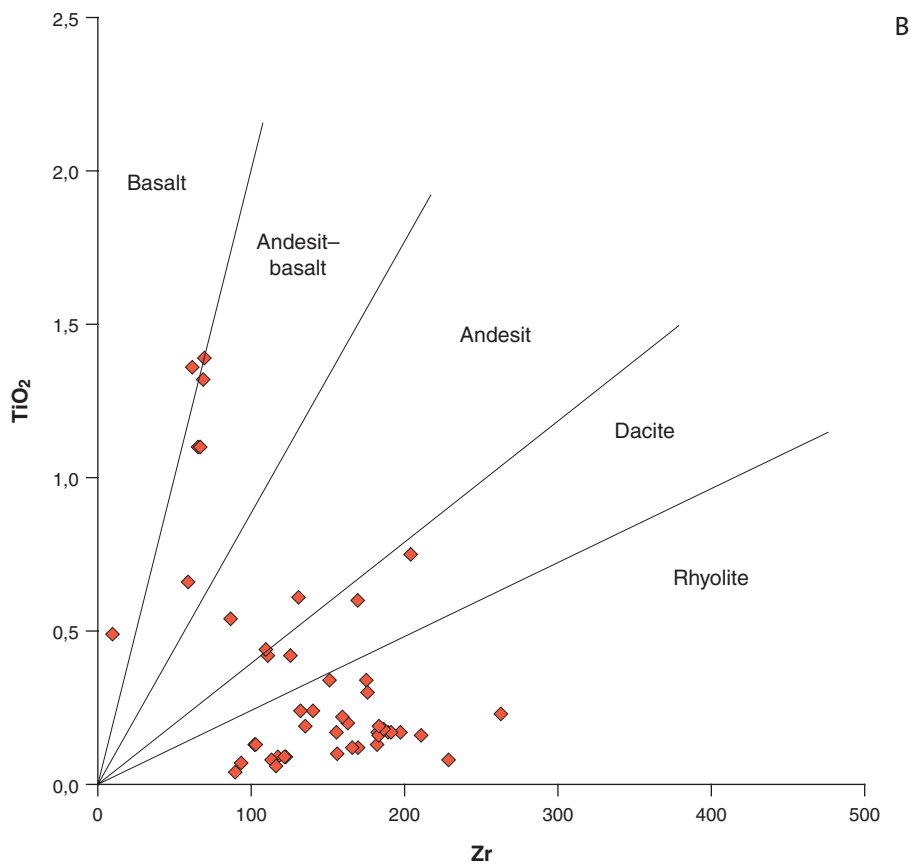
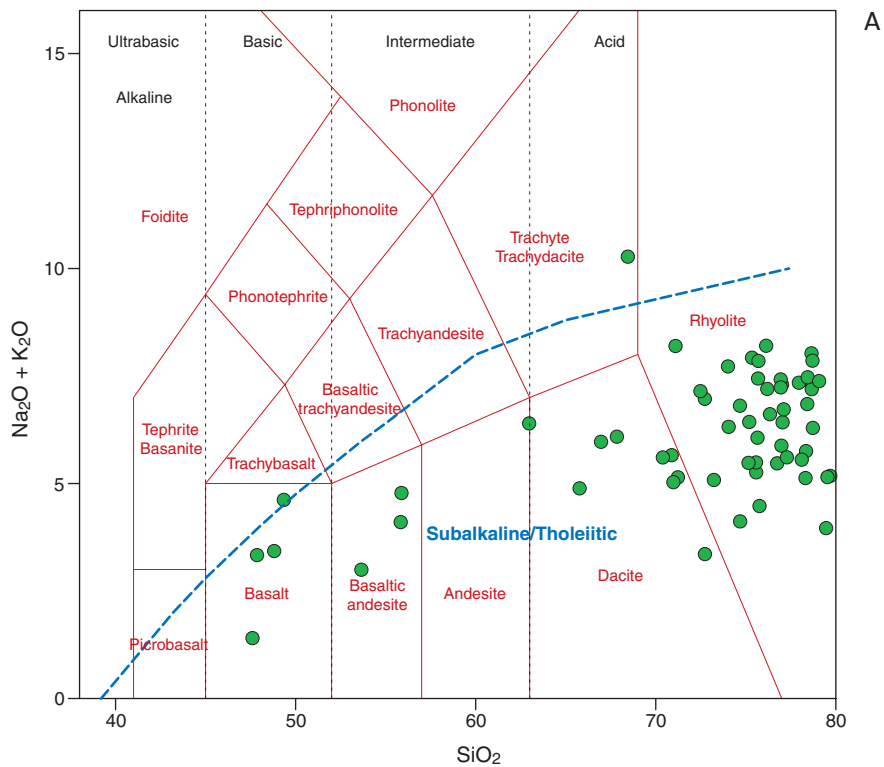


Fig. 14. Result av geokemiska analyser av metavulkaniter från kartområdet 13F Falun och delar av kartområdet 12F Ludvika.

A. TAS-diagram.

B.  $\text{Zr}/\text{TiO}_2$ -diagram enligt Hallberg (2003).

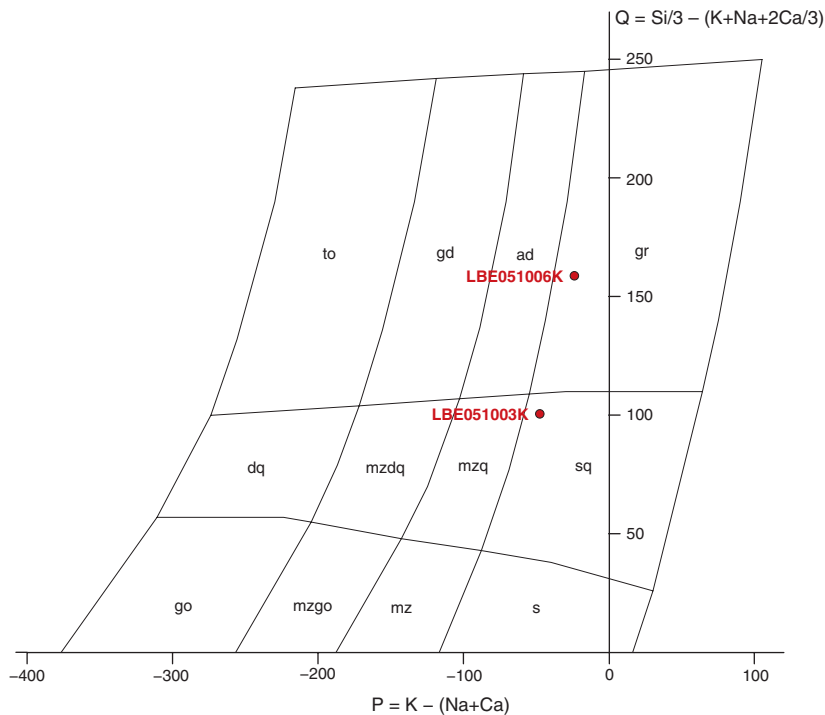


Fig. 15. QP-diagram enligt Debon & Lefort (1983). Resultat från geo-kemiska analyser av Gustafsporfyrr och Noranintrusionens bergarter. Kartområdet 13F Falun SV.

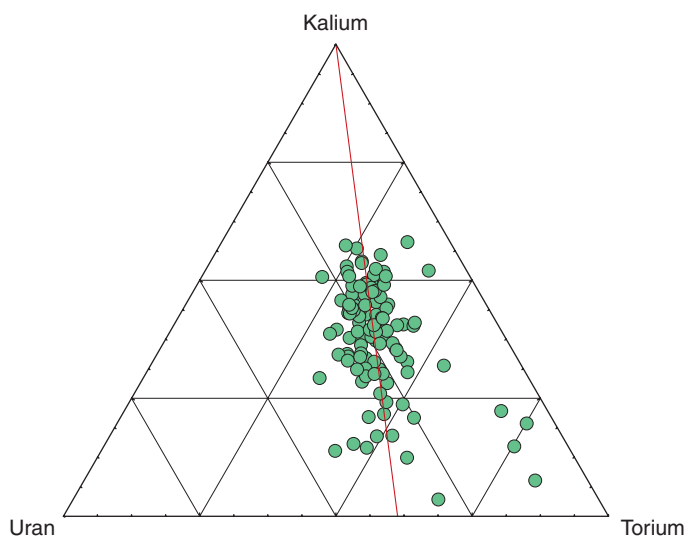


Fig. 16. Ternärt diagram som visar normaliserad strålning för kalium, uran och torium, i bergarter som inom projektområdet har klassificerats som felsiska metavulkaniter.

framför allt i grad av deformation är anledningen till den stora spridningen i diagrammet. Metavulkaniterna ger ställvis mycket goda resultat vid testning för ballaständamål, men problem med alkalisilikareaktivitet (ASR) kan uppstå när man använder bergarterna till betongframställning. Berggrunden är mycket heterogen i områden med vulkaniskt ursprung, och sulfidförande och glimmerrika partier skall uppmärksammas. Glimmerförande stråk är ställvis dominerande i vissa metavulkaniter.

Subvulkaniska, mycket finkorniga till finkorniga och strökornsförande, homogena bergarter är markerade på kartan. Det är svårt att avgöra om de är subvulkaniter eller avkylda randfaser av metagranitoider. De subvulkaniska intrusionerna är ur hållfasthetssynpunkt av mycket god kvalitet, i många fall med kulkvarns-värden <7 % och LA-värden vanligen <20 % förlust.

Endast två prover av metasedimentära bergarter analyserades. Ett av provresultaten från visar på relativt dålig kvalitet som ballast. Detta är förväntat, eftersom glimmerhalterna är höga på många ställen och berg-arten inte upplevs nötningsresistent i fält.

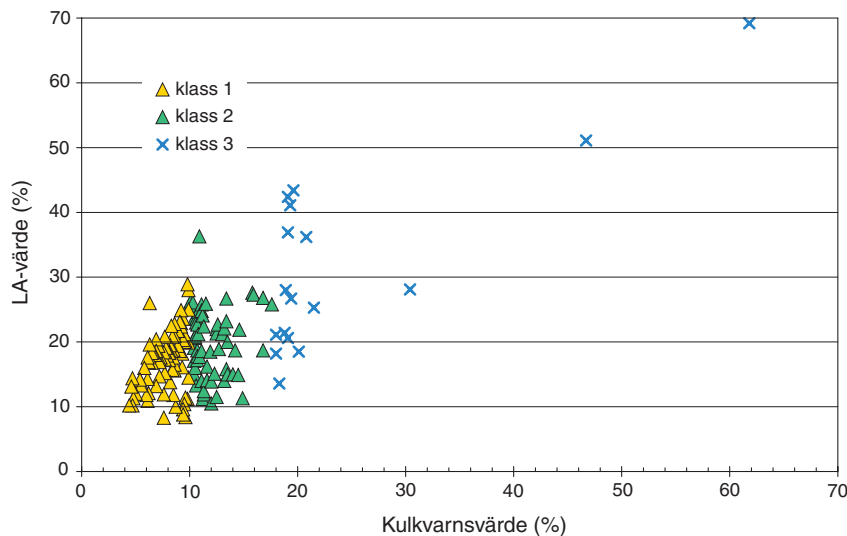


Fig. 17. Resultat från teknisk analys av bergartprover.

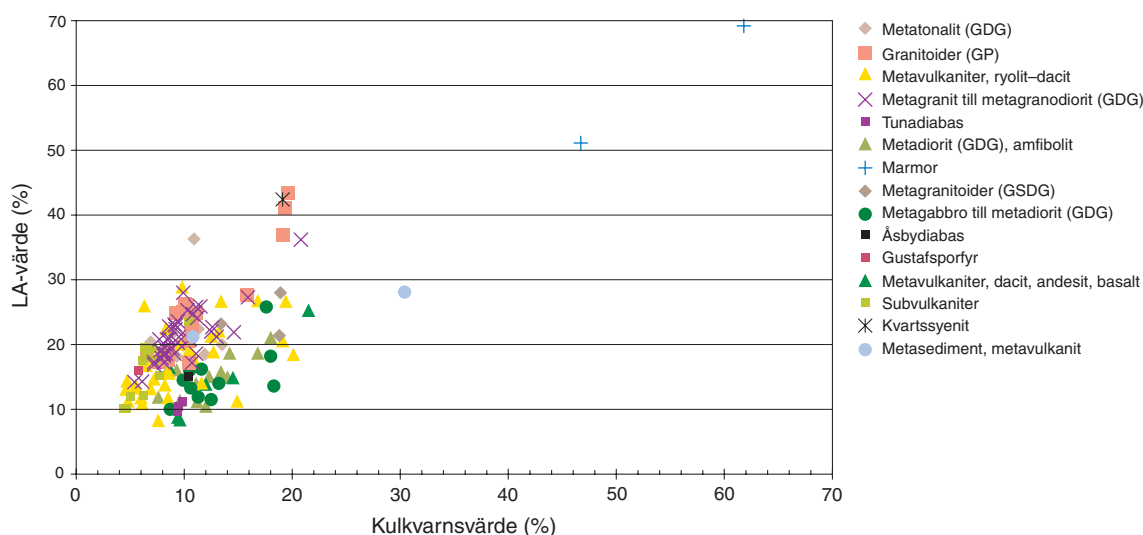


Fig. 18. Resultat från teknisk analys av bergartsprover. Uppdelning av resultaten enligt bergart.

Sämre resultat erhålls ställvis även av senorogena granitoider (GP), framför allt har de höga LA-värden. Detta orsakas av de mer porfyriska varieteterna av de provtagna bergarterna. De högre LA-värden som redovisats (fig. 21) kan även jämföras med porfyriska till mer grovkorniga inslag i övriga bergartssviter. GSDG-granitoiderna förefaller ha något sämre förutsättningar än flera andra bergartsviter, men de är också relativt grovporfyriska ställvis. Av totalt fyra analyser visar två bland annat >18 % i kulkvarnsförlust.

De flesta metatonaliter och -granitoider (GDG) har kulkvarnsvärden i intervallet 7–12 %. Metatonaliterna förefaller generellt ha något lägre LA-värden, vilket är förväntat eftersom kvartshalten är lägre i dem.

De metadioriter och -gabbror som har analyserats skiljer sig åt beträffande hållfasthetsegenskaperna. I kartområdet 12G Avesta uppträder grönsvarta till svarta, medelkorniga, ultramafiska till mafiska djupbergarter som ställvis är tydligt olivinförande och serpentinerade. De har betydligt sämre egenskaper än de vit-svart-gröna, fin- till medelkorniga kvartsdioriter och kvartsmonzoniter, som är mer hornbländerika och som har större utbredning i trakten av Falun–Borlänge. Amfiboliter av gångkaraktär som förekommer i metavulkaniska stråk har provtagits och räknas in i metadioritgruppen (fig. 13 b). De uppvisar stor spridning med avseende på hållfasthet (kulkvarnsvärde 10–19 %) och är därför svåra att klassificera.

Diabaser har provtagits på fyra lokaler, ett prov av Åsbydiabas samt tre prover av Tunadiabas. Proverna

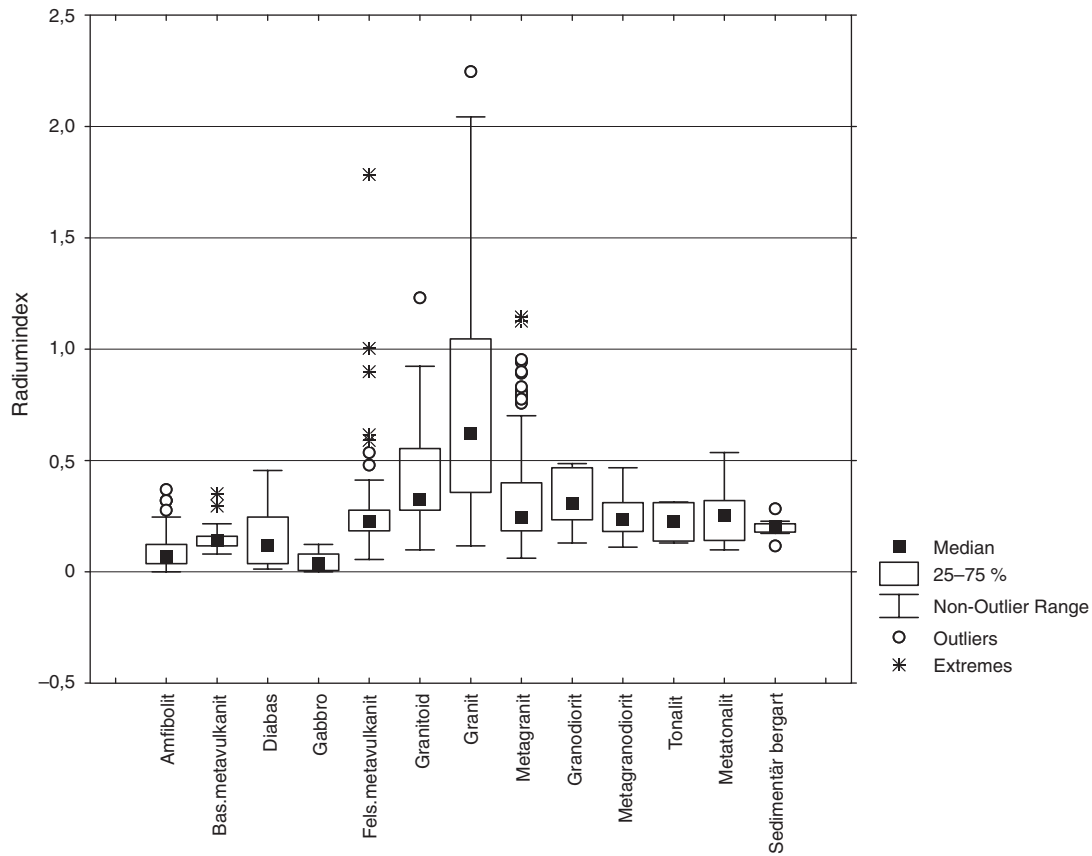


Fig. 19. Boxdiagram som visar radiumindexets variation och avvikelse från medianvärdet inom de olika bergartsgrupperna.

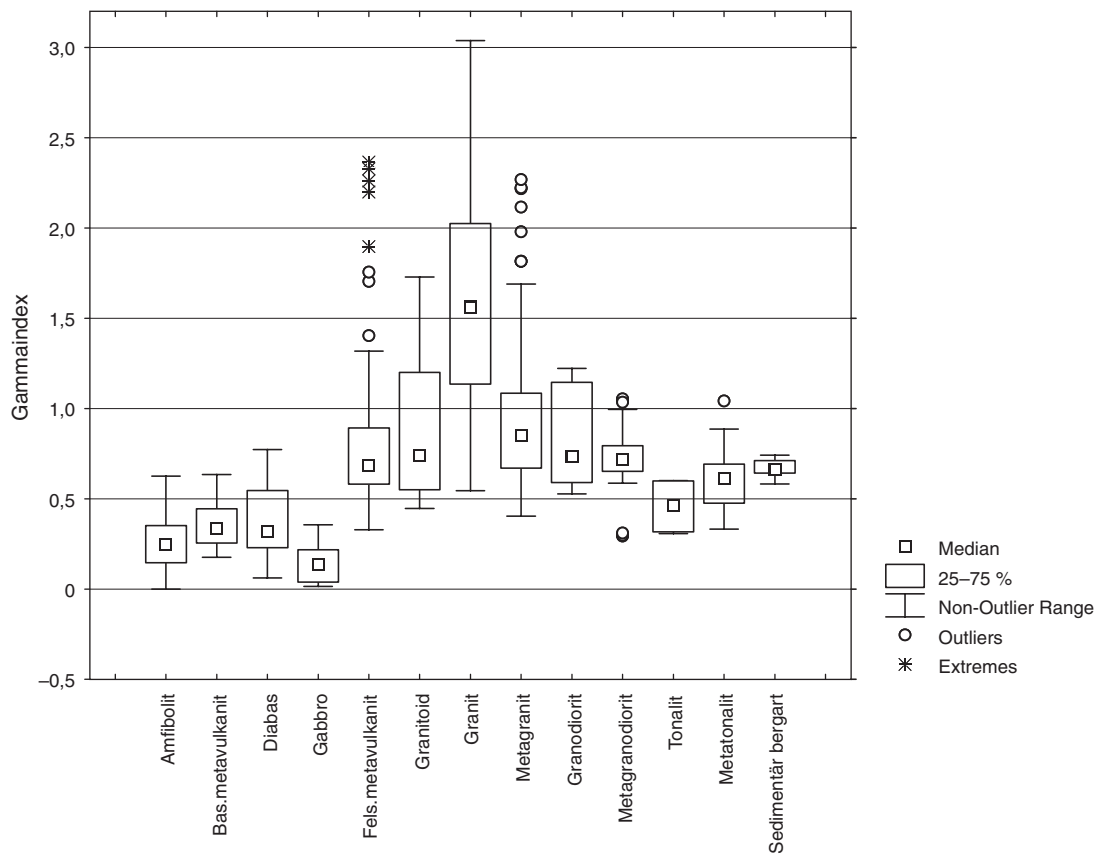


Fig. 20. Boxdiagram som visar gammaindexets variation och avvikelse från medianvärdet inom de olika bergartsgrupperna.

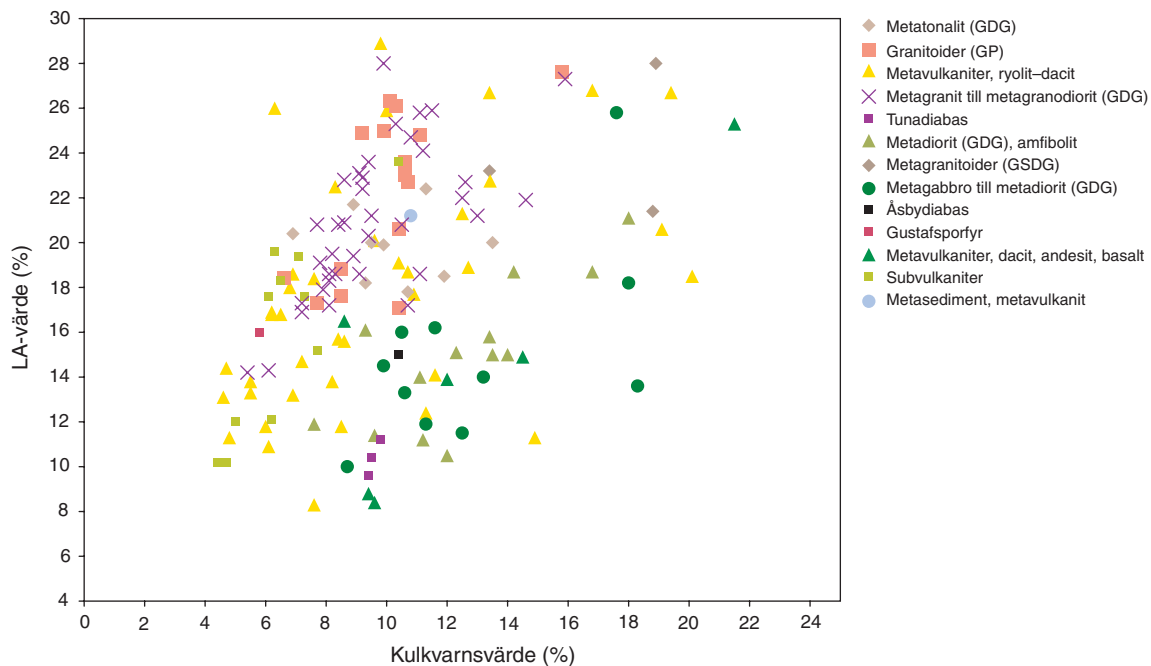


Fig. 21. Resultat från teknisk analys av bergartsprover. Uppdelning av resultaten enligt bergart. Samtliga analyser med LA-värde <30 och kulkvarnsvärde <25 är representerade.

visar på låg sprödhet och relativt låga kulkvarnsvärden (ca 9–11 % förlust), vilket antyder att bergarterna med gott resultat kan användas som ballast för de flesta järnvägs- och vägändamål.

### Revidering av tidigare berggrundskartor

I huvudsak utgörs de vulkaniska områdena i den reviderade kartbilden av finkorniga ryoliter och enstaka daciter. Omtolkningar av flera områden med ”fint medelkornig vulkanit” har gjorts. De större förändringarna i kartbilden beskrivs nedan.

1. Krestens (1987a, b, c, d) områden med sedimentära bergarter (blått på kartan) har tagits bort och ersatts med vulkanogena områden (gult på kartan). Enstaka ytor med blå färg har bevarats, motsvarande områden där man i fält ser mer finkorniga, glimmerförande stråk som är andalusit- och corderitförande, ställvis med tydliga strukturer som indikerar en mer djuphavsrelaterad miljö.
2. Enstaka ryolitiska inslag har reviderats till dacitiska efter kartering längs riksväg 50 (Bergkvist 2004), exempelvis söder om Tallen i (kartområdet 13F Falun SO).
3. Utbredningen av området kring Falu gruva som påverkats av hydrotermal omvandling har minskats efter kartering längs riksväg 50 (Bergkvist 2004).
4. Ett större område strax sydväst om Leksand, tidigare karterat som vulkanit (Kresten 1987d), har vid revideringen bedömts bestå av fint medelkornig, massformig till svagt folierad yngre granit. Området är inte helt klarlagt, då även äldre, folierade bergarter förekommer. Dock dominerar yngre granit i området.
5. Ett bälte av vulkaniter strax norr om Kuså gruva (Kresten 1987a) har likaledes reviderats till strökornsförande, fint medelkorniga, svagt folierade äldre granitoider. Detta område reviderades även i projekt Bergslagen (Stephens m.fl. 2001).

6. Nordost om Falun påträffades stora volymer av pegmatitgranit som på kartan (Kresten 1987a) är markerade som omvandlade sedimentära bergarter.

7. Norr om sjön Gimmen, väster om Borlänge, har bergarterna i ett mindre område omtolkats från vulkaniter till äldre, stängliga granitoider.

8. Vissa bergarter har också omtolkats till subvulkaniska, ytnära intrusioner med granitisk, jämnkornig textur (t.ex. väster och söder om Falun).

9. Den senorogena, porfyrisk granitoidintrusionen vid Borlänge (Kresten 1987a) har omtolkats i sin nordöstra del till metagranitoider och -kvartsmonzodioriter i GSDG-gruppen. En liknande mineralogi och deformation påträffas i bergarter sydost om Borlänge, varför enstaka lokaler, tidigare noterade som äldre metagranit (GDG), har omtolkats till GSDG-granitoid. GSDG-bergarter liknande de som observerats av Ripa & Kübler (2005) i kartområdet 12F Ludvika NV har identifierats på ytterligare lokaler några km nordost om de förra.

10. En tidigare markerad mylonitzon, strax väster om Rexasjön (kartområdet 13F Falun NV och SV), har omtolkats till en spröd deformationszon.

## Geofysik

År 2005 ägnades sammanlagt sex veckor åt geofysiskt fältarbete (två för geofysiker och fyra för extrapersonal). Under denna tid gjordes huvudsakligen uppföljning med gammastrålningsmätningar och bestämning av petrofysiska egenskaper vid provtagningslokalerna för bergkvalitet.

Under projektets gång har totalt 950 gammastrålningsmätningar (178 år 2005) utförts, fördelade på 353 lokaler (75 lokaler 2005). Bland dessa finns 150 provtagningslokaler för bergkvalitet. På de flesta mätlokaler har också prover för bestämning av petrofysiska egenskaper samlats in. Totalt omfattar leveransen till petrofysikdatabasen 335 uppgifter om petrofysiska egenskaper (77 prover år 2005).

Förutom uppföljningsarbete vid provtagningslokalerna för bergkvalitet gjordes också mer målinriktade undersökningar, t.ex. försöket att differentiera mellan pegmatitgranit och granit (båda GP) i de nordvästra delarna av projektområdet, men också deras utbredning i kartområdet 13F Falun NV. Tyvärr är det med hänsyn till petrofysiska egenskaper mycket små skillnader mellan dessa bergartstyper. Å andra sidan har gränsdragningen mot de äldre graniterna och metavulkaniterna i området i viss mån kunnat göras med hjälp av flygmätta strålningsdata. Svårigheterna ligger i att de mäktiga sedimentavlagringarna i Dalälvens dalgång avskärmar gammastrålningen. I kartområdesskarven 13F Falun SO mot 13G Hofors SV och 12G Avesta NV är graniternas kronologiska ordning något oklar, men geofysiska data pekar på att de granitoider som tidigare tolkats som serorogena snarare kan hänföras till en äldre generation (GDG). Bearbetningen av data är ännu inte slutförd.

## REFERENSER

- Allen, R.L., Lundström, I., Ripa, M., Simeonov, A. & Christofferson, H., 1996: Facies Analysis of a 1,9 Ga, continental margin, back-arc, felsic caldera province with diverse Zn-Pb-Ag- (-Cu-Au) sulfide and Fe oxide deposits, Bergslagen region, Sweden. *Economic geology* 91, 979–1008.
- Ambros, M., 1986: Berggrundskartan 12G Avesta NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 152*.
- Bergkvist, L., 2004: Undersökning av tillfälligt observerbara hällar utefter riksväg 50 mellan Borlänge och Falun i samband med anläggandet av en ny motorväg. *SGU-rapport 2004:25*.
- Bergman, S., Delin, H., Karis, L., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2002: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 110*, 10–38.

- Bergman, S., Delin, H., Kübler, L., Ripa, M., Söderman, J., 2003: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2002. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 112*, 10–27.
- Bromley-Challenor, M.D., 1988: The Falun Supracrustal Belt. Part 1: primary geochemical characteristics of proterozoic metavolcanics and granites. *Geologie en mijnbouw 67*, 239–253.
- Debon, F. & Le Fort, P., 1983: A chemical- mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences 73*, 135–149.
- Döse, M. & Kübler, L., 2004: Dalarna, bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 116*, 105–113.
- Döse, M. & Kübler, L., 2005: Dalarna, bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 124–140.
- European Standard 1998: EN 1097-2. Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation. *European Committee for Standardization*, 18 s.
- FAS-metod 259-02: Bestämning av kulkvarnsvärde. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- Hallberg, A., 2003: Styles of hydrothermal alteration and accompanying chemical changes in the Sängen formation, Bergslagen, Sweden, and adjacent areas. I M. Ripa (red.): *Economic Geology Research. Vol. 2, 2001–2002*. Uppsala 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 113*, 4–35.
- Hjelmqvist, S., 1966: Beskrivning till berggrundskarta över Kopparbergs län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 40*, 217 s.
- Hughes, C.J., 1973: Spilites, keratophyres and the igneous spectrum. *Geological Magazine 109*, 513–527.
- Kresten, P., Koark, H., Laufeld, S. & Sandwall, J., 1986: Falu gruvas geologi. *Sveriges geologiska undersökning*, 28 s.
- Kresten, P., 1987a: Berggrundskartan 13F Falun SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 18*.
- Kresten, P., 1987b: Berggrundskartan 13F Falun SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 17*.
- Kresten, P., 1987c: Berggrundskartan 13F Falun NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 16*.
- Kresten, P., 1987d: Berggrundskartan 13F Falun NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 15*.
- Lundström I., Persson, P.-O. & Ahl, M., 2002: Ages of post-tectonic dyke porphyries and breccias in Bergslagen, south-central Sweden. I S. Bergman (red.): Radiometric dating results 5. *Sveriges geologiska undersökning C 834*, 43–49.
- Patchett, P.J., 1978: Rb/Sr ages of Precambrian dolerites and syenites in southern and central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 747*, 1–63.
- Ripa, M. & Kübler, L., 2005: Berggrundskartan 12F Ludvika NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 30*.
- Stephens, M.B, Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Ripa, M., Wahlgren, C.-H. & Persson, L., 2001: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 63–74.
- Strömberg, A., 1996: Berggrundskartan 12 F Ludvika NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 174*.
- Svensk Standard, 1997: SS-EN 1097-1: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval). *Standardiseringen i Sverige*, 11 s.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A, 1977: Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology 20*, 325–343.
- Winkler, H.G.F, 1967: Petrogenesis of metamorphic rocks. *Springer-Verlag, N.Y*, 237 s

# Sundsvall, berg och bergkvalitet

Katarina P. Nilsson, Torbjörn Bergman, Ildikó Antal Lundin och Mats Wedmark

## PROJEKTBEKRVNING

Projekt "Sundsvall, berg och bergkvalitet" omfattar delar av Sundsvalls, Timrå och Härnösands kommuner (fig. 1). Syftet med projektet är att skapa lokala berggrunds- och bergkvalitetsdatabaser över området kring Sundsvall. Databaserna är avsedda att utgöra underlag för planering och resurshushållning för prospekteringsföretag och entreprenörer samt för kommuner, länsstyrelse m.fl. i Västernorrlands län. En berggrundskarta i skala 1:50 000 kommer att framställas över hela projektområdet, vilket motsvarar en yta på ca 1 620 km<sup>2</sup>. Dessutom kommer en tematisk bergkvalitetskarta, presenterad i skala 1:50 000, att visa ytor som klassificerats efter bergmaterialets användbarhet till t.ex. vägballast och betongproduktion. Bergkvalitetskartan kommer ej att innefatta Alnön.

Projektet startade 2005 och har under det första året inriktat sig enbart på berggrundskartering. År 2006 och 2007 kommer berggrundskartering och bergkvalitetsundersökningar att pågå parallellt. Projektet skall enligt planen avslutas år 2008. Under första året har följande personer deltagit i fältarbetet: Daniel Andersson (extrageolog), Mats Andersson (extrageofysiker), Ildikó Antal Lundin, Torbjörn Bergman, Peter Dahlin (extrageolog), Ilka von Dalwigk (extrageolog), Magnus Ekdahl (extrageolog), Katarina Nilsson, och Gunnar Rauséus (extrageolog).

Tidigare kartläggningar av berggrunden inom projektområdet har beskrivits av Lundqvist m.fl. (1990) vid den senaste länskarteringen av Västernorrlands län. Den beskrivningen innefattar bland annat den tidigaste berggrundskartan över Västernorrland som ingick i ett kartverk upprättat av Jacob Henrik af Fors-

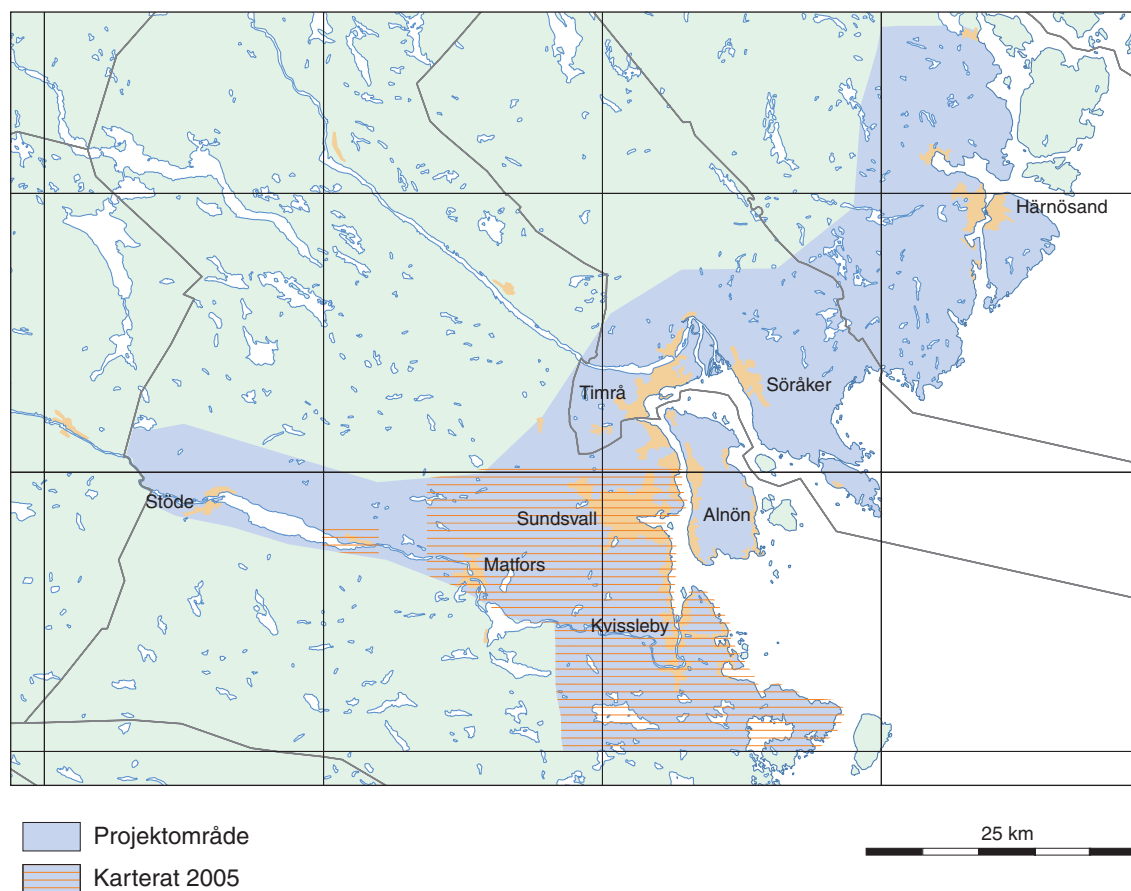


Fig. 1. Karta över projektområdet.

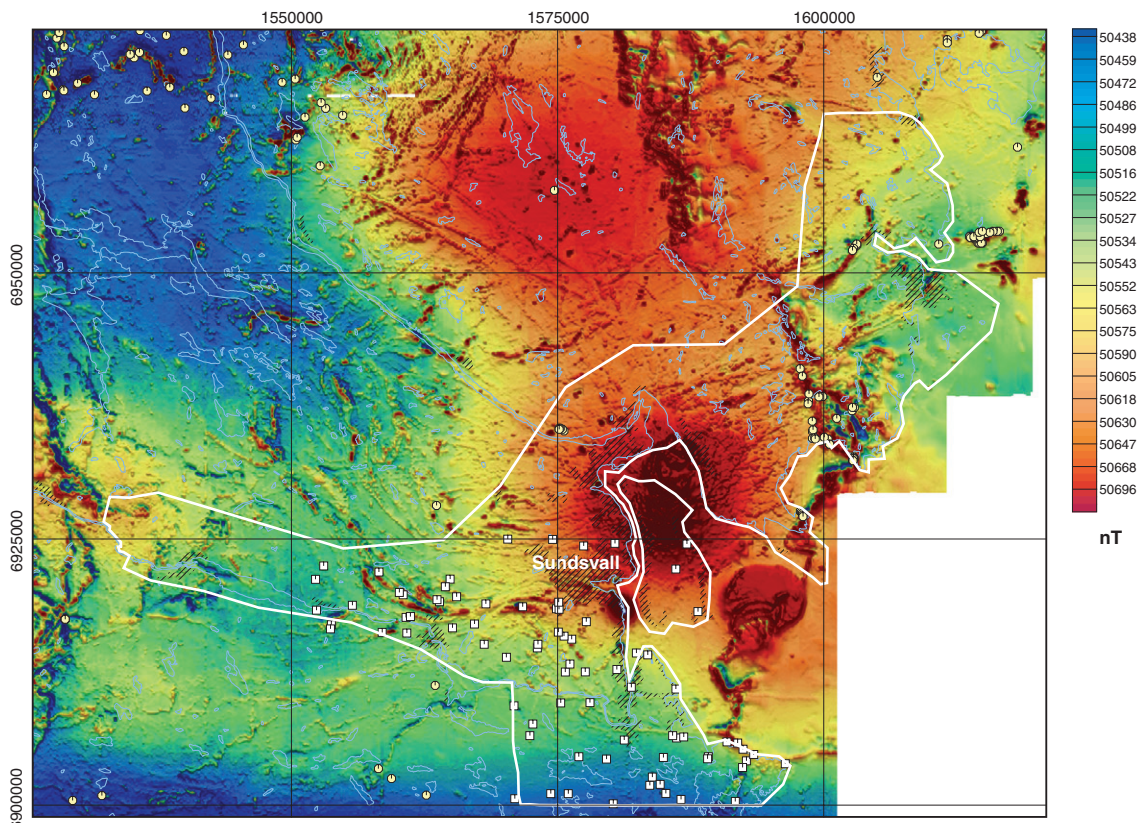


Fig. 2. Magnetisk anomalikarta. Projektområdet markerat med vit linje. Vita symboler visar läget för årets provtagning. Gula symboler visar läget för petrofysikprover.

selles (1855), den första länskartan över Västernorrland med beskrivning av Lundbohm (1899) i skala 1:500 000, von Eckermanns (1928) kartläggning längs Ostkustbanan mellan Gävle och Härnösand samt von Eckermanns (1948) monografi över Alnömassivet med tillhörande karta i skala 1:15 000. Von Eckermanns monografi omfattade också en detaljkarta över söviterna vid Båräng i skala 1:1 500 och en karta i skala 1:50 000 som visar förekomster av Alnögångar i Sundsvallstrakten. I en rapport från Statens industriverk (1980) finns en sammanställning av berggrund, malmer och mineraliseringar i Västernorrlands län. Sammanställningen gjordes av SGU på uppdrag och innefattar även berggrundskartor som dock är oreviderade versioner av den tidigare länskartan. I Lundqvist m.fl. (1990) presenterades även en specialkarta över Alnökomplexet i skala 1:10 000. Delar av Alnön, inklusive området runt Spikarna, finns även presenterade på en karta i skala 1:10 000 i ett arbete utfört av Andersson (1997).

Undersökningsområdet är täckt med moderna geofysiska flygmätningar. Mätningarna utfördes 1979, 1981, 1997 och 1998 i nord-sydlig och i ost-västlig riktning, med 200 meters linjeavstånd, 40 eller 16 meters punktavstånd och 30 eller 60 meters flyghöjd. Mätningarna omfattar jordmagnetiska fältets totalintensitet, markens naturliga gammastrålning och det elektromagnetiska fältet i VLF-området. Mätningar av VLF-fältet från 1997 och 1998 över Sundsvallsområdet har gjorts med två valda sändare. Det innebär att en signal som är oberoende av sändarens riktning erhålls. Utifrån VLF-data kan en karta över markens skenbara resistivitet framställas. Förutom flygmagnetisk information (fig. 2) har tyngdkraftsdata använts (fig. 3).

## Resultat från årets fältarbete

Under sommaren 2005 karterades en yta av ca 575 km<sup>2</sup> i projektområdets södra del under 64 personveckor. Figur 4 visar en preliminär sammanställning över berggrunden i området. Förutom berggrundsgeologiska observationer utfördes provtagning för geokemisk analys (32 prover) och för tunnslipsanalys (53 prover).

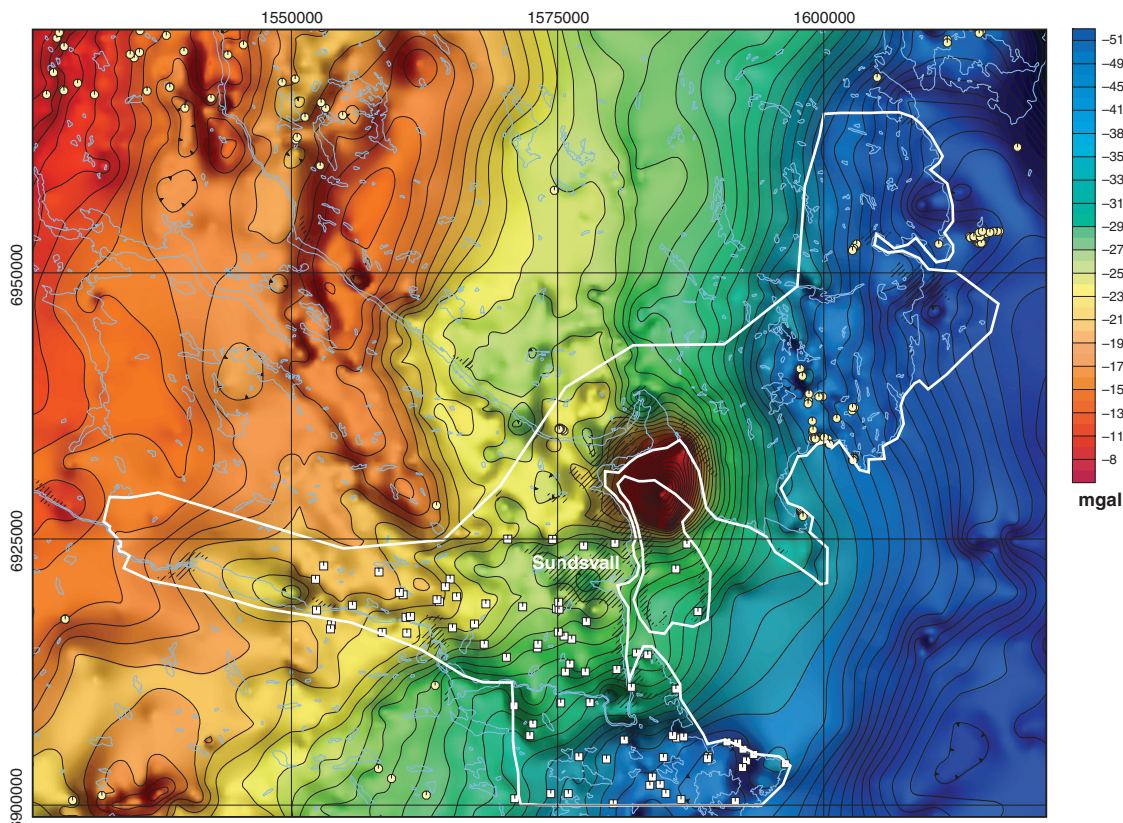


Fig. 3. Tyngdkraftsfältet uttryckt som Bougueranomalier. Projektområdet markerat med vit linje.

Det geofysiska fältarbetet omfattade totalt 6 veckor. Arbetet har bestått av anomaliuppföljning (magnetiska anomalier, tyngdkrafts- och gammastrålningsanomalier). Sammanlagt har 54 bergartsprover tagits för mätning av de magnetiska egenskaperna samt bestämning av densiteten. Gammastrålningsmätningar har utförts på 72 berghällar. Förutom sommarens spektrometermätningar finns det ca 40 spektrometermätningar utförda inom ramen för SGUs program "Markgeofysik, markradonundersökningar". Markmätning av det jordmagnetiska totalfältet har utförts längs 7 profiler och VLF-mätningar längs 4 profiler. Analys och sammanställning av insamlad geofysisk information kommer att göras 2006.

## BERGGRUNDSGEOLOGI

### Allmänt

Projektområdet ligger inom den så kallade bottniska bassängen, vilken till stor del utgörs av turbiditiska metagråvackor som intruderats av tidigorogena djupbergarter (Lundqvist m.fl. 1990). Bergarterna har sedan veckats och omvandlats under den svekokarelska orogenesisen. Metamorfofen har ägt rum under lågtrycks- och högtemperaturförhållanden och har resulterat i såväl stromatiska migmatiter, diatexitiska migmatiter som leukokratiska graniter (se nedan). Under orogenesisens slutskede intruderade de senorogena granitoiderna som inom projektområdet representeras av Härnögraniten och dess pegmatiter (Lundqvist m.fl. 1990, Lundqvist m.fl. 1998). Även anorogena granitoider har påverkat projektområdet. Till dessa hör rapakivgraniten på Rödön strax öster om projektområdet, och gångar av den återfinns bland annat vid Spikarna på Alnö (Andersson 1997). Yngst i området är Alnöintrusionens alkalina och karbonatitiska bergarter, vilka intruderade i övergången mellan neoproterozoisk och kambrisk tid (Lindström m.fl. 2000).

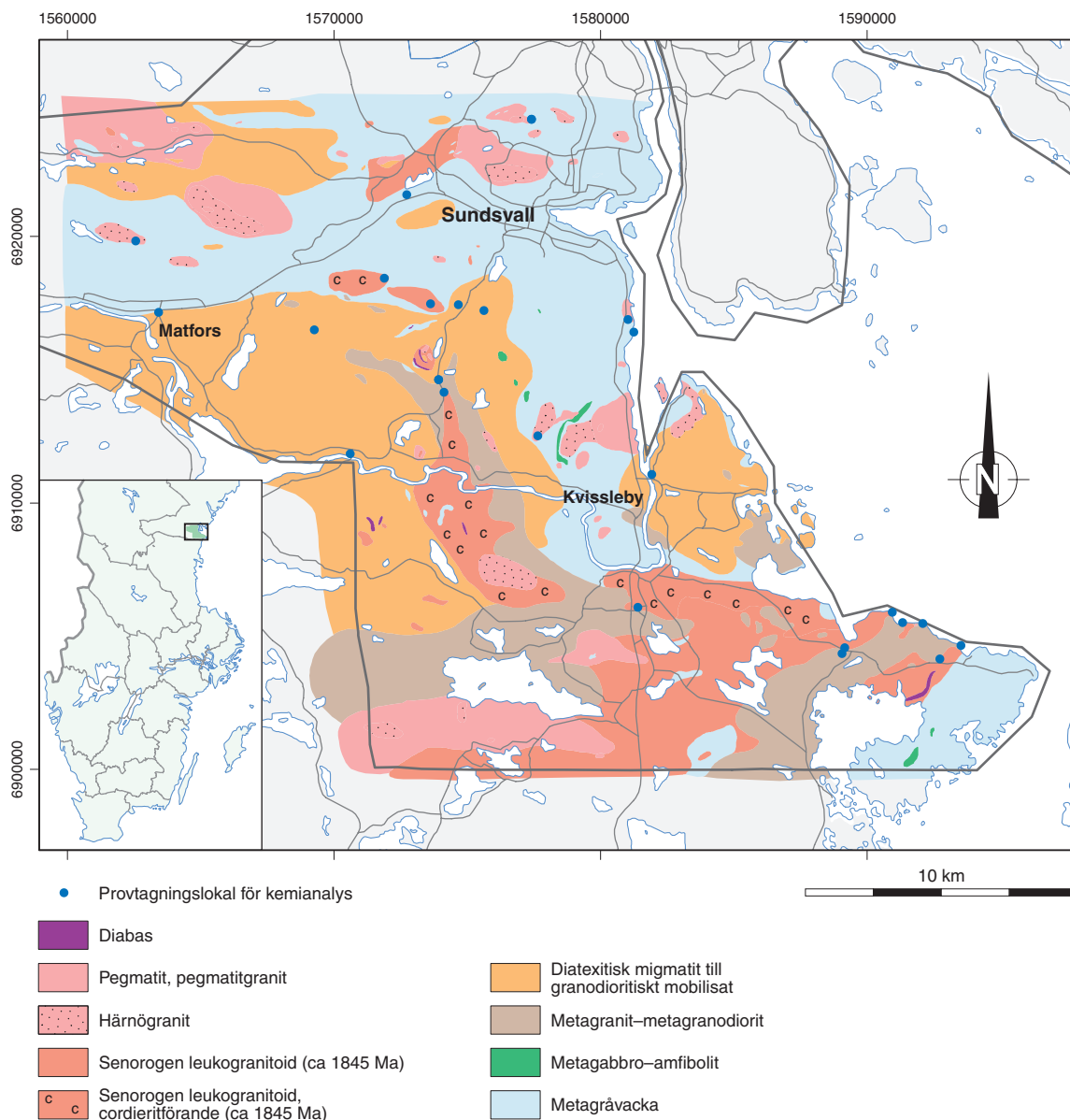


Fig. 4. Preliminär skiss över berggrunden i den södra delen av projektområdet.

## Ytbergarter

Ytbergarterna inom projektområdet utgörs till stor del av gråvackor i olika stadier av omvandling. I det under 2005 karterade området är gråvackan vanligen starkt ådrad, och metamorfa indikatormineral såsom granat är vanligt förekommande, både i leukosom och mesosom. Även sillimanit och cordierit har påträffats (fig. 5 a). Det finns dock partier där det går att urskilja primära drag såsom ursprungligen sandrikare respektive lerrikare lager. De lerrika lagren är underordnade och uppskattas utgöra ca 10–25 % av gråvackorna inom länet (Lundqvist m.fl. 1990). Enligt Lundqvist m.fl. (1990) finns områden där ursprungliga sedimentära drag är väl bevarade trots veckning och metamorfos, exempelvis i trakten av Härnösand.

Skarnlinser förekommer i gråvackorna och är mer eller mindre orienterade eller utdragna parallellt med skiktningen och foliationen. Linserna har tolkats som omvandlade karbonatkonkretioner av diagenetisk eller epigenetisk natur. Motsvarande förekomster finns även i omvandlade gråvackor, snarlika dem i Västernorrland, i trakten av Tammerfors–Hauhoområdet i södra Finland (Lehtonen 1968, Lundqvist m.fl. 1990).



Det finns indikationer på att åtminstone delar av gråvackeformationen har ett vulkaniskt ursprung (Lundqvist m.fl. 1990). Detta grundar sig på att det finns fältspatfragment som är fläckigt inhomogena och innehåller talrika små inneslutningar av främst kvarts och små antipertitiska inväxningar av mikroklin. Denna typ av fältspater uppträder normalt inte i djupbergarter, utan förmodas härröra från strökorn i vulkaniska bergarter som genomgått metamorfos (Lundqvist m.fl. 1990). Åldersbestämningar med samarium-neodym-metoden antyder att en viss del av materialet kan härröra från arkeisk berggrund (Miller m.fl. 1986, Claesson 1987, Huhma 1987, Welin 1987), men huvuddelen bör vara av proterozoisk ålder. En nyligen publicerad jonsondsanalys av detritiska zirkoner med sedimentärt ursprung från södra Norrland (Hudiksvall) indikerar två åldersintervall, ett tidigproterozoiskt i intervallet 2 120–1 900 miljoner år och ett arkeiskt i intervallet 3 310–2 490 miljoner år (Andersson m.fl. 2004).

Den magnetiska anomalikartan indikerar några bågformade, bandade positiva anomalier i ett område väster om Sundsvall (fig. 2). Fältkontroller där indikerar att anomalierna orsakas av magnetkisförande stråk i metagråvackor.

Ett fåtal finkorniga amfiboliter har påträffats under karteringen. Det är ännu oklart om de ursprungligen har bildats som basaltflöden eller som mindre intrusioner.

## Tidigorogena intrusivbergarter

De tidigorogena intrusivbergarterna i projektområdet domineras av metagranit och metagranodiorit, vilka påträffas främst i projektområdets södra del. Metagranitoiderna är vanligtvis grå till rödgrå, medelkorniga med få eller inga större strökorn, till skillnad mot den grovporfyriska så kallade Ljusdalsgraniten som finns söder om projektområdet. Där megakrister förekommer är de vanligtvis utdragna längst foliationsplanet. Xenoliter av metaarenit och metaargillit är vanligt förekommande. I likhet med de ovan nämnda ytbergarterna så har metagranitoider påverkats av veckning och regionalmetamorfos. Granitoiderna är vanligtvis omkristalliserade och uppvisar en tydlig gnejsig foliation (fig. 5 b) och/eller tydlig stänglighet. Granat förekommer allmänt och en del områden är kraftigt migmatitiserade. Leukokratisk, ojämnkornig neosom förekommer i varierande mängd, och i vissa områden dominerar det leukokratiska materialet. Sådana områden har skiljts ut på berggrundskartan som ”senorogena leukokratiska granitoider” (se nedan). Den kraftiga migmatitiseringen gör också att metagranitoiderna i vissa delar är svåra att särskilja från migmatitiserade metasedimentära bergarter. Metagabbro till metadiorit förekommer mycket sparsamt inom projektområdet, men har observerats nordväst om Kvissleby och på Björkönen (fig. 4).

Det finns ett flertal dateringar av tidigorogena intrusivbergarter från bottniska bassängen. Från två förekomster med granodiorit, norr om projektområdet (Husum och Seltjärn), har åldrar på ca 1 930 miljoner år rapporterats Lundqvist m.fl. (1998). Inom de lågmetamorfa delarna av bottniska bassängen finns dateringar inom intervallet 1 870–1 880 miljoner år (Claesson & Lundqvist 1990, 1995, Lundqvist m.fl. 1990, Welin m.fl. 1993), och från ”Ljusdalsgraniten” i regionen söder om projektområdet finns dateringar inom intervallet 1 867–1 843 miljoner år (Delin 1993, 1996, Welin m.fl. 1993, Delin & Aaro 1992, 1994, Delin & Persson 1999). Däremot finns det få publicerade dateringar av de tidigorogena intrusivbergarterna inom projektområdet. Av ovan nämnda dateringar ligger endast en inom projektområdet och gav en ålder på  $1\,867 \pm 5$  miljoner år (Welin m.fl. 1993). En datering av en granitoid från trakten strax öster om Njurunda (Welin m.fl. 1993) har ifrågasatts. Den gav en ålder på 2 030 miljoner år och har tolkats som en blandålder, eftersom dess kemiska och modala sammansättning tyder på en inblandning av zirkoner med sedimentärt ursprung (Lundqvist m.fl. 1998).

---

Fig. 5. Fotografier av bergarter från södra delen av projektområdet karterat 2005. Koordinater i rikets nät. **A.** Cordierit i sedimentådergnejs. Våghäll på västra sidan av E4:an, strax norr om Dingersjö (6908687/1581380). **B.** Ådrad och gnejsig metagranodiorit på udde mellan Junibosand och Norrviksand (6904924/1593108). **C.** Kontakt mellan gång av granodioritiskt mobilisat och ådrade metasedimentära bergarter vid Lörudden (6903645/1596440). **D.** Leukokratisk senorogen metagranit med mörkare fläckar av mer eller mindre omvandlad cordierit. Våghäll vid E4:an, norr om viadukten vid Njurunda kyrka (6906090/1581404). **E.** Xenoliter av metagranitoid i yngre, leukokratisk granit vid Rotvik (6904470/1584935). **F.** Ljust grå, fint medelkornig och jämnkornig Härnögranit. Degelberget, norr om Matfors (6921464/1565379). **G.** Porfyrisk vulkanit associerad med Rödöintrusionen, söder om Sundsvall (6918829/1579188). **H.** Plastisk, mer än tre meter bred, sinistral (vänstervriden) skjuvzon i diatexitisk migmatit. Österdälje, nordost om Långsjön. Skjuvzonen är brant stupande och har en ostnordostlig strykning (1568562/6916817).

## Migmatiter och senorogena leukokratiska granitoider

I den södra delen av projektområdet har metagråvackorna såväl som de tidigorogena intrusivbergarterna migmatitiserats i olika grad och uppvisar variationer, alltifrån partier med enstaka leukosomer till områden där endast diffusa rester av den ursprungliga bergarten finns kvar. Områden med en hög grad av migmatitisering, och där huvuddelen av området har undergått diatexis, till områden med regelrätta mobilisat är markerade på kartan som ”diatexitisk migmatit till granodioritiskt mobilisat” (fig. 4). Med diatexis menas här ett långtgående stadium av anatexis där även de mörka mineralen ingår i smältan, men där smältan ännu ej har förflyttat sig från sin ”ursprungsplats” (Wimmenauer & Bryhni 2002). De partier som enligt fältbedömningen är mobilisat klipper tydligt den äldre foliationen och förekommer även som klippande gångar (fig. 5c). Det är ännu oklart om de större områden som är markerade som diatexitiska migmatiter och granodioritiska mobilisat i figur 4 endast har ett sedimentärt ursprung, eller om även migmatitiserade metagranitoider är involverade. Generellt är de diatexitiska migmatiterna och de granodioritiska mobilisaten mörkt grå, biotitrika bergarter. De är massformiga till starkt folierade, vilket troligen speglar deras rumsliga förhållanden till veckning och skjuvning under deformationen. Fältspatmegakrister är vanliga vilket ger bergarten ett något porfyriskt utseende. Granat förekommer frekvent och även cordierit har observerats. Inneslutningar av metasedimentära bergarter förekommer allmänt. En datering av en granodioritisk, diatexitisk migmatit vid Nedansjö ger en metamorf ålder på  $1861 \pm 2$  miljoner år (Högdahl m.fl. 2006).

De områden som är markerade som ”senorogena leukogranitoider” på kartan (fig. 4) representerar en i regel leukokratisk, ljust grå till gråröd metagranit till metagranodiorit. I norra delen av detta område förekommer upp till 2–3 cm stora mörka biotitfläckar (pseudomorfer) av till synes helt eller delvis omvandlad cordierit i granitoiden (fig. 5d). Även granat förekommer. Granitoiden uppvisar alltifrån svag till stark foliation. Den är medelkornig och ställvis något småporfyrisk med enstaka, ca 1 cm stora mikroklinögon. Stråkvävs är bergarten mycket kraftig folierad och i dessa vanligtvis metervida zoner är graniten generellt mer mörkfärgad och biotitstrimmigheten tydligare. I de starkast deformerade zonerna är ögonen utdragna. Sådana partier är mycket svåra att särskilja från de tidigorogena metagranitoiderna. Granat och xenoliter av metagråvacka är vanligt förekommande. Den ovan beskrivna granitoiden har tidigare daterats till en ålder av 2 030 miljoner år strax öster om Njurunda (Welin m.fl. 1993) och räknades då till de tidigorogena granitoiderna (se ovan). Den åldern representerar troligen detritiska zirkoner som granitmagman fört med sig från den omgivande metagråvackan. En ännu ej publicerad åldersbestämning från samma lokal indikerar en ålder på ca  $1845 \pm 12$  miljoner år (K. Högdahl, muntligt medd. 2005). Vid Rotvik, öster om Njurunda, syns det tydligt att den daterade bergarten är intrusiv i den tidigorogena granitoiden, genom att xenoliter av metagranitoiden förekommer i den yngre, leukokratiska graniten (fig. 5e).

## Härnögranit med associerad pegmatitgranit

Till de senorogena granitoiderna hör även Härnögranit. Termen Härnögranit infördes ursprungligen för att beteckna muskovitförande graniter i centrala Norrland (Magnusson 1949), men kom under den senaste länskarteringen (Lundqvist m.fl. 1990) även att innefatta de biotitdominerade graniter som tidsmässigt och geografiskt är nära associerade med de muskovitdominerade. Härnögraniterna, enligt den vidare benämningen, har stor spridning i form av större och mindre kroppar i den södra delen av botteniska bassängen. En monazitdatering av Härnögranit från projektområdet (Tallstugan) gav en ålder på  $1822 \pm 5$  miljoner år (Claesson & Lundqvist 1995).

I det under sommaren karterade området dominerar en fint medelkornig, ljust grå och jämnkornig Härnögranit (fig. 5f). Ställvis förekommer även porfyrisk varieteter med strökorn av mikroklin. Granater är vanligt förekommande. Ett större massiv med grovporfyrisk Härnögranit återfinns vid Klampenborgs naturreservat, strax nordost om Kvissleby i projektområdets sydöstra del. Foliation och stänglighet förekommer men är vanligtvis otydliga. I den grovporfyrisk Härnögraniten vid Klampenborg är mikroklinögonen parallellställda. Liknande strukturer från exempelvis Tallåsberget nordväst om Degersjön (20H Junsele NV) har i tidigare tolkats som flytstrukturer (Lundqvist m.fl. 1990).

Till skillnad från de äldre granitoiderna är Härnögraniterna vanligtvis associerade med pegmatit, vilket tyder på att magmorna varit rika på lättflyktiga ämnen. Både Härnögraniterna och med dem associerad peg-

matit är i många fall granatförande och rika på inneslutningar av äldre bergarter, främst metagråvacka. I fält har sillimanit och svart turmalin observerats i pegmatitkropparna. Lundqvist m.fl. (1990) antyder, med hänvisning till fältrelationer, att dessa yngre graniter troligen är bildade genom smältning av främst gråvackor i djupare delar av jordskorpan. Även geokemiska data och isotopkemiska data indikerar att Härnögraniten är en så kallad S-granit (Lundqvist m.fl. 1990, Claesson & Lundqvist 1995).

## Rödöintrusionen med associerade gångar

Rödöintrusionen tillhör ett av de mindre rapakivikomplexen med en yta av ca 12×7 km (Andersson 1997) och är enligt finsk rapakiviterminologi en Wiborgit. Gångar som är associerade med Rödöintrusionen finns blottade vid Alnöns sydöstra udde (Spikarna). Rödögraniten tillhör de anorogena intrusionerna och har daterats till 1 497±6 miljoner år (Andersson 1997) och 1 513±5 miljoner år (Welin 1994). Området runt Spikarna har ännu ej karterats inom projektet. Mindre kroppar av så kallad granitporfyr som hör samman med Rödögraniten har påträffats under karteringen. En av dessa finns söder om Sundsvall och består av en rödgrå, kvarts- och fältspatsporfyrisk bergart med finkornigt matrix (fig. 5g). Kropparna av granitporfyryr är för små för att visas på kartan i denna rapport (fig. 4).

Rödöintrusionen framgår tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 2) som en rund, positiv anomali med ca 8 km i diameter. Större delen av intrusionen ligger under vatten. Av anomalimönstret framgår att den består av flera intrusionsfaser. Den del som går i dagen på Rödön har även förhöjda kalium- och toriumvärden, vilket framgår på gammaindexkartan (fig. 6).

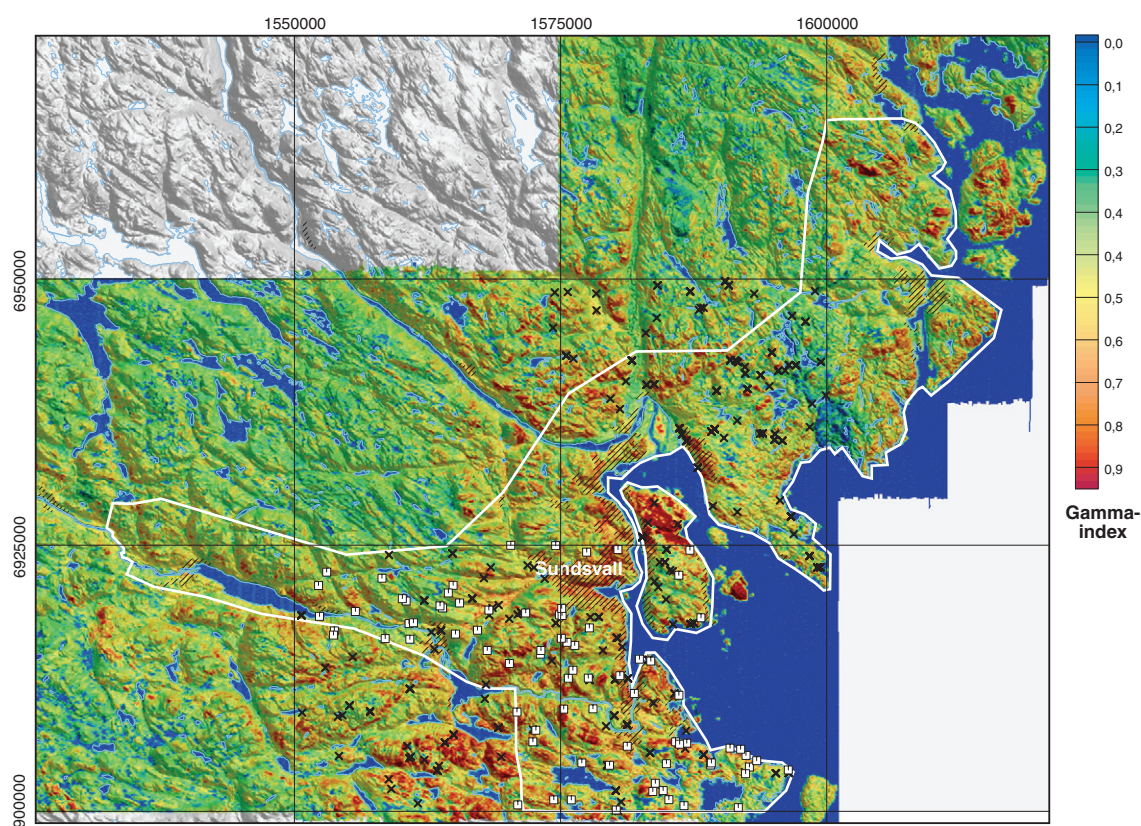


Fig. 6. Gammaindexkarta över undersökningsområdet beräknad från flygmätning. Vita symboler visar läget för spektrometermätningar på berghällar 2005. Svarta symboler visar läget för spektrometermätningar utförda på berghällar och i jord 1998.

## Diabas

Ett fåtal större diabasgångar har observerats under den pågående karteringen. Diabasen är massformig, övervägande finkornig och uppvisar på ett flertal ställen ofitisk textur. Pelarförklyftningsstrukturer som är ca 1 meter höga har observerats. Enligt observationer i fält dominerar två strykningensriktningar, ostnordost och nordnordväst. Gångarnas stupning varierar från flackt, näst intill horisontellt stupande, till helt vertikal. Inneslutningar av sidoberget förekommer.

I de södra och östra delarna av projektområdet framträder några negativa magnetiska anomalier som orsakas av flackt liggande diabasgångar. Deras signatur ändras längre norrut, antagligen på grund av att deras stupning ändrar riktning. I SGUs petrofysiska databas finns uppgifter om riktningen på diabasernas remanenta magnetisering, och de visar att den är uppåtriktad, dvs. inklinationen är negativ (deklinations ca 45°, inklinations ca 40°). Riktningen överensstämmer bra med riktningar som erhållits för posttjotniska diabaser i arbeten av Piper (1979) och Elming & Mattson (2001). Genom att studera den magnetiska susceptibilitetens anisotropi (AMS) och paleomagnetismen har Mattsson och Elming (2003) kommit fram till att diabasmagmornas flödesriktning har varit från nordväst mot sydost.

Förutom de flackt liggande diabaserna förekommer talrika magnetiska anomalier som antyder en förekomst av brantstående gångsvärmar med nordvästlig, ost–västlig respektive nordostlig riktning. Vissa av dem hör antagligen till Alnöintrusionen.

## Alnöintrusionen

Alnökomplexet med sina alkaliska och karbonatitiska bergarter, består av en på Alnön belägen huvudintrusion och fyra mindre satellitintrusioner (Söråker, Sälskär, Långharsholmen och Båräng), varav alla utom en återfinns på land (Kresten 1976, Lundqvist m.fl. 1990). Gångar som är associerade med Alnökomplexet finns dessutom i ett stort område kring Sundsvall. Fenitisering förekommer i omgivande värdbergarter (Morgan 1988). Dateringar av komplexet har gett åldrar i intervallet 545–605 miljoner år (Welin m.fl. 1972, Kresten m.fl. 1977, Brueckner & Rex 1980, Andersen 1996).

Alnöintrusionen tillhör ett av de mest studerade geologiska objekten i Sverige och redan 1895 beskrev A.G. Högbom Alnöområdets karbonatiter. De mest omfattande beskrivande arbetena utfördes av Harry von Eckermann (1948), vilket resulterade i en numera klassisk monografi. Efter von Eckermanns insatser har omfattande arbeten gällande Alnöns bergarter och mineral utförts av Peter Kresten. En sammanställning av dessa arbeten presenteras i beskrivningen till berggrundskartan över Västernorrlands län (Lundqvist m.fl. 1990). Till de senare studierna av Alnön hör Morgan & Lindholm (1995) och Hode Vuorinen (2005). I den förra behandlas genesen av de alkaliska och kalkitförande bergarterna på Långharsholmen, och i den senare presenteras resultaten av geokemiska analyser och isotopstudier (Nd-Sr-Pb). Analyserna gjordes med avsikt att utreda den genetiska relationen mellan de olika bergarterna och att uppskatta inslagen av mantelmaterial och krustalt material under bildningsprocessen av komplexet.

Under sommarens kartering har ett fåtal karbonatitgångar och Alnöitgångar påträffats.

De karbonatitgångar som observerats är starkt påverkade av vittring och har en ljus vittringsyta. Gångarna är grågröna på färsk yta och täta till finkorniga. De alnöitgångar som påträffats är mörkfärgade, finkorniga till fint medelkorniga och har megakrister av pyroxen och amfibol.

Alnöintrusionen ger tillsammans med Rödöintrusionen upphov till områdets mest framträdande magnetiska anomali (fig. 2). Alnöintrusionen ger även upphov till ett massöverskott och framträder som en positiv tyngdkraftsanomali (fig. 3).

## Deformation, strukturer och metamorfos

Längs den norra kanten av Ljusdalsbatoliten, strax söder om projektområdet, till fjällranden i väster sträcker sig den så kallade Hasselazonen, som har tolkats som en geologisk terränggräns, relaterad till en ca 1 850 miljoner år gammal subduktionszon (Ljusdalsgranitens ålder, Korja & Heikkinen 2005). Den ca 15 km breda, krustala deformationszonen har en brant stupning mot söder till sydväst (Högdahl & Sjöström 2001,

Korja & Heikkinen 2005), en dominerande dextral kinematik och en vanligen flack sträckningslineation (Högdahl & Sjöström 2001). Enligt dateringar av Hasselazonen pågick plastisk skjuvaktivitet inom åldersintervall 1 816–1 794 miljoner år (Högdahl & Sjöström 2001, Högdahl m.fl. 2001).

Norr om Hasselazonen och in i projektområdet finns ett bälte av migmatitiserade tidigorogena granitoider (Lundqvist m.fl. 1990, Stephens m.fl. 1994) och metasedimentära bergarter. Lokalt har metamorfosgraden uppnått granulitfacies (Bergman m.fl. 2004). Leukosombildning och förekomst av metamorfa mineral såsom granat, sillimanit och cordierit är vanligt i den under sommaren karterade södra delen av projektområdet. Liknande förhållanden har rapporterats från kartområdet 16H Bergsjö (Bergman m.fl. 2005).

Längs Ljungans dalgång finns ett större lineament, vilket anges som en sprickzon på berggrundskartan över Västernorrlands län (Lundqvist m.fl. 1990). Samma karta antyder att zonen utgör ett strukturellt brott, med ett nordvästligt strukturmönster norr om zonen och ett nordöstligt söder om zonen. Den magnetiska anomalikartan antyder att denna zon ursprungligen varit av plastisk karaktär och har en skenbart sinistral kinematik norr om Matfors, där den svänger mot nordost (fig. 2). Det är oklart vilken koppling zonen har till en annan zon som slår igenom Hasselazonen och den norra kanten av ljusdalsbatoliten i samma nordostliga riktning. Den senare zonen är karakteriserad av myloniter som daterats till  $1796 \pm 3$  miljoner år (Högdahl 2000). I förlängningen av den har ett antal plastiska skjuvzoner observerats under sommarens kartering, vilka möjligen kan tillhöra samma system (fig. 5 h).

De äldre bergarterna inom projektområdet är storskaligt veckade och har en vanligtvis tydlig foliation eller stänglighet. Den tidigare länskarteringen beskriver två veckfaser inom projektområdet (Lundqvist m.fl. 1990). Enligt denna modell har de ursprungligen horisontellt avlagrade gråvackorna pressats samman i ost-västlig riktning i en första veckfas (F1), med bildning av nord-sydliga, isoklinala veck med flacka axlar och branta axialplan som resultat. I en andra veckfas (F2), under nord-sydlig kompression, omställs de tidigare strukturerna till ost-västliga lägen, samtidigt som den branta lagerställningen stjälpas över och bildar flacka, mot öster stupande veckaxlar. I migmatit- och gnejsområdet i den södra delen av projektområdet har den senare veckfasen observerats. Isoklinala omböjningar av gnejsigheten och ådringen är vanligt förekommande där.

Både veckaxlar och stängligheter stupar i huvudsak  $5-50^\circ$  mot SSO-ONO (fig. 7 a, b). En del lineationer med avvikande riktning är skjuvrelaterade sträckningslineationer, avgränsade till plastiska skjuvzoner. Foliationens strykning varierar markant och såväl brant som flackt stupande foliationer har mätts i fält. Dock dominerar ost-västliga foliationsstrykningar (fig. 7 c) och de är storskaligt veckade längs flackt mot öster stupande veckaxlar (jämför fig. 7 b, c). Ett flertal plastiska skjuvzoner har observerats i fält. Dessa skjuvzoner har en dominerande nordöstlig till ostnordöstlig strykning (fig. 7 d).

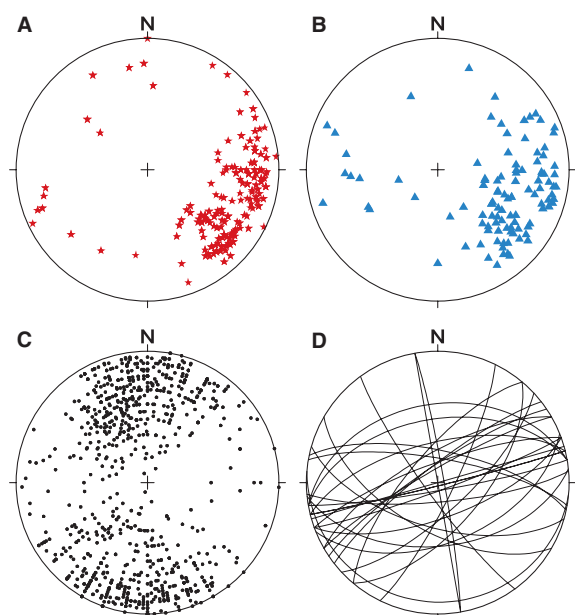


Fig. 7. Strukturmätningar från södra delen av projektområdet. Strukturerna är plottade på Schmidtnät, undre hemisfären. A. Lineationer. B. Veckaxlar. C. Poler till foliationer. D. Plastiska skjuvzoner.

## Malmmineral, industrimineral och bergtäkter

Endast en känd mineralisering ligger inom det område som karterats under 2005. Det är en järnsulfidfyndighet vid Allstakullarna, nordväst om Kvissleby, bestående av två mindre skärpningar i en amfibolitlagring i metagråvacka. Magnetkis, svavelkis, kopparkis och grafit är påvisade sedan tidigare (Lundqvist m.fl. 1990). Ytterligare dokumentation av fyndigheten planeras till kommande fältsäsong.

Det finns ett fåtal små, nedlagda stenbrott i så kallad granitporfyr (sambörig med Rödöns rapakivigranit). Två av dem ligger strax söder om Sundsvall och har använts för tillverkning av gatsten (Lundbohm 1899, Lundqvist m.fl. 1990). Ett mindre stenbrott norr om Sundsvall kan möjligen ha använts till samma ändamål (Lundqvist m.fl. 1990).

Metagråvacka är huvudbergarten i de flesta bergtäkterna i Sundsvallsområdet. Täkterna kommer att besökas i samband med starten av bergkvalitetsundersökningarna år 2006. På uppdrag av länsstyrelsen i Västernorrlands län utfördes en inventering av lämpliga bergarter för produktion av krossberg i Sundsvalls, Timrå och Härnösands kommuner. Resultatet av denna inventering finns presenterat i rapportform (Persson 1992).

På den magnetiska anomalikartan (fig. 2) förekommer talrika punktformade, starkt positiva anomalier som har varit föremål för diamantprospektering (Sundberg 2003). Borrning på anomalierna visar att de orsakas av vulkanrör bestående av en fragmentförande basisk bergart, melnoit (Sjöberg 2004).

## Beviljade SGU-finansierade forskningsprojekt som berör projektområdet

1. Relationen mellan smältning, metamorfos och deformation i gränsområdet mellan Ljusdalsbatoliten och botteniska bassängen (Karin Högdahl, Lunds universitet och Håkan Sjöström, Uppsala universitet).
2. The Bothnian Basin – its rocks, its age, its origin (Risto Kumpulainen, Stockholms universitet).

## REFERENSER

- Andersen, T., 1996: Sr, Nd and Pb isotopic data of the Alnö carbonatite complex. *Abstract volume, 22<sup>nd</sup> Nordic Geological Winter Meeting*, 11.
- Andersson, U.B., 1997: Petrogenesis of some Proterozoic granitoid suites and associated basic rocks in Sweden (geochemistry and isotope geology). *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 91*, 216 s.
- Andersson, U.B., Högdahl, K., Sjöström, H. & Bergman, S., 2004: Magmatic, detrital, and metamorphic ages in metamorphic rocks from south-central Sweden. *GFF 126*, 16–17.
- Bergman, S., Albrecht, L., Ahl, M. & Kübler, L., 2005: Gävleborgs län. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 103–124.
- Brueckner, H.K. & Rex, D.C., 1980: K-A and Rb-Sr geochronology and Sr isotopic study of the Alnö alkaline complex, northeastern Sweden. *Lithos 13*, 111–119.
- Claesson, S., 1987: Nd Isotope Data on 1.9–1.2 Ga Old Basic Rocks and Metasediments from the Bothnian Basin, Central Sweden. *Precambrian Research 35*, 115–126.
- Claesson, S. & Lundqvist T., 1990: Svecofennian granites in the Bothnian Basin, central Sweden. Abstract, 19. Nordiske Geologiske Vintermøte, Stavanger. *Geonytt 17:1*, 36.
- Claesson, S. & Lundqvist T., 1995: Origins and ages of Proterozoic granitoids in the Bothnian Basin, central Sweden; isotopic and geochemical constraints. *Lithos 36*, 115–40.
- Delin, H., 1993: The radiometric age of the Ljusdal granodiorite of central Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C 823*, 13–16.
- Delin, H., 1996a: Kartbladen 15G Bollnäs. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. *Sveriges geologiska undersökning*

- Rapporter och meddelanden 84*, 60–61.
- Delin, H., 1996b: U-Pb zircon ages of granitoids in the Kårböle region, central Sweden. *I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results 2. Sveriges geologiska undersökning C 828*, 6–14.
- Delin, H. & Aaro, S., 1992: Berggrundskartan 16F Kårböle SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 58*.
- Delin, H. & Aaro, S., 1994: Berggrundskartan 17F Ånge SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 83*.
- Delin, H. & Aaro, S., 2000a: Berggrundskartan 15F Voxna NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 141*.
- Delin, H. & Aaro, S., 2000b: Berggrundskartan 15F Voxna SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 143*.
- Delin, H. & Persson, P.-O., 1999: U-Pb zircon ages of three Palaeoproterozoic igneous rocks in the Loos-Hamra area, central Sweden, *I S. Bergman (red.): Radiometric dating results 4. Sveriges geologiska undersökning C 831*, 20–31.
- Eckermann, H. von, 1928: A preliminary examination of the profile of the country rocks along the coast of Southern Norrland, Sweden, as observed in the cuttings of the East Coast Railway. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 50*, 309–367.
- Eckermann, H. von, 1948: The alkaline district of Alnö Island. *Sveriges geologiska undersökning Ca 36*, 176 s.
- Elming, S.-Å., & Mattsson, H., 2001: Post Jotnian basic dykes in the Fennoscandian Shield, and a break up of Baltica from Laurentia: a paleomagnetic and AMS study. *Precambrian Research 108*, 215–236.
- Forsselles af, J.H., 1855: Geognostisk karta öfver Sverige. Södra delen till 64. n. Latitud. På Bruks societetens anmodan upprättad af J.H. af Forsselles under åren 1838-1855. *Stockholm*.
- Hode Vuorinen, J., 2005: The Alnö alkaline and carbonatitic complex, east central Sweden – a petrogenetic study. Doktorsavhandling. *Meddelanden från Stockholms universitets institution för geologi och geokemi 324*, 30 s.
- Huhma, H., 1987: Provenance of Early Proterozoic and Archaean Metasediments in Finland: a Sm-Nd Isotopic Study. *Precambrian Research 35*, 127–143.
- Högbom, A.G., 1895: Ueber das Nephelinsyenitgebiet auf der Insel Alnö. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 17*, 100-160 & 214–256.
- Högdahl, K., 2000: Late-orogenic, ductile shear zones and protolith ages in the Svecofennian Domain, central Sweden. Doktorsavhandling. *Meddelanden från Stockholms universitets institution för geologi och geokemi 309*, 21 s.
- Högdahl, K. & Sjöström, H., 2001: Evidence for a 1.82 Ga transpressive shearing in a 1.85 Ga granitoid in central Sweden: Implications for the regional evolution. *Precambrian Research 105*, 37–56.
- Högdahl, K., Gromet, P.L. & Sjöström, H., 2001: Character and timing of Svecofennian, late-orogenic, ductile deformation zones in Jämtland, west central Sweden. *GFF 123*, 225–236.
- Högdahl, K., Sjöström, H. & Andersson, U.B., 2006: Tectonic units and correlation problematics in the central Svecofennian domain. FoU, slutrapport, SGU.
- Kresten, P., 1976: A magnetic survey of the Alnö complex. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 98*, 364–365.
- Kresten, P., Printzlau, I., Rex, D., Vartiainen, H. & Woolley, A., 1977: New ages of carbonatitic and alkaline ultramafic rocks from Sweden and Finland. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 99*, 62–65.
- Korja, A. & Heikkinen, P., 2005: The accretionary Svecofennian orogen—insight from the BABEL profiles. *Precambrian Research 136*, 241–268.
- Lehtonen, M., 1968: Tampereen-Hauhon liuskemuodostuman kalkkikonkretioista. Summary: On the calcareous concretions in the schist area between Tampere and Hauho. *Geologi 7*, 113–117.
- Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 2000: Sveriges geologi från urtid till nutid, andra upplagan. *Studentlitteratur, Lund*, 491 s.
- Lundbohm, H., 1899: Praktiskt geologiska undersökningar inom Vesternorrlands län. II Berggrunden. Med

- två kartor i skalorna 1:500 000 respektive 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning C 177*, 60 s.
- Lundqvist, T., Vaasjoki, M. & Persson, P.-O., 1998: U-Pb ages of plutonic and volcanic rocks in the Svecofennian Bothnian Basin, Central Sweden, and their implications for the Palaeoproterozoic evolution of the Basin. *GFF 120*, 357–363.
- Lundqvist, T., Gee, D.G., Kumpulainen, R., Karis, R. & Kresten, P., 1990: Beskrivning till berggrundskartan över Västernorrlands län. Med tillhörande kartor i skala 1:200 000 och specialkarta över Alnökomplexets berggrund i skala 1:10 000 tryckt 1987. *Sveriges geologiska undersökning Ba 31*, 429 s.
- Magnusson, N.H., 1949: Berggrunden. I.N.H. Magnusson, E. Granlund och G. Lundqvist: Sveriges geologi, andra upplagan. *Svenska Bokförlaget Norstedts*, 211 s.
- Mattson, H.J. & Elming, S.-Å., 2003: Magma flow directions of post Jotnian dolerite sills in central-east Sweden: a magnetic fabric and paleomagnetic survey. *GFF 125*, 7–16.
- Miller, R.G., O'nions, R.K., Hamilton, P.J. & Welin, E., 1986: Crustal residence ages of clastic sediments, orogeny and continental evolution. *Chemical Geology 57*, 87–99.
- Morogan, V., 1988: Fenitization, Hallmark of the Ijolite-Carbonatite Magmatic Association. Doktorsavhandling. *Meddelande från Stockholms universitets geologiska institution 274*, 44 s.
- Morogan, V. & Lindbom, S., 1995: Volatiles associated with the alkaline-carbonatite magmatism at Alnö, Sweden: a study of fluid and solid inclusions in minerals from the Långarsholmen ring complex. *Contributions to mineralogy and petrology 122*, 262–274.
- Persson, M., 1992. Inventering av krossberg i Sundsvall, Timrå och Härnösands kommuner. *Länsstyrelsen Västernorrlands län 1992:1*.
- Piper, J.D.A., 1979: A paleomagnetic survey of the Jotnian dolerites of central-east Sweden. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society 56*, 461–471.
- Sjöberg, J., 2004. Ultramafic diatremes in middle Sweden. *Examensarbete vid institutionen för geovetenskaper nr 73*, 39 s.
- Sundberg, A., 2003: Nya lamprofyrfynd i Västernorrlands och Jämtlands län. *Sveriges geologiska undersökning rapport 2003:6*, 18 s.
- Statens industriverk, 1980: Berg och malm i Västernorrlands län. *SIND PM 1980:18*.
- Stephens, M.B., Wahlgren, C.-H. & Weihed, P. 1994: Geological Map of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ba 52*.
- Welin, E., 1987: The Depositional Evolution of the Svecofennian Supracrustal Sequence in Finland and Sweden. *Precambrian Research 35*, 95–113.
- Welin, E., 1994: The U-Pb zircon age of the Rödön rapakivi granite, central Sweden. *GFF 116*, 113–114.
- Welin, E., Lundström, I. & Åberg, G., 1972: Fission Track Studies on Hornblende, Biotite and Phlogopite from Sweden. *Bulletin of the Geological Society of Finland 44*, 35–46.
- Welin, E., Christiansson, C. & Kähr, A.-M., 1993: Isotopic investigations of metasedimentary and igneous rocks in the Paleoproterozoic Bothnian Basin, central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 115*, 285–296.
- Wimmenauer, W. & Bryhni, I., 2002: Towards a unified nomenclature of metamorphic petrology: 6. Migmatites and related rocks. A proposal on the behalf of the IUGS Subcommisson on the Systematics of metamorphic Rocks. *Web version of 31.07.2002*.

E-post: katarina.nilsson@sgu.se    torbjorn.bergman@sgu.se    ildiko.antal@sgu.se    mats.wedmark@sgu.se

# REGIONALA KARTOR 1:250 000

## Småland

*Nils-Gunnar Wik, Ulf Bergström, Dick Claeson, Fredrik Hellström, Niklas Juhojuntti, och Johan Jönberger*

### INLEDNING

Projekt ”Småland, regionalt berg” omfattar sammanställning av äldre material samt insamling av ny bergsgrundsgelogisk och geofysisk information. En översiktlig, regional databas skapas med presentationskalan 1:250 000. Projektet omfattar Kalmar, Jönköpings och Kronobergs län samt de södra delarna av Östergötlands län (fig. 1). Arbetena påbörjades år 2000 och planerade länskartor med beskrivningar färdigställs i följande ordning: Kalmar, Jönköpings och Kronobergs län. Projektet beräknas vara avslutat år 2006. Berggrundskartan över Kalmar län med tillhörande beskrivning är publicerad Wik m.fl. (2005a), medan motsvarande material över Jönköpings län levereras under hösten 2005. Projektet finns tidigare presenterat i Wik m.fl. (2001), Bergström m.fl. (2002), Wik m.fl. (2003, 2004, 2005b).

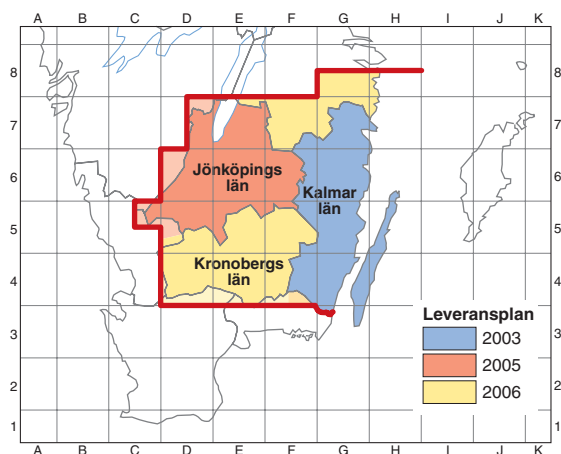


Fig. 1. Leveransplan.

Under 2005 har följande personer deltagit i arbetet: Projektledare Nils-Gunnar Wik, geologerna Ulf Bergström, Dick Claeson, Fredrik Hellström, projektanställda geologen Vladislav Stejskal samt geofysikerna Niklas Juhojuntti och Johan Jönberger.

Det geologiska bakgrundsmaterialet omfattar äldre geologiskt kartmaterial samt övrig dokumentation framtagen vid Sveriges geologiska undersökning (SGU). Även forskningsarbeten och rapporter från ett flertal universitet beaktas. Inom projektet kompletteras och revideras befintlig information, och analyser utförs på representativa bergartsprover med avseende på mineralogi och geokemi. Ett fåtal prover av viktiga bergarter väljs för åldersbestämning. Observationspunkter för besök väljs med utgångspunkt i äldre kartmaterial, tillgängligt vägnät, blottningsgrad samt geologisk komplexitet. Detta medför att antalet besökta hållar i respektive topografiska kartområde varierar.

Det geofysiska underlagsmaterialet utgörs i första hand av flygmätning av magnetfält och gammastrålning. Flyghöjden är normalt 60 m för den nyare typen av mätning. För den äldre användes en flyghöjd av 30 m. Elektromagnetisk flygmätning (VLF-mätning) finns för hela undersökningsområdet. Inom vissa delar av området finns endast äldre mätningar, då endast en VLF-sändare har använts. Det genom flygmätningar framtagna grundmaterialet kompletteras med fältinsatser varvid markmätningar och provtagning utförs.

I det följande presenteras en kortfattad redogörelse för berggrunden inom varje kartområde och därpå följer en avslutande del som behandlar resultaten av de geofysiska flygmätningarna och de uppföljningsarbeten som gjorts i fält. Sammanställningen är gjord av Nils-Gunnar Wik på grundval av rapporter från projektmedlemmarna.

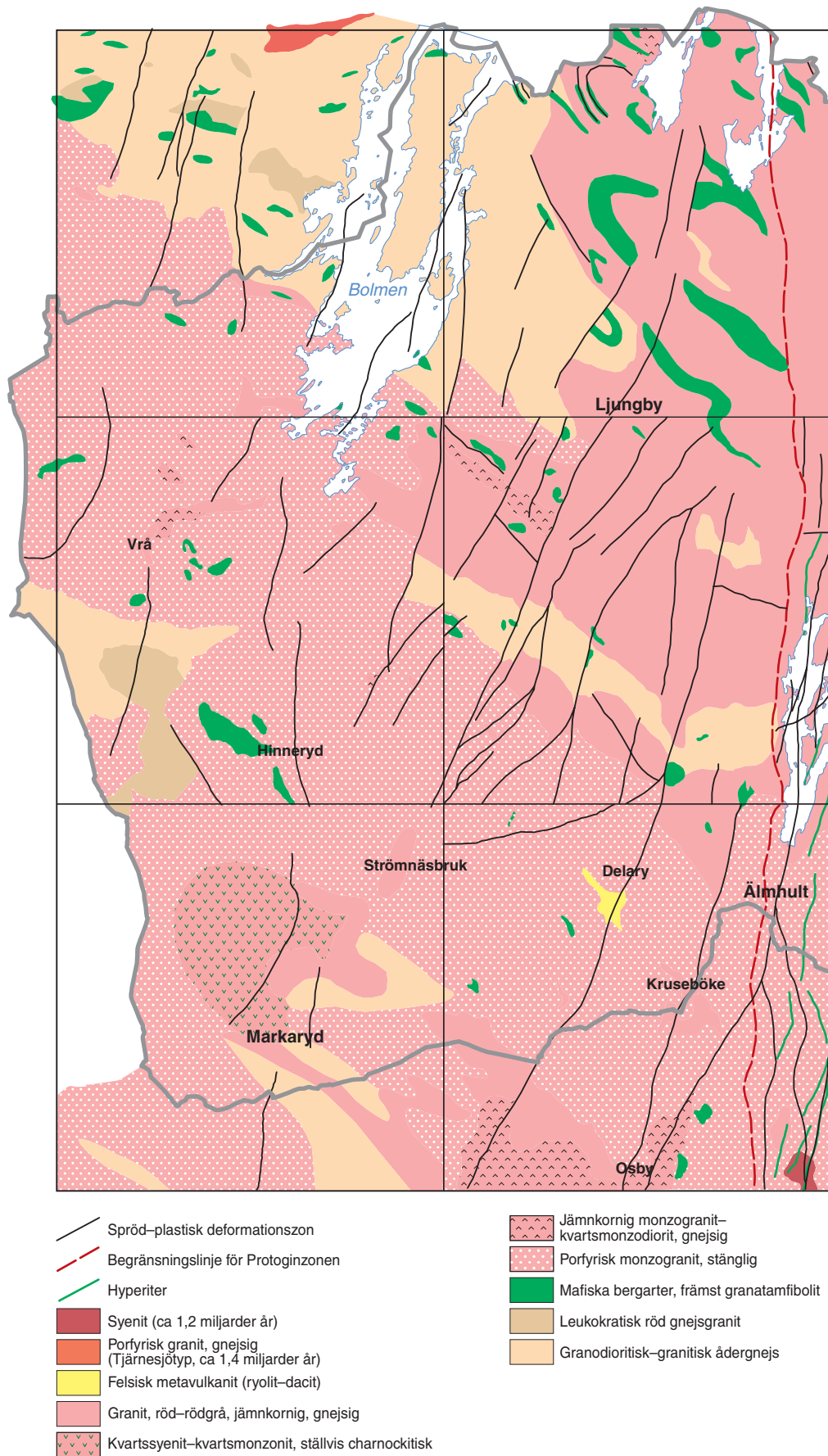


Fig. 2. Provisorisk arbetskarta över berggrunden i västra Kronobergs län.

## GEOLOGISKA ARBETEN 2005

Under 2005 har geologiska karteringsinsatser genomförts i följande kartområden (fig. 2), vilka till stora delar är belägna i Kronobergs län: 4D Markaryd SO, NV (Ulf Bergström) och SV (Fredrik Hellström) samt 5D Värnamo SV (Fredrik Hellström) exklusive de delar som ingår i Jönköpings län. Därutöver har karteringsinsatser genomförts i Östergötlands län inom kartområdena 7F Tranås NV, SV (Fredrik Hellström) och NO (Vladislav Stejskal), 8G Norrköping SV och SO (Dick Claeson) samt 8H Arkösund SV (Dick Claeson).

### 4D MARKARYD SV, SO, NV OCH 5D VÄRNAMO SV

*Fredrik Hellström och Ulf Bergström*

#### Geologisk översikt

De karterade områdena ligger i berggrundssegmentet väster om Protoginzonen, i det så kallade Östra segmentet av den svekonorvegiska provinsen. Med endast lokala undantag är berggrunden genomgripande omvandlad och deformerad. Granitbergarter har förändrats till kraftigt gnejsiga graniter och gnejser, och basiska bergarter har helt eller delvis omvandlats till granatamfibolit eller snarlika metamorfa bergarter. I de centrala och västra delarna av Östra segmentet har bergarterna ådror av kvarts och fältspat som bildats genom en begynnande uppsmältning. Omvandlingen av det Östra segmentet skedde under mycket höga tryck och temperaturer, då det för 0,98–0,95 miljarder år sedan utgjorde mycket djupa delar av en bergskedja av Himalayatyp (Söderlund m.fl. 2002). I slutfasen av denna bergskedjebildning lyftes berggrunden upp till yttligare nivåer och eroderades därefter. Beräkningar av temperatur och tryck för metamorfa bergarter från Östra segmentet (Småland, Halland och Skåne) har resulterat i värden mellan 620 och 770° C samt 9 till 12 kbar, där de beräknade trycken kan översättas till ett djup av 33–45 km (Johansson m.fl. 1991, Wang & Lindh 1996, Möller 1998, Söderlund m.fl. 2004). Även en äldre metamorfos och ådring, ca 1,44 miljarder år gammal, har verifierats med modern dateringsteknik (Christoffel m.fl. 1999, Söderlund m.fl. 2002, Möller m.fl. 2006), liksom metamorf charnockitbildning för ca 1,40 miljarder år sedan (Rimsa m.fl. 2004). Det har även framlagts tolkningar där de regionalt dominerande strukturerna ansetts bildade för 1,70–1,55 miljarder år sedan (t.ex. Larson m.fl. 1986, Christoffel m.fl. 1999).

De storskaliga strukturerna i Östra segmentet framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 13). Berggrunden är bandad och veckad, med en huvudsaklig orientering av strukturerna i ost–väst till nordväst. Mönstret i den magnetiska anomalikartan återspeglar berggrundens bandade uppbyggnad samt gnejsiga strukturer. Båda är ett resultat av stark plastisk deformation varvid bergarterna har förflyttats, pressats samman och sträckts. De storskaliga vecken har en förhållandevis enhetlig geometri, där veckaxlarna är flackt till moderat stupande i ost–västlig till nordvästlig riktning. Yngre nord–sydliga deformationszoner skär och förskjuter ställvis det äldre deformationsmönstret.

Granitbergarter, som sannolikt tillhör det transskandinaviska magmatiska bältet (TMB), kan följas från Protoginzonen västerut i Östra segmentet. Där är de emellertid starkt omkristalliserade och gnejsomvandlade. De är också veckade i samma uppräta storskaliga veckformer som övriga bergarter. I större delen av Östra segmentet, väster om och strukturellt i en nivå under de gnejsgraniter som tolkats som omvandlade TMB-bergarter, dominerar ådergnejser med olika sammansättning, men mindre omvandlade och mer massformiga domäner finns också. I södra delen av Kronobergs län är det till skillnad från områden längre norrut svårare att definiera övergången mellan en strukturellt övre och en undre nivå, och porfyriska rödgrå ”monzogranitoider” (stängliga till folierade ögongnejser av Hinnerydstyp; Lindh & Johansson 1991, Mannerstrand & Lindh 1995, Lindh 1996, Andersson m.fl. 2006) och jämnkorniga röda gnejsgraniter som petrogetiskt sannolikt tillhör TMB fortsätter långt västerut. Ådergnejser finns endast i de allra västligaste delarna av länet men även där verkar de stängliga ögongnejserna dominera. Blottningsgraden är dock extremt dålig i området. Såväl ögongnejserna av Hinnerydstyp som ådergnejserna har daterats med U-Pb-analys av zirkon till en ålder av 1,73–1,66 miljarder år, vilket för övrigt är mer eller mindre samtidigt med den yngsta, västliga fasen av TMB. Underordnat i Östra segmentet finns bergartsled som är yngre, dvs. 1,40–1,37 respektive

1,22 miljarder år gamla (Berglund m.fl. 1997, Andersson m.fl. 2002).

Basiska bergartskroppar, de flesta av okänd ålder, förekommer i riklig mängd och är vanligen heterogent deformerade och metamorfoserade. Vissa delar av kropparna kan bestå av välbevarad diabas eller gabbro, medan andra är starkt deformerade och fullständigt omvandlade, vanligen till granatamfibolit. Mot väster ökar den metamorfa graden successivt upp till övre amfibolit- till granulitfacies, och även amfiboliterna innehåller ställvis ådror som bildats genom partiell uppsmältning. Liksom i de östra delarna förekommer diabas- och gabbrobergarter som har bättre bevarade delar med magmatisk textur, men de är i regel granatförande och har på många ställen nybildad metamorf pyroxen.

## 4D MARKARYD SV

*Fredrik Hellström*

4D Markaryd SV är det sydvästligaste kartområdet i Kronobergs län och också det område där berggrunden är sämst blottad. Berggrunden är, förutom i enstaka uppstickande hällar, fullständigt täckt av morän, myr och sjöar, och berggrundens former är vanligen utjämnade och utsuddade av de lösa avlagringarna. Topografin är flack i området och någon markerad relief finns endast i anslutning till de få dalgångar som genomkorsar området. Lagandalen har en sydvästlig riktning från Traryd till Markaryd, där Lagan böjer av mot väster och Halland. En annan dalgång är den som sträcker sig från Markaryd vidare mot sydväst, vilket kan ses som en förlängning av Lagans sydvästliga sträckning. Beroende på dålig blottningsgrad har endast 44 hällobservationer gjorts, och tid har då avsatts till att även besöka de hällar som ligger långt från vägar. Beroende på orkanen Gudruns härjningar i januari 2005 har framkomligheten bitvis varit mycket begränsad och 10–15 % av markerade hällar har inte varit tillgängliga. Många av de hällar som markerats på de kombinerade jordarts- och berggrundskartorna från slutet av 1800-talet har inte heller varit möjliga att återfinna.

Bolmentunneln är en oinklädd bergtunnel som förser ett antal kommuner i Skåne med råvatten från sjön Bolmen i Småland. Tunneln sträcker sig söderut över de västra delarna av kartområdet 4D Markaryd ner till trakten av Perstorp i Skåne. Den sammanlagda längden är 80 km och tunneln ligger på ett djup av 50–100 m under markytan. I samband med projekteringen av tunneln utfördes omfattande geologiska och geofysiska undersökningar, främst i syfte att lokalisera svaghetszoner i berget av betydelse för tunnelns sträckning. Den geologiska karteringen i tunneln gjordes framförallt med avseende på ingenjörsgelogiska förhållanden och därför med en ganska enkel bergartsindelning i amfibolit, gnejsgranit, röd och grå gnejs. Karteringen presenterades på teckningar i skala 1:1 000 tillsammans markgeofysiska mätningar och förstärkningsåtgärder i tunneln. Det geologiska arbetsmaterialet från tunneldrivningen i form av rapporter, kartor och bergartsstuffer var värdefullt för den nu genomförda sammanställningen av berggrundsgeologin i de västra delarna av Kronobergs län, särskilt med tanke på den obefintliga bergblottningen ovan jord här.

Nedan följer en kortfattad beskrivning av de dominerande bergartstyperna och strukturerna i kartområdet. Underlaget för bestämning av utbredningen av de olika bergartsleden (fig. 2) utgörs till stor del av geofysiska mätresultat, eftersom de geologiska observationspunkterna är få.

### **Porfyrisk monzogranit (Hinnerydstyp)**

Åtminstone de norra delarna av kartområdet verkar domineras av en gnejsig, rödgrå kalifältspatporfyrisk monzogranit kallad Hinnerydsgranit (Lindh & Johansson 1991). Graniten är småporfyrisk med rundade kalifältspatdominerade aggregat (pertitisk ortoklas till mikroklin, upp till 2 cm stora), men ögonen är vanligen utdragna till en kraftig stänglighet eller utvalsade till foliationsband (<1 cm breda, se fig. 3 a). Kwarts, plagioklas, kalifältspat, biotit, hornblände och ställvis små mängder granat förekommer i grundmassan.

## **Kvartssyenit (Hinneryd–Vägaholms-typ eller eventuellt yngre)**

Vid Markaryd och i området norr därom finns en relikjt ojämnkornig, grovt medel- till grovkornig kvartssyenit (fig. 3b). Bergarten är i många fall omkristalliserad till finkornig kornstorlek och stänglig med utdragna hornbländeaggregat. Vissa delar av kvartssyeniten är charnockitomvandlade (fig. 3c). Vittringsytan är då ljusfärgad, men mörkt brunrå i färskt brott. Bergarten är även där relikjt ojämnt medelkornig till svagt ortoklasporfyrisk (5–10 mm i diameter) och påminner delvis textuellt om Hinnerydsgraniten. Långsträckta finkorniga aggregat av klinopyroxen och granat i grundmassan ger en flack stänglighet. Det förekommer mafiska band eller sliror, samt enstaka (upp till 1 dm stora) granat-klinopyroxendominerade, nära ultramafiska inneslutningar (fig. 3d). Kvartssyeniten (charnockiten) har en oklar åldersställning, men liknande sammansättningar (Vägaholmstyp) har gett en ålder på ca 1,67 miljarder år som är mer eller mindre samtidig med den textuellt liknande 1,68 miljarder år gamla Hinnerydsgraniten (Andersson m.fl. 2006). Zirkoner har dock separerats från charnockiten för en eventuell NORDSIM-datering under vintern 2006, då det finns en möjlighet att bergarten är omkring 1,4 (t.ex. Varbergscharnockiten) eller 1,2 miljarder år gammal (Vårgårdakvartsmonzoniten, Vaggerydssyeniten).

## **Röd leukokratisk gnejsgranit**

En röd, fin- till medelkornig gnejsgranit förekommer i de östra delarna av kartområdet. Graniten har vanligen en leukokratisk sammansättning med mindre än fem procent biotit. I en bergtäkt vid Såna nordost om Markaryd förekommer en mineralstänglig gnejsgranit i veckad kontakt med en rödgrå, granitisk till granodioritisk ådergnejs. En fläckvis rödfärgning (hematitomvandling) ses på många ställen i graniten. Det är oklart om gnejsgraniten tillhör TMB-bergarterna eller om det är en yngre anatektisk, så kallad Mårdaklevsgranit.

## **Granodioritisk till kvartsmonzodioritisk ådergnejs ("Hallandian")**

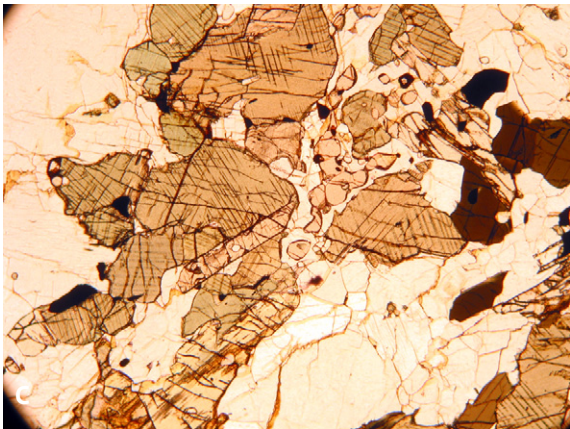
Ett fåtal blottningar av rödgrå, granodioritisk till kvartsmonzodioritisk ådergnejs förekommer i kartområdet, t.ex. vid Såna bergtäkt nordost om Markaryd men även i en vägsärning i den nya sträckningen av E4 söder om Skånes-Fagerhult. Vid Såna bergtäkt har gnejsen ett flammigt utseende och påminner om ådergnejserna i södra Halland (fig. 3e). Hårt bandade, finkorniga, grå gnejsar förekommer vid påslag 13 och 15 till Bolmentunneln.

## **Granatamfiboliter till mafiska granuliter**

Basiska bergartskroppar, granatamfiboliter till mafiska högtrycksgranuliter förekommer som gångar, band, inlagringar eller inneslutningar. Karteringen från Bolmentunneln visar att amfiboliter är särskilt frekventa (omkring 20 %) i sektionen mellan 15 och 25 km, dvs. i norra delen av 4D Markaryd SV och södra delen av 4D Markaryd NV (Stanfors 1987). Amfiboliter stryker genomgående mot västnordväst med en i regel flack stupning.

## **Strukturer**

Gnejsigheten har en övervägande västnordvästlig till nordvästlig riktning. En utbredd mineralstänglighet hos bergarterna stupar flackt till moderat (10–35°) mot nordväst till västnordväst (norr om Lagan) och mot sydost till ostsydost (i den sydöstra delen av området). Veckaxlar till upprätta veck är orienterade parallellt med den stängligheten. Hos ådergnejserna finns även en tidigare utbildad isoklinal veckning. Lagandalen utgör en större tektonisk zon (plastisk till spröd) som har en sydvästlig riktning från Traryd till Markaryd, med en fortsättning från Markaryd mot sydväst. Vid Strömnäsbruk intill Lagan finns hållar med en fint bandad till hårt folierad, finkornig till fint medelkornig, granitisk gnejs, där röda kalifältspatdominerade band (1–5 mm breda) växlar med mafiska foliationsband (1 mm breda). Foliationen ligger parallellt med Lagan i sydvästlig



riktning och alltså tvärs strukturerna för övrigt. Bergarten är sekundärt rödfärgad, med frekvent epidot och klorit i sprickor. Enligt karteringen från Bolmentunneln finns ytterligare en större deformationszon med myloniter alldeles söder om Markaryd. Den stryker i nordnordostlig riktning mer eller mindre parallellt med Protoginzonen (Stanfors 1987). Området domineras av sprickriktningar i nordnordost och västnordväst.

## 4D MARKARYD SO

### *Ulf Bergström*

I detta kartområde motsvarar berggrunden den västligaste delen av Protoginzonen längst i öster och gnejsiga graniter tillhörande det Östra segmentet väster därom. Blottningsgraden är genomgående mycket låg och det är svårt att i någon större utsträckning dra några slutsatser om de geologiska förhållandena. Totalt har ca 80 geologiska observationer gjorts i området.

Protoginzonen utgörs av ett nord-sydligt, ca 20 km brett deformationsstråk som var aktivt i sen sveko-norvegisk tid (ca 0,95–0,90 miljarder år sedan). Zonen syns mycket tydligt på den flygmagnetiska kartan (fig. 13). Förutom de strukturella dragen (brantstående nord-sydligt strykande foliation och deformations-zoner) förekommer svarta, så kallade hyperitdiabaser (3f) och kroppar av syenit i zonen. Dessa olika intrusioner har en ålder i intervallet 1,57 till 0,95 miljarder år. I kartområdets sydostligaste del finns en liten syenitisk intrusion. Hyperit förekommer i ett antal blottningar, vanligen i små, numera nedlagda stenbrott. Övriga bergarter är inte blottade, men troligtvis utgörs berggrunden av porfyriska och jämnkorniga graniter tillhörande TMB. Metamorfosgraden är sannolikt generellt ganska låg, grönskiffer- till lägre amfibolitfacies.

I Östra segmentet, väster om Protoginzonen uppträder ovan nämnda porfyriska och jämnkorniga graniter med mycket underordnade inslag av basiska kroppar. Den dominerande porfyriska varianten är normalt rödgrå, medelkornig med mikroklimgakrister (1–2 cm stora) och har en monzogranitisk sammansättning (fig. 3a). Bergarten uppvisar en karakteristisk stänglighet med flack västlig stupning. Deformationsgraden och den metamorfa graden är normalt högre än i Protoginzonen och ökar succesivt åt väster (fig. 3g). I de södra delarna av kartområdet, runt Osby och väster därom, finns mer jämnkorniga granit typer med liknande sammansättning (fig. 3h). I mindre kroppar här och var uppträder gråröda, jämnkorniga, fint medelkorniga graniter som normalt har mycket lägre susceptibilitet. Denna typ uppträder annars främst på i kartområdet 4D Markaryd NO.

Söder om Delary uppträder en mycket finkornig bergart som en megaxenolit i de porfyriska graniterna. Den finkorniga texturen och den varierande sammansättningen som kan iakttas i ett nyöppnat stenbrott antyder att bergarten kan vara en ryolitisk till dacitisk vulkanit.

De basiska bergarterna utgörs vanligen av ganska små kroppar av granatamfibolit (fig. 4a) med oklart ursprung. I några fall, t.ex. nordost om Osby och nordväst om Göteryd, kan man dock se välbevarade hyperiter, så en rimlig slutsats är att en stor del av basiterna tillhör den gruppen. Det stora metamorfa språnget synes dock finnas vid Protoginzonens västra begränsning.

Nordnordostligt strykande förkastningar uppträder i topografiska lågområden och är tydligt urskiljbara på den magnetiska anomalikartan (fig. 13). Dessa deformationszoner är normalt inte blottade, men en finkornig bandad bergart som uppträder söder om Kruseböke kan vara ett resultat av deformationen.

---

Fig. 3. Foton av bergarter från kartområdet 4D Markaryd. Koordinater i rikets nät. **A.** Rödgrå, monzogranitisk, svagt porfyrisk ögongnejs av Hinnerystyp (prov från Bolmentunneln (4D SV 6278200/1368680)). **B.** Röd, hornbländeförande mineralstänglig kvartssyenit av Åsaklntyp. Den är reliktt ojämnkornig och grovt medelkornig (4D SV 6259900/1364165). **C.** Mikrofoto (planpolariserat ljus) av charnockitisk kvartssyenit där långsidan är 3,3 mm. Bergarten innehåller huvudsakligen pertitisk ortoklas, ljusgrön klinopyroxen samt granat, med en mindre mängd brun hornblände, plagioklas, ortopyroxen, kvarts, oxider och biotit (4D SV 6268930/1361480). **D.** Granat-klinopyroxenrik mafisk inneslutning i en charnockitisk (högtrycksgranulit) kvartssyenit (4D SV, 6268930/1361480). **E.** Rödgrå, granodioritisk, veckad ådergnejs med ett flammigt utseende. Den påminner om de "Halländiska" ådergnejserna i södra Halland (4D SV 6265040/1369915). **F.** Hyperit med svarta plagioklas megakrister (4D SO 6251903/1397754). **G.** Kraftigt deformerad porfyrisk monzogranit. Utpräglad stänglighet. (4D SO 6252889/1375813). **H.** Jämnkornig monzogranit (4D SO 6252789/1382039).

## 4D MARKARYD NV

*Ulf Bergström*

Berggrunden i kartområdet ligger helt inom det Östra segmentet. Blottningsgraden är generellt mycket låg, framför allt i de södra delarna. Runt kyrkbyn Vrå finns en förhållandevis god blottningsgrad. Bolmentunneln genomkorsar berggrunden i en ungefärlig nord-sydlig riktning i områdets östra delar och ger en del information vid påslagen, och genom det material från tunneln som ställts till SGUs förfogande av fil. dr. Roy Stanfors.

Den dominerande bergarten är densamma som i kartområdena 4D Markaryd SV och SO, dvs. en kraftigt stänglig, porfyrisk monzogranit av en typ som kan följas från TMB vid Protoginzonen och västerut. Denna bergart har av Lindh & Johansson (1991) definierats som Hinnerydsgranit. Vid Vrå är den daterad till en ålder av ca 1,68 miljarder år (Möller m.fl. 2006), en ålder som sammanfaller med de TMB2-graniter som finns i Protoginzonen. Mer jämnkorniga, röda graniter som är dominerande i området 4D Markaryd NO förekommer mycket underordnat.

I området vid Vrå uppträder stora mängder av små basiska kroppar, gångar (fig. 4b) och inlagringar i den stängliga graniten, och på ett flertal lokaler kan man notera olika magmablandningsfenomen (fig. 4c). En större kropp av granatamfibolit vid Hinneryd har sannolikt också samma ursprung. Basiter som skulle kunna ha ett hyperitursprung, i likhet med områdena närmast Protoginzonen, synes vara underordnade eller rent av obefintliga.

Längst i väster uppträder ådrade graniter som har en mer oklar affinitet till TMB, men blottningsgraden i dessa delar av området är mycket låg och sambanden svåra att se. På några ställen finns liknande ådrade, gnejsiga graniter, omgivna av porfyrisk eller jämnkorniga graniter (4D Markaryd NV och NO, se fig. 4d).

Genomgående finns en ungefär ost-västlig foliation och stänglighet som sammanfaller med de veckaxlar som noterats. Större ost-västliga veckstrukturer kan iaktas i det geofysiska materialet. Nord-sydliga och nordnordostliga deformationszoner representerar den senaste tektoniska händelsen. Metamorfosgraden ökar mot väster och en del av basiterna vid Vrå (fig. 4e) visar begynnande granulitmineralogi (fig. 4f). Kärnor av ortoklas är vanliga i mikroklinögonen i de porfyrisk graniterna.

## 5D VÄRNAMO SV

*Fredrik Hellström*

5D Värnamo SV delas av Kronobergs, Jönköpings och Hallands län men har karterats helt inom Smålandsprojektet. Sjön Bolmen sträcker sig i nord-sydlig riktning över de östra delarna, där Bolmsö som ligger i Jönköpings län karterades av Magnus Ekdahl under 2004. Blottningsgraden är något bättre än i kartområdet 4D Markaryd, även om den sydvästra delen är dåligt blottad och sjön Bolmen täcker stora delar i öster. Liksom på Markarydsområdet var förödelsen stor efter vinterns orkan, vilket också begränsade antalet observationer som totalt uppgick till 153. Nedan följer en kortfattad beskrivning av de dominerande bergartstyperna och strukturerna i kartområdet.

### Ögongnejs av Hinnerydstyp

Den sydvästra halvan av kartområdet domineras av en i huvudsak rödgrå, monzogranitisk, småporfyrisk ögongnejs av Hinnerydstyp, vilken utgör en fortsättning på Hinnerydsmassivet i kartområdet 4D Markaryd och som också sträcker sig västerut in i projektområdet Södra Halland (fig. 2). De kalifältspatdominerade ögonen är vanligen utdragna till en kraftig stänglighet eller utvalsade till band (<1 cm breda) som är växelagrade med plagioklas-kvartsdominerade band (domäner) och foliationsskikt (ca 1 mm tunna) med mafiska mineral, främst biotit. Deformationen gör att ögontexturen i vissa fall bara kan anas, och att bergarten mer liknar en bandad gnejs.

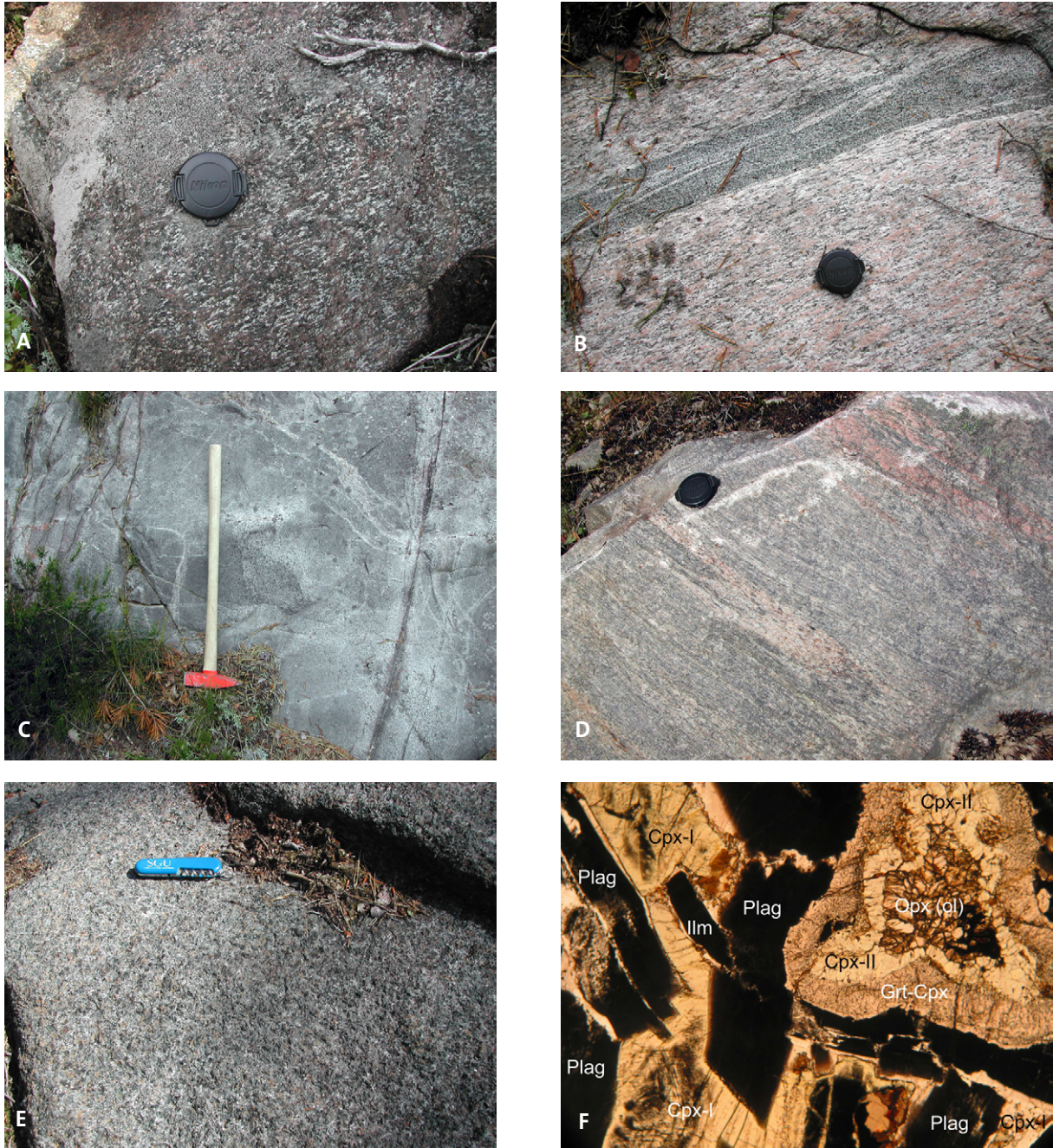


Fig. 4. Foton av bergarter från kartområdet 4D Markaryd. Koordinater i rikets nät. **A.** Granatamfibolit Markaryd (4D SO 6254014/1392959). **B.** Basiska gångar, sannolikt likåldriga, i porfyrisk monzogranit (4D NV 6287360/1371402). **C.** Kvartsmonzodiorit med diffusa dioritiska enklaver. Bergarten uppträder som små kroppar associerade med porfyrisk monzogranit och har sannolikt bildats genom magmablandning (4D NV 6290283/1358241). **D.** Gnejsig granit med ådror (4D NV 6288978/1374784). **E.** Gabbro med granolitmineralogi (4D NV 6290584/1361115). **F.** Mikrofoto (planpolariserat ljus) av metagabbro där bildens långsidan motsvarar 3,3 mm. I bilden syns en delvis välbevarad magmatisk textur med plagioklaslister (svarta) och interstitiell primär klinopyroxen (cpx-I). Rester av bevarad olivin finns i andra delar av tunnslipet, men i bilden har olivinen ersatts av ortopyroxen (opx). Den omges i en koronatextur av lager med metamorf klinopyroxen (cpx-II) och klinopyroxen-granatsymplektit ut mot den av spinell svartpigmenterade plagioklasen (4D NV (6290585/1361115).

## Ådergnejs

Ådergnejsjer dominerar den nordöstra halvan av kartområdet och är ofta heterogent uppbyggda, kraftigt migmatitiserade och bandade. Sammansättningen varierar från granit till kvartsmonzodiorit i hållskala och decimeter- till meterbredda amfibolitiska inlagringar eller linser är vanligt förekommande. Både gnejsernas

nuvarande och ursprungliga kemiska sammansättning är därför svårbedömd. Ådergnejserna har dock huvudsakligen granodioritisk (till kvartsmonzodioritisk) sammansättning. Underordnat finns gråroda granitiska ådergnejsar, vilka jämfört med de rödgrå granodioritiska ådergnejserna har en mindre andel mafiska mineral, främst biotit.

### **Granatamfiboliter–mafiska granuliter**

Basiska bergartskroppar av granatamfiboliter till mafiska högtrycksgranuliter är vanligt förekommande i kartområdet. De uppträder som små inneslutningar, decimeter- till meterbreda band och gångar i gnejserna och som större, upp till tre–fyra km stora kroppar. Vissa delar, särskilt de centrala partierna, av större basitkroppar kan ha en relativt välbevarad magmatisk diabas- eller gabbrotextur med regellöst orienterade plagioklasliter, interstitiell pyroxen som fyller upp hålrummen mellan plagioklaskornen och ställvis även bevarad olivin. Även dessa bergarter är dock som regel granatförande och har dessutom gott om nybildad metamorf pyroxen (fig. 4f). En tydlig magmatisk lagring i form av en modal variation i andelen plagioklas och mafiska mineral kan ses i enstaka fall. Generellt är de mindre basiterna och marginalerna på större kroppar starkt deformerade och fullständigt omvandlade till granatamfibolit, på många ställen med talrika granatporfyroblastar (upp till 2–3 cm stora). Amfiboliterna innehåller ställvis tonalitiska ådror bildade genom partiell uppsmältning (fig. 6a).

### **Röd gnejsgranit**

Röd gnejsgranit finns vanligen i nära anslutning till större kroppar av metabasit, vilket antyder att de är mobiliserade som bildats genom partiell uppsmältning av sidoberget till intruderande basiter. Gnejsgraniten bildar dock även till synes separata (från basiter) kroppar i både ådergnejserna och i den ögonförande Hinnerydsgnejsen. Gnejsigheten är i allmänhet diffust utbildad i den vanligen leukokratiska sammansättningen (<5 % biotit, se fig. 6b). Foliationen eller mineralstängligheten ges av utvalsad eller utdragen kvarts tillsammans med parallellställd biotit, men ställvis också som en diffus, mot grundmassan något grövre ådring. Granitens sammansättning gör också bergarten mottaglig för omkristallisation och till och med uppsmältning under höggradig metamorfos, varvid en eventuell tidigare gnejsighet suddas ut till en närmast massformig, sockerkornig textur. Graniten har en oklar ålderställning, där tidigare dateringsresultat från U-Pb-analyser på zirkon är svårtolkade (Söderlund m.fl. 2002).

### **Granitisk gnejs av Tjärnesjö–Torpatyp**

I den allra nordligaste delen av kartområdet finns en förekomst med granitisk ögongnejs av så kallad Tjärnesjö–Torpatyp (fig. 6c). Den är lätt igenkännbar där den är medel- till grovkornig och grovporfyrisk med rödgrå eller grå kalifältspatmegakrister. Även den karaktäristiskt grovporfyrisk bergarten varierar starkt i utseende beroende på hur deformerad den är, och successiva övergångar till starkt gnejsiga och migmatiska varianter är vanligt. Bergarten är åldersbestämd till 1,39 miljarder år (U-Pb-analys av zirkon, SGU, opublicerad) och kan korreleras med förekomster vid Tjärnesjö (Andersson m.fl. 1999) och Varberg (s.k. Torpagranit, Andersson m.fl. 2002).

### **Strukturer**

Gnejsigheten har en övervägande nordvästlig till öst västlig strykning över hela kartområdet, med framförallt flacka till moderata nordliga stupningar. Ögongnejserna (Hinnerydsgranit) har en utbredd stänglighet som stupar 10–40° mot sydost till öster. Uppmätta veckaxlar hos slutna till öppna veck i ådergnejserna stupar parallellt med den sydostliga till östliga sträckningslineationen. Isoklinalveckade ådror är också vanligt förekommande. Yngre strukturelement som framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 13) är zoner som är orienterade i nordlig till nordnordöstlig riktning, vilka skär och ställvis förskjuter det äldre, plastiska deformationsmönstret. Dessa zoner har tolkats som i huvudsak spröda (förkastningar och sprickor).

Ett tiotal uppmätta nordliga till nordnordostliga foliationer i nära anslutning till zonerna antyder dock att det även där, liksom i Protoginzone, finns en plastisk komponent och att åtminstone vissa av zonerna kan betecknas som plastiska till spröda.

## 7F TRANÅS NV, NO OCH SV

*Fredrik Hellström och Vladislav Stejskal*

De allra västligaste delarna av 7F Tranås SV och NV ligger inom Jönköpings län och karterades av Dick Claeson under 2002 (Wik m.fl. 2003). 7F Tranås SO karterades av Lena Lundqvist under 2001 inom Kalmardelen av Smålandsprojektet (Bergström m.fl. 2002).

### Geologisk översikt

Kartområdet 7F Tranås ligger i Småland–Värmlandsbältet (SVB, Andersson & Wikström 2004) som utgör den södra delen av det transskandinaviska magmatiska bältet (TMB eller TIB, Högdahl m.fl. 2004). TMB sträcker sig i sin helhet från Blekinge i söder till Lofoten i norra Norge. Åldersfördelningen inom Småland–Värmlandsbältet är komplex och okänd i många områden, men de äldsta bergarterna (1,86–1,83 miljarder år) finns generellt nära eller inom de svekofenniska marginalbergarterna (Andersson & Wikström 2004), medan huvuddelen av SVB faller inom åldersintervallet 1,81–1,76 miljarder år ("TIB-1", Larson & Berglund 1992). Västerut ersätts "TIB-1"-bergarterna av yngre, 1,71–1,65 miljarder år gamla SVB-bergarter ("TIB-2" och "TIB-3") med en i huvudsak nord-sydlig utsträckning (se sammanställning av Åhäll & Larson 2000). I sydöstra Sverige delas Småland–Värmlandsbältet i två delar av det västnordvästligt strykande kalkalkalina, 1,84–1,82 miljarder år gamla Oskarshamn–Jönköpingsbältet (OJB, Mansfeld 1996). SVB-enheten norr om OJB bildar den så kallade Vimmerbybatoliten (Söderhielm & Sundblad 1996, Mansfeld 2004) som inkluderar bergarterna i Transåsområdet. I regionala magnetiska och gravimetriska anomalikartor (fig. 17) utgör Vimmerbybatoliten en "lätt", högmagnetisk, ellipsformad kropp, som i norr begränsas av de ca 1,85 miljarder år gamla Askersunds- och Finspångsintrusionerna (Wikström & Andersson 2004), i öster av svekofenniska bergarter och i väster av Vättern (Mansfeld 2004). U-Pb-dateringar av zirkon från intrusioner i Vimmerbybatoliten gav åldrar som sprider mellan 1,81 och 1,79 miljarder år (Patchett m.fl. 1987, Jarl & Johansson 1988, Mansfeld 1991, Kornfält m.fl. 1997 och SGU opubl.). Det finns endast ett fåtal dateringar av vulkaniter, men dessa i kombination med fältrelationer mellan djup- och ytbergarter visar att de i stort sett är likåldriga. Wikström (1993) daterade en ryolit inom Vimmerbybatoliten till  $1813 \pm 3$  miljoner år. En datering av en finkornig subvulkanisk granitporfyr i den sydvästra kanten av 7F Tranås SO gav en ålder på  $1804 \pm 7$  miljoner år (SGU opubl.).

### Tidigare karteringsarbeten

Kartområdet 7F Tranås omfattas av de äldre, kombinerade jordarts- och berggrundsgeologiska kartbladen Sommenäs, Svinhult, Boxholm, Tranås, Kisa, Strålnäs och Åtvidaberg, vilka har beskrivits av Svedmark (1904, 1907), Blomberg (1907), Gavelin (1912), Svedmark (1913), Magnusson m.fl. (1924) och Sandegren (1924). Dessa kartor har legat till grund för sammanställningen av den provisoriska översiktliga berggrundskarta Jönköping i skala 1:250 000 (Persson & Wikman 1986), där de nu aktuella kartområdena ligger i det nordvästra hörnet. En delvis reviderad kartbild presenterades i samband med dokumentationen av "Malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län" (Shaikh m.fl. 1989) och Östergötlands län (Bruun m.fl. 1995). Länsvisa översiktsstudier av de geologiska förhållandena i Östergötlands och Jönköpings län har också presenterats av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB, Thunholm m.fl. 1998, Gierup m.fl. 1999). Söder respektive norr om Tranåsområdet finns moderna berggrundskartor i skala 1:50 000 med beskrivning över kartområdena 6F Vetlanda (Persson 1985, 1989) och 8F Linköping (Gorbatshev 1975, Gorbatshev m.fl. 1976, Wikman m.fl. 1980, Persson m.fl. 1981).

## Berggrund, allmänt

Kartområdenas yta domineras av en bergig och ganska starkt bruten terräng med relativt hög blottningsgrad (fig. 6d). Många höjdområden är plataartade med ett tunt moräntäcke, och landskapet är sönderskuret av smala och tämligen raka dalgångar, vanligen i nordvästlig till nordlig riktning. Kvartära avlagringar uppträder i större omfattning i sänkorna i det kuperade landskapet och på slätten mellan Rimforsa och sjön Nimmern i östra delen av 7F Tranås NO. Sjön Sommen täcker stora delar av 7F Tranås NV, och flera större vikar har en markant nordnordvästlig utsträckning.

Bergarterna i Tranåsområdet består till övervägande del av granitiska djupbergarter ("TIB-1"), allmänt kallade Smålandsgraniter (fig. 5). Tillsammans med djupbergarterna uppträder övervägande sura till underordnat intermediära vulkaniska bergarter som vanligen kallas Smålandsvulkaniter eller Smålandsporfyryr. De visar ibland vackert utbildade vulkaniska texturer och strukturer. Gradvisa övergångar mellan djup- och ytbergarter är vanliga, i form av finkorniga graniter som ställvis är porfyriska (granitporfyryr). Gabbro till monzodiorit förekommer som mindre kroppar i de sura bergarterna, där kontaktzonerna ofta karaktäriseras av magmablandningsstrukturer och ställvis hybridbergarter. Bergarterna är vanligen magmatiskt välbevarade utan någon påverkan av deformation, men plastiska skjuvzoner förekommer. Diabasgångar med grovt sett nord-sydlig riktning har intruderat TMB-bergarterna.

## Smålandsgraniter och dess associerade djupbergarter

Två huvudtyper av granit kan urskiljas i kartområdet Tranås. En rödgrå, kalifältspatporfyrisk monzogranit ("Filipstadsgranit") samt en röd, mer jämnkornig granit ("Växjögranit"). Den porfyriska monzograniten finns framför allt i de centrala och östra delarna av kartområdet, medan den röda graniten dominerar i väster samt i de södra delarna av 7F Tranås SO.

Filipstadsgraniten är en vanligen blekt rödgrå till gråröd, kalifältspatporfyrisk till ojämnkornig monzogranit (fig. 6e) som ställvis kan övergå i kvartsmonzodiorit med ökat mafiskt innehåll. Den är generellt rikare på mafiska faser än den röda Växjögraniten och innehåller biotit och relativt frekvent hornblände. Graniten har vanligen elliptiskt rundade till subhedralt rektangulära, ljusst röda till svagt rödvioletta strökorn av kalifältspat (1–4 cm stora) i en medelkornig till grovkornig grundmassa. Ställvis är strökornen mantlade med en yttre bård av plagioklas. Mindre strökorn av plagioklas förekommer. Den generellt grova kornstorleken gör bergarten mottaglig för grusvittring (fig. 6f).

Rundade, upp till dm-stora mafiska inneslutningar är vanliga i Filipstadsgraniten. I de östra delarna av kartområdet finns oregelbundet formade förekomster av gabbroider (upp till 3–4 km stora). De är intimt associerade med den porfyriska monzograniten, där kontaktzonerna ofta karaktäriseras av magmablandningsstrukturer och hybridbergarter. Basiterna har en varierande sammansättning från gabbro till diorit till monzodiorit samt kvartsförande varianter av dessa.

Den röda Växjögraniten är i allmänhet jämnt till ojämnt medel- till grovkornig, men på vissa ställen kan områden med glest mikroklinporfyriska varieteter urskiljas. Graniten har vanligen hög kvartshalt och ett lågt innehåll av mafiska faser, dvs. en dragning mot leukokratiska sammansättningar. Biotiten är i många fall ansamlad i distinkta aggregat. Kvartsen är vanligen gråvit till blåaktig (fig. 6g). Vid en lokal öster om Sommen syns en medelkornig granit med frekventa miarolitiska hålrum (upp till 1 cm stora) med friväxande idiomorf kvarts (fig. 6h). Växjögraniten är rik på mikroklin, särskilt i de nordvästra delarna där den närmar sig alkalifältspatgranit i sammansättning och har en vacker, kraftigt röd färg, så kallad Tranåsgranit (fig. 7a). Biotiten är vanligen kloritiserad i de rödaste granitvarianterna.

Kvartsfattiga, jämnt medelkorniga till fint medelkorniga varianter av Växjögraniten förekommer i området 7F Tranås SV och i den sydvästra delen av 7F Tranås NV. En är röd till gråröd kvartssyenit till kvartsmonzonit som liksom graniten är fattig på mafiska mineral. Den andra är en rödgrå till grå, hornbländeförande kvartsmonzodiorit (till kvartsmonzonit) vilken har en högre andel mafiska faser (fig. 7b). Gradvisa övergångar mellan dessa, liksom mot granitiska sammansättningar gör ibland gränsdragningen mellan dem svår.

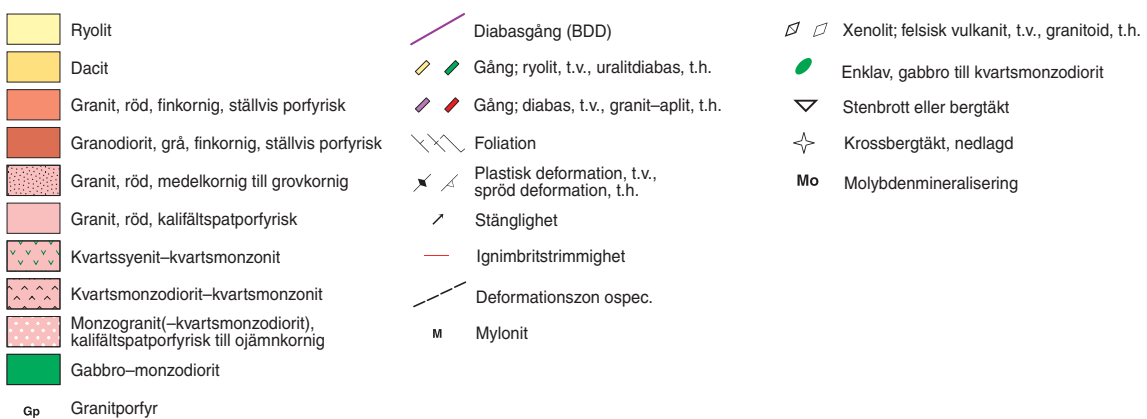
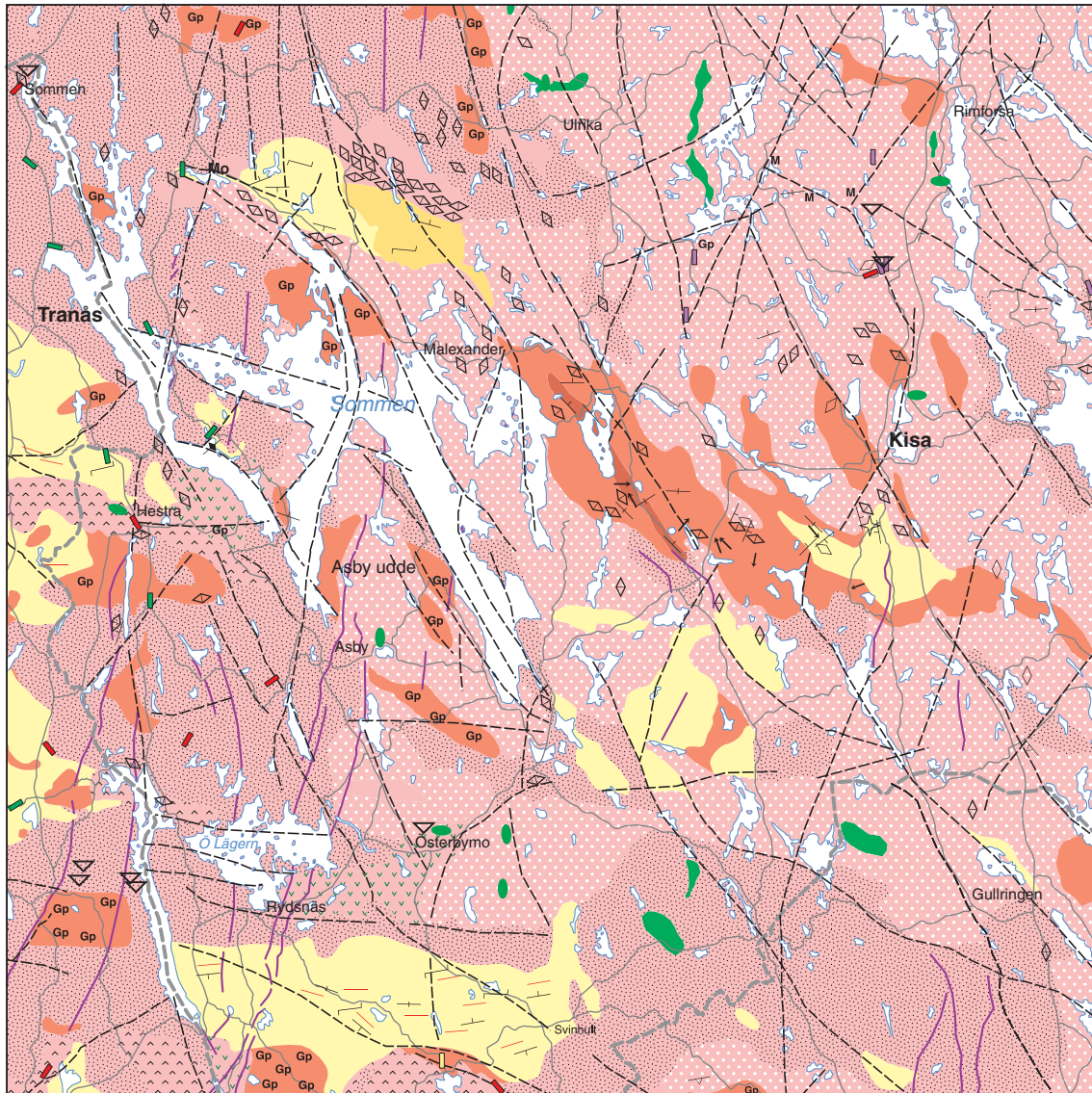


Fig. 5. Översiktlig berggrundskarta över kartområdet 7F Tranås.



Fig. 6. Foton av bergarter från kartområdena 5D Värnamo och 7F Tranås. Koordinater i rikets nät. **A.** Ådrad grana-tamfibolit (5D SV 6320515/1352555). **B.** Röd, leukokratisk Mårdaklevsgranit med en finkornig sockerkornig textur. Utdragen kvarts definierar en flack mineralstänglighet mot öster (5D SV 6314360/1351395). **C.** Granitisk kalifältspatporfyrisk ögongnejs av Tjärnesjö-Torpatyp (5D SV 6324735/1364635). **D.** Felsiska vulkaniter och med dem associerade finkorniga graniter bildar branta klippväggar i den nordöstra sluttningen av Kajberget, 13 km väster om Kisa (7F NO 6427800/1476890). **E.** Ljust rödgrå, glest kalifältspatporfyrisk monzogranit ("Filipstadsgranit"), Asby udde (7F NV 6425660/1466770). **F.** Bergtäkt i en kraftigt grusvittrad, kalifältspatporfyrisk monzogranit på Asby udde (7F NV 6416045/1454930). **G.** Röd, grovt medelkornig syenogranit ("Växjögranit") med blåtonad kvarts. Germundarpsbygget 10 km öster om samhället Sommen (7F NV 6447040/1460215). **H.** Röd, medelkornig syenogranit med upp till 1 cm stora miarolitiska hålrum med friväxande idiomorf kvarts. Kröklekullatorp 4 km osthordost om samhället Sommen (7F NV 6448200/1454785).

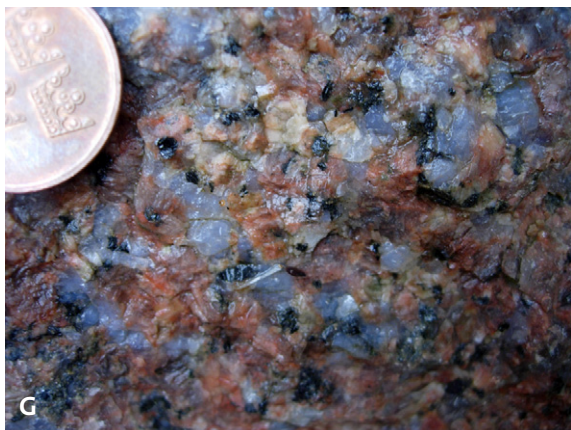


Fig. 6, forts.

### Finkorniga graniter, granitporfyrer (subvulkaniter)

Finkorniga, ställvis kvarts-fältspatporfyriska, röda graniter förekommer i kartområdet dels som större sammanhängande områden, dels som brottstycken i de grövre granittyperna. De finkorniga graniterna kan ställvis vara svåra att skilja från vulkaniter. Detta gäller särskilt i övergångsområden mellan vulkaniter och graniter, där de finkorniga graniterna kan uppfattas som subvulkaniska intrusioner. Strökornen är ställvis relativt stora (5–30 mm, normalt 1–5 mm) i kontrast mot en finkornig grundmassa, vilket markeras med en granitporfyrisk överbeteckning (Gp) på kartan. På många ställen har porfyren vackert oscillatoriskt zonerade fältspatströkorn med rektangulär eller sexsidig, rundad form. Kvartsen är gråvit eller blåaktig.

Större brottstycken är vanligen finkornigare och mer vulkanitlik centralt, och har en något grövre kornstorlek ut mot kanterna. Detta kan tolkas som att brottstyckena eventuellt har ett vulkaniskt ursprung, men genom omkristallisation och förgrovning övergått i en granoblastisk, granitliknande bergart (fig. 7c).

I det sydvästra hörnet av 7F Tranås NO finns ett ca 10 km långt nordvästligt stråk med folierad grå granodiorit till kvartsmonzodiorit med 1–3 mm stora fältspatkorn i en finkornig till fint medelkornig grundmassa (fig. 5). Bergarterna i stråket framträder som en tydlig positiv anomali på den flygmagnetiska kartan (fig. 17), i kontrast mot omgivande lågmagnetiska, finkorniga graniter.

### Vulkaniter

Vulkaniterna i området består huvudsakligen av ryoliter (fig. 7d). De har strökorn av kvarts och fältspat i en röd, violett, brun eller rent av svart grundmassa med en mycket finkornig till närmast tät kornstorlek. De mörkaste varieteterna är bäst bevarade och ligger vanligen centralt i vulkanitbältena, medan kontakterna mot omgivande graniter är omkristalliserade. Den östra halvan av vulkanitstråket norr om Sommen (7F Tranås NV) består till övervägande del av mörkt grå daciter (fig. 5 och 7e). Daciterna har strökorn av fältspat, underordnat av mafiska faser (mest biotit) och saknar kvartsströkorn.

Vulkaniterna förekommer som massiva, koherenta porfyrer (fig. 7f), men inom välbevarade enheter är även fragment- och ignimbritstrukturer vanliga (fig. 7g, h). Uppmätt ignimbritstrimmighet har i de flesta fall en grovt sett ost-västlig strykning, parallell med utsträckningen av vulkanitstråken. Vulkaniterna förekommer även som brottstycken i omgivande graniter, särskilt frekvent i anslutning till större vulkanitområden, t.ex. norr om Sommen och söder om Kisa (fig. 5).



## Gångbergarter

De äldsta gångbergarterna är uralitdiabas (amfibolomvandlad diabas) och ryolitisk gångporfyr, vilka har en strykning som varierar från nordvästlig till nordostlig. Gångporfyryrorna är ca 1,78 miljarder år gamla (Nilsson & Wikman 1997), vilket inte skiljer sig nämnvärt från åldern på omgivande TMB-graniter. Blekinge-Dalarnadiabaserna (BDD) är mindre starkt omvandlade och betydligt yngre. Dateringar med U-Pb-metoden på baddeleyite gav åldrar av 0,97 till 0,94 miljarder år (Söderlund m.fl. 2005). BDD-gångarna är grå till svarta, finkorniga till fint medelkorniga med en bredd på upp till 100 m (vanligtvis <20 m breda). Dessa olivindiabaser kan spåras med hjälp av den magnetiska anomalikartan i nordnordvästliga till nordnordostliga riktningar övre längre sträckor.

## Tektonik

Starkt lokaliserad, plastisk deformation med associerade myloniter uppträder sparsamt i zoner. Även spröd deformation förekommer i zonerna, vilket antingen beror på att rörelserna har fortsatt under avklingande temperatur, eller på att zonerna reaktiverats i ett senare skede. Den metamorfa överpräglingen som är relaterad till deformationen är generellt låg, vanligen inte högre än grönskifferfacies. Flera kilometer långa, spröda lineament syns som distinkta, negativa anomalier på den magnetiska anomalikartan. De bildar vanligen även markanta topografiska lineament, i form av dalgångar och långsträckta sjösystem med främst nordnordvästliga till nordnordostliga riktningar.

## Mineraliseringar

De vanligaste sprickmineralen i området är kvarts, epidot, klorit och hematit. Kvartsådror i ungefär nord-sydlig riktning är frekvent öppna och innehåller friväxande idiomorfa bergkristaller. I en vägsärning norr om sjön Hallängen (7F Tranås NV) förekommer upp till en centimeter breda sprickor som är fyllda med molybdenlångs, magnetkis, pyrit och kvarts i en gråröd till gråvit, delvis albitiserad, grovt medelkornig granit till granodiorit, i kontakt med en 8–9 m bred inneslutning eller gång av ryolit. Sulfider förekommer även i upp till flera centimeter stora aggregat i båda bergarterna samt i en 0,2 × 0,8 m stor kvartskörtel. Området är i övrigt mycket fattigt på mineraliseringar.

---

Fig. 7. Foton av bergarter från kartområdet 7F Tranås. Koordinater i rikets nät. **A.** Röd, ojämnt medelkornig syeno- till alkalfältspatgranit med <5 % biotit. Tranåsgranit; Torpön (7F NV 6430995/1461800). **B.** Rödgrå, fint medelkornig monzodiorit till kvartsmonzodiorit med 25-30 % hornblände och biotit. Löningstorp 2 km nordnordost om samhället Sommen (7F NV 6448603/1451288). **C.** På lokalen syns dm-stora till flera meter stora inneslutningar av finkornig till mycket finkornig svagt bandad ryolit/granit i en röd medelkornig syenogranit. Parallellt med kontakten i den långsträckta inneslutningen syns en fin laminering i form av ljusa, 1 mm breda band eller strimmor. Små inneslutningar liksom marginalerna på större brottstycken har i många fall omkristalliserat till en granitisk, finkornig textur. Långsjön ca 10 km norr om Malexander (7F NV 6443905/1468960). **D.** Kvarts-fältspatporfyrisk ryolit, med 1-5 mm stora, kantiga till runda strökorn och kristallfragment (15-20 %) i en mycket finkornig grundmassa. Även litiska fragment förekommer. Bergarten är mörkt röd till brun i färskt brott med en för ryoliter typisk ljusfärgad vittringsyta. Ryoliten har en ignimbritstrimmighet parallellt med den ost-västliga utsträckningen av vulkanitstråket söder om Rydsnäs där den ingår. Grönkullen 4 km väster om Svinhult (7F SV 6403435/1471315). **E.** Fältspatporfyrisk dacit med 1-5 mm stora, kantiga till runda strökorn i en mycket finkornig mörkt grå grundmassa. Även mafiska strökorn förekommer, mest av biotit, men även hornblände och magnetit, vilka tenderar att vittra ur och bilda gropar i den ljusst grå vittringsytan. Orrekullen 4 km norr om Malexander (7F NV 6438815/1468190). **F.** Ryolitisk lava till subvulkanit, med 1-15 mm stora strökorn av vit fältspat och blå kvarts (15-20 %) i en mycket finkornig röd till mörk röd grundmassa. 1 km väster om Svinhult (7F SV 6403128/1473140). **G.** Ignimbrit med utvalda pimpstensfragment. Björnön 5 km nordnordväst om Malexander (7F NV 6438596/1466909). **H.** Lapillituff med upp till 3 cm stora pimpstensfragment. Sammansättningen är ryolitisk, med 1-5 mm stora, rundade till kantiga strökorn och kristallfragment av kvarts och fältspat i en ljusst grå till röd, mycket finkornig till tät grundmassa. Björnön 5 km nordnordväst om Malexander (7F NV 6438596/1466909).

## 8G NORRKÖPING SV, SO OCH 8H ARKÖSUND SV

*Dick Claeson*

Under fältsäsongen 2005 har de tre kartområdena 8G Norrköping SV, SO och 8H Arkösund SV karterats, men data är ännu ej bearbetade och sammanställda varför en provisorisk berggrundskarta ej föreligger. Berggrunden i området är till största delen välblottad.

Underordnat finns metasedimentära bergarter, t.ex. metaarenit (fig. 8 a) och metaargillit (fig. 8 b), ställvis som tydliga xenoliter i yngre magmatiska bergarter (fig. 8 c).

I området förekommer finkorniga amfiboliter tillsammans med mörkt grå till grå, finkorniga, intermediära till felsiska ortognejser (fig. 8 d). Dessa anses representera en äldre generation av basiska, intermediära till felsiska metavulkaniter eller subvulkaniska metaintrusivbergarter och har troligen omvandlats under övre amfibolitfaciesförhållanden. Bergarterna uppvisar vanligen ådror och segregationer av pegmatitisk och finkornig, granitisk sammansättning samt ådergnejsbildning (fig. 8 e). Bättre bevarade basiska till intermediära metavulkaniter förekommer i kartområdena 8G Norrköping SV och SO (fig. 8 f).

Senorogen, röd till grå granit varierar kraftigt i homogenitet, från homogen (fig. 8g), relativt homogen (fig. 8 h) till inhomogen (fig. 9 a). Ställvis är det svårt att avgöra om berggrunden skall tolkas som senorogen granit med inneslutningar eller om den skall representeras som metabergarter med gångar och mindre kroppar av senorogen granit.

Grov- till småporfyriska (strökorstorlek 1–3 cm) granitbergarter som troligen är av TMB-ålder är delvis kraftigt deformerade (fig. 9 b–d) och delvis massformiga (fig. 9 e, f). Om det även föreligger en ålderskillnad mellan de deformerade och de odeformerade är oklart (TMB0 resp. TMB1). Troligen är en del magmatiskt mineralorienterade (fig. 9 g). Ställvis uppvisar de mer granitiska varianterna blåtonad kvarts (fig. 9 h). I de välbevarade partierna ses vanligen en tillväxtzonering i kalifältspatströkornen (fig. 10 a). Enklaver av mer basisk sammansättning ses med och utan strökor (fig. 10 b). Ställvis är de elongerade i samma riktning som foliationen i huvudbergarten (fig. 10 c). I kontakter mot metasedimentära och amfibolitiska bergarter ses de senare som xenoliter i den grovporfyriska (fig. 10 d).

Jämnkorniga, medelkorniga, röda till gråröda granitbergarter av trolig TMB-ålder är inte framträdande i de tre kartområdena (fig. 10 e). De flesta förekomsterna finns i kartområdet 8G Norrköping SV.

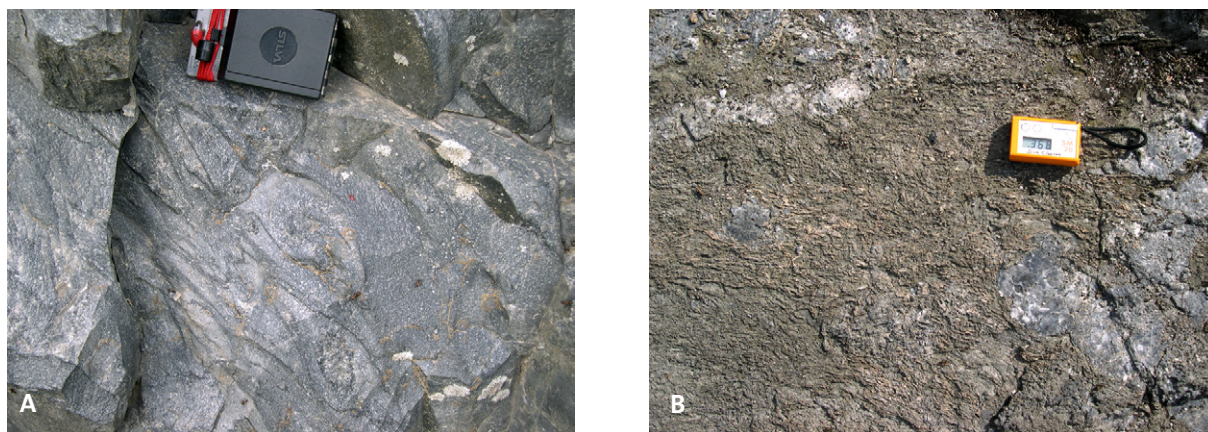


Fig. 8. Foton av bergarter från kartområdena 8G Norrköping och 8H Arkösund. Koordinater i rikets nät. **A.** Metaarenit, folierad och veckad, med dito muskovitförande glimmerskiffer (6457836/1503402). **B.** Metaargillit med möjligen kvartsitiska led (6461989/1503338). **C.** Xenolit av biotitrik metasedimentär bergart i en yngre, magmatisk bergart (6472928/1500974). **D.** Ortognejs med sammansättningar motsvarande tonalit till kvartsdiorit till amfibolit som är folierad, bandad, ådrad och veckad. Notera att det finns olika generationer av pegmatit, där en senare slår igenom äldre strukturer som en gång (6471029/1557106). **E.** Äldre, basiska till intermediära metavulkaniter eller subvulkaniska metaintrusivbergarter med ådror och segregationer av pegmatitisk och finkornig granitisk sammansättning, migmatit och ådergnejsbildning (6458499/1537523). **F.** Bättre bevarade basiska till intermediära metavulkaniter med laminering, foliation eller lagring och mineralstänglighet (6461926/1510981). **G.** Homogen, massformig till svagt folierad senorogen granit (6466953/1506571). **H.** Relativt homogen, glimmerstrimmig, folierad, bandad och ådrad senorogen granit (6467550/1520945).



Fig. 8, forts.



Relativt långt österut i kartområdet 8H Arkösund SV förekommer en ojämnkornig kvartsmonzonit till monzodiorit som troligen är av TMB ålder. Den är massformig i en för övrigt mycket kraftigt deformerad och metamorfoserad berggrund (fig. 10f).

Olika generationer av basiska intrusiv- och gångbergarter förekommer (fig. 11 a, b). Magmablandningsstrukturer ("mingling/mixing") i hybridbergarter mellan sura och basiska bergarter, visar att de ställvis är likåldriga (fig. 11 c). En del diabaser är yngre än TMB och troligen olivintholeiiter av BDD-generationen (fig. 11 d).

Mindre kroppar av mycket grovkornig pegmatit förekommer (fig. 11 e).

Den framträdande Linköping–Loftahammardeformationszonen (LLDZ) uppträder i kartområdet 8G Norrköping SV och bergarterna i denna zon är mycket kraftigt deformerade (fig. 12 a, b), med lokalt halv-meterbredda myloniter. Inom LLDZ finns även områden som i stort undgått deformationen (fig. 12 c).

I kartområdena 8G Norrköping SO och 8H Arkösund SV finns en kraftig deformationszon som går genom Valdemarsviken, böjer av mot nordnordväst och fortsätter upp mot Norrköping. Strukturer i och öster om denna zon har brantstående veckaxlar (fig. 12 d) till ca 45 grader (fig. 12 e) och ställvis brant stupande foliationer (fig. 12 f). Även väster om zonen förekommer branta veckaxlar i bergarter liknande de som dominerar i öster (fig. 12 g). Spröda till plastiska skjuvzoner av varierande storlek förekommer i samtliga kartområden (fig. 12 h).

## MARKGEOFYSISKA ARBETEN 2005

### Inledning

Under året har geofysikerna Johan Jönberger och Niklas Juhojuntti utfört markundersökningar i följande 13 kartområden: 4D Markaryd SO, SV och NV, 4E Tingsryd SO, 5D Värnamo SV, 5E Växjö SO och SV; 7F Tranås SV, NO och NV, 8G Norrköping SO och SV samt 8H Arkösund SV. Fältinsatsen är normalt ungefär tio dagar per kartområde, på de tidigare karterade områdena 5E Växjö SO och SV (Wikman 1998) var insatsen hälften så stor. Arbetet var huvudsakligen inriktat på radiometriska mätningar, susceptibilitetsmätningar samt provtagning för bestämning av bergarternas magnetiska egenskaper och densitet. Markmätning av magnetfältet utförs bland annat för att undersöka diabasgångar eller små basiska intrusioner. I vissa fall utförs markbunden VLF-mätning.

I kartområdet 4D Markaryd, liksom i kartområdena 5D Värnamo SV och SO, användes en ost–västlig flygriktning och en flyghöjd av 60 m vid flygmätningen. I kartområdet 4E Tingsryd SO var flyghöjden densamma, men flygriktningen däremot nord–sydlig. Inom området 5E Växjö användes också en ost–västlig flygriktning, men där var flyghöjden 30 m. Inom de norra undersökningsområdena, dvs. 7F Tranås, de södra områdena av 8G Norrköping samt 8H Arkösund SV, användes genomgående en nord–sydlig flygriktning. Flyghöjden var vanligen 60 m, med undantag av ett område inom södra delen av 8G Norrköping SO och 8H Arkösund SV där flyghöjden var 30 m. Kompletterande tyngdkraftsmätningar har utförts i anslutning till vissa objekt inom de södra undersökningsområdena. I de norra områdena är mätpunktsavståndet genomgående relativt stort (ca 5 km).

---

Fig. 9. Foton av bergarter från kartområdena 8G Norrköping och 8H Arkösund. Koordinater i rikets nät. **A.** Inhomogen senorogen granit med starkt varierande riktningar på foliation, bandning och veck (6462274/1523758). **B.** Kraftigt deformerad, folierad och stänglig, småporfyrisk granit med utdragen kvarts (6467095/1549090). **C.** Deformerad, folierad och stänglig, grovporfyrisk kvartsmonzonit till granit (6451668/1547731). **D.** Närbild av föregående. Plagioklasmantrade strökorn av kalifältspat. **E.** Massformig, små- till grovporfyrisk kvartsmonzonit till granit (6451539/1525600). **F.** Massformig, små- till grovporfyrisk kvartsmonzonit till granit (6456669/1514636). **G.** Strökorn av kalifältspat med makroskopiskt identifierbara, välutvecklade Karlsbadtvillingar. Troligen en magmatisk mineralorientering (6462122/1528190). **H.** Småporfyrisk, massformig granit med blåtonad kvarts (6453179/1504377).



Fig. 10. Foton av bergarter från kartområdena 8G Norrköping och 8H Arkösund. Koordinater i rikets nät. **A.** Välbevarad, grovporfyrisk kvartsmonzonit till granit med tillväxtzonering i kalifältspatströkornen (6456565/1500049). **B.** Enklav av mer basisk sammansättning med strökorn i en medel- till grovkornig, ojämnkornig, massformig granit (6459223/1501342). **C.** Enklaver i tonalit till granodiorit, elongerade i samma riktning som foliationen (6470578/1533255). **D.** Kontakt mellan metasedimentära och amfibolitiska bergarter och grovporfyrisk granit, där de två förstnämnda är xenoliter i graniten (6458748/1513920). **E.** Jämnkornig granit (6463372/1510915). **F.** Ojämnkornig, massformig kvartsmonzonit till monzodiorit (6464748/1562460).



A



B



C



D



E

Fig. 11. Foton av bergarter från kartområdena 8G Norrköping och 8H Arkösund. Koordinater i rikets nät. **A.** Massformig gabbroid med 5-30 mm stora pyroxenströkorn (?) i en fint medelkornig mellanmassa (6455770/1546276). **B.** Pyroxen- och magnetitförande massformig gabbro, troligen tillhörande TMB (6455406/1518663). **C.** Magma-blandningsstrukturer ("mingling/mixing"), med hybridbergarter mellan sura och basiska bergarter vilket visar att de är likåldriga (6466569/1508718). **D.** Diabasgång, 0,5 m bred, troligen BDD, som slår igenom alla strukturer och är yngre än TMB, kontakt 240/70 (6469567/1537580). **E.** Mycket grovkornig pegmatit med upp till flera dm stora kristaller (6471484/1536707).

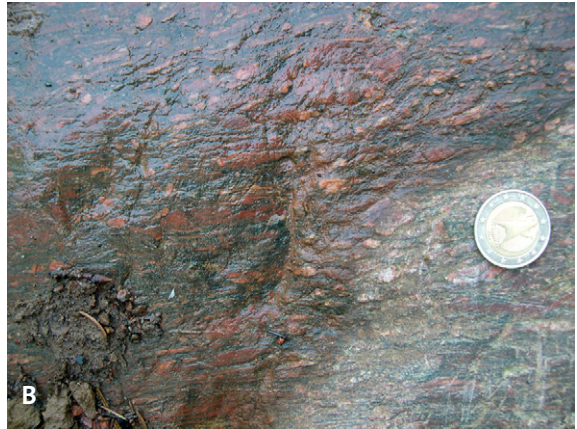




Fig. 12. Foton av deformationsstrukturer i kartområdena 8G Norrköping och 8H Arkösund. Koordinater i rikets nät. **A.** Stora mängder kvarts och epidot som sprickfyllnad i en deformerad bergart i LLDZ, skjuv- och krosszon. Ca 50 m öster om obs.-punkten kan man skönja att den varit en granitoid, möjligen med kalifätspatögon (6462434/1505482). **B.** Kraftigt plastiskt deformerad, troligen ögonförande granitoid i LLDZ. På samma lokal finns en 0,5 m bred mylonit (6459268/1509407). **C.** Inom LLDZ finns områden som i stort sett undgått deformationen men som är plastiskt deformerade. Slirorna av granit och pegmatit har vanligen en bård av mörka mineral i kontakten till granit- till granodioriten, vilket saknas hos aplitgångarna (6459858/1507169). **D.** Brantstående veckaxel öster om deformationszonen, mellan Norrköping och Valdemarsvik. I hällen förekommer även andra riktningar och stupningar på veckaxlar (6453045/1550136). **E.** Veckaxlar öster om deformationszonen, mellan Norrköping och Valdemarsvik (6471783/1560005). **F.** Brant stupande foliation i deformationszonen, mellan Norrköping och Valdemarsvik (6452451/1544300). **G.** Även väster om deformationszonen förekommer brantstående veckaxlar i bergarter som liknar de som dominerar i öster (6474922/1527757). **H.** Spröd till plastisk skjuvzon i senorogen granit till granodiorit (6451802/1523377).

## 4D MARKARYD SO

*Johan Jönberger*

På den magnetiska anomalikartan syns några nordnordostligt strykande deformationszoner (fig. 13). Magnetfältet är övervägande lågt i den västra delen av kartområdet, med undantag för den allra västligaste delen, medan det förekommer kraftigare fluktuationer längre österut.

Stora delar av områdets berggrund består av graniter. Deras strålningshalter är 4,2 % kalium, 2,9 ppm uran och 14 ppm torium i medeltal. Graniternas radium- och gammaindex håller sig inom 0,06–0,47 respektive 0,61–1,05. Två kilometer väster om Visseltofta finns en ljusröd, finkornig granit med högre halter, 4,3 % kalium, 7,7 ppm uran och 32 ppm torium i medeltal. Detta leder också till ett högre gammaindex på 1,42.

Det finns ett litet område två kilometer sydväst om Delary som består av ryolit. En spektrometernmätning gjordes på en väghäll och halterna var 1,9 % kalium, 4,1 ppm uran och 12 ppm torium. Ryoliten förekommer även i ett stenbrott i närheten. Därifrån togs en parameterstuff vars densitet uppmättes till 2 640 kg/m<sup>3</sup>.

Några lokaler består av amfibolit och andra basiska bergarter. I den allra nordligaste delen av kartområdet finns en hyperitdiabas, i övrigt besöktes sex lokaler med basiter. Det högsta susceptibilitetsvärdet ( $13250 \times 10^{-5}$  SI-enheter) uppmättes för en diabas i ett nedlagt stenbrott tre km sydost om Killeberg. Q-kvoten var dock lägre än 1.

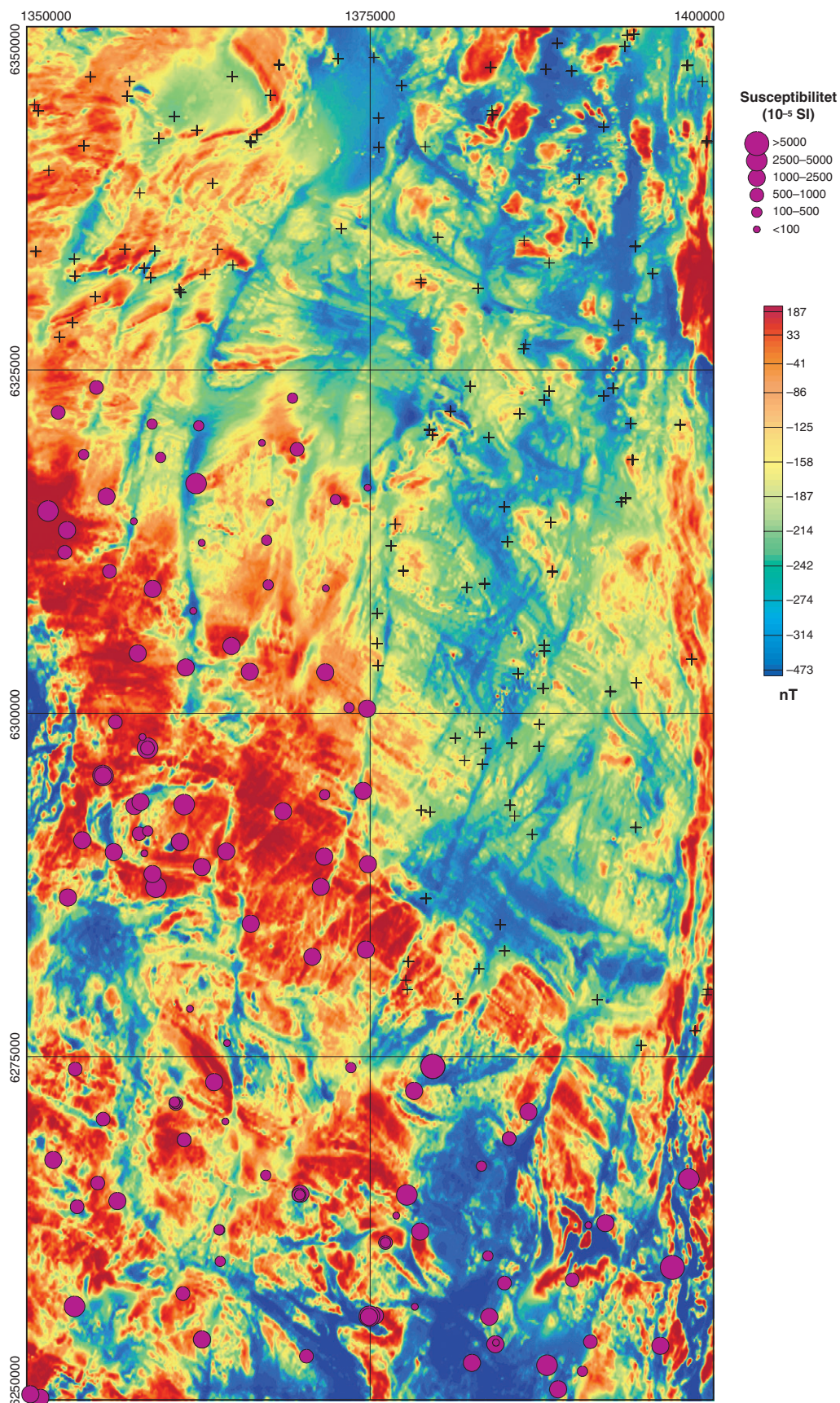


Fig. 13. Magnetisk, polreducerad anomalikarta över kartområdena 4D Markaryd och 5D Värnamo. Susceptibiliteten från hållmätningar visas som medelvärde för varje geofysisk lokal och bergart. De lokaler som besöktes föregående år visas med plustecken.

## 4D MARKARYD SV

*Niklas Juhojuntti*

Flygmätningen visar inte några kraftiga magnetiska anomalier. De basiska bergarterna inom området är huvudsakligen granatförande amfiboliter i granulitfacies. De flesta observationerna av amfiboliter har utförts i den östra delen av kartområdet. Susceptibiliteten är generellt låg, endast vid en lokal har mätvärden över  $1\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter uppmätts, och medelvärdet av mätningar på håll är ca  $300 \times 10^{-5}$  SI-enheter (sammanlagt 7 lokaler). Medelvärdet för områdets graniter, vilka huvudsakligen är gråröda till röda, finkorniga till medelkorniga och deformerade, är ca  $900 \times 10^{-5}$  SI-enheter, dvs. högre än för de basiska bergarterna. Det är vanligt att lokaler med graniter, granodioriter och olika slags monzograniter uppvisar genomsnittliga värden över  $1\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter. I flera fall förekommer även genomsnittliga värden som är högre än  $2\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

Den radiometriska flygmätningen visar genomgående låga halter av uran och torium vid markytan, men lokalt något högre kaliumhalter (fig. 14). Blottningsgraden är låg i området, vilket gör det svårt att göra direkta förutsägelser om halterna av radiometriska element i berggrunden utgående från flygmätningen. Hällmätningarna visar dock vanligen måttliga toriumhalter, endast vid två lokaler med finkornig granit har toriumhalter på ca 20 ppm uppmätts, i övrigt är halterna lägre. Uranhalterna är generellt mycket låga, vanligen under 2 ppm, inte i något fall över 6 ppm. I tätorten Markaryd uppmättes kaliumhalter på ca 5 % för en röd granit till kvartssyenit samt för en finkornig granit, varav den senare innehåller små granater. Vid Åsa klint, strax nordost om Markaryd, finns en kvartssyenit med relativt hög kaliumhalt (ca 5 %). Flygmätningen visar att högre kaliumhalter förekommer i ett stråk med ungefär nordvästlig riktning längs Lagan vid Markaryd och Åsa klint, men sannolikt orsakas detta av kvartära avlagringar.

## 4D MARKARYD NV

*Johan Jönberger och Niklas Juhojuntti*

Några markanta strukturer framträder på den magnetiska anomalikartan, främst ett veck beläget ungefär i mitten av kartområdet (fig. 13). Mitt i detsamma återfinns en markant lågmagnetisk struktur. Möjligen uppträder även ett veck längre söderut i området. Båda strukturerna klipps i öster av en nord-sydligt strykande, lågmagnetisk struktur. Den sydvästra delen av kartområdet utgörs till övervägande del av ett sammanhängande, lågmagnetiskt område. I öster är magnetfältet generellt kraftigare, med undantag av lågmagnetiska zoner med nordnordostlig riktning.

En stor del av spektrometernätningarna gjordes på granitisk berggrund. Strålningen där är generellt låg, vanligen innehåller graniterna ca 4 % kalium, under 2 ppm uran och ca 10 ppm torium. Uranhalterna är mycket låga, med låga radiumindex som följd (<0,22). Även gammaindex är generellt lågt med värden som vanligen ligger mellan 0,5 och 0,9. Endast vid tre lokaler har gammaindex >1 uppmätts. Berggrunden består där av gråröda, medelkorniga syenograniter med höga kalium- och toriumhalter medan uranhalten även där är låg (5,1 % kalium, 1,9 ppm uran och 28 ppm torium i medeltal). Två av lokalerna ligger nära Annerstad medan den tredje ligger vid den västra kanten av kartområdet. Granatamfiboliterna och ultrabasiterna har oftast betydligt lägre strålningsvärden än graniterna.

Omkring samt i veckstrukturen vid kartområdets mitt förekommer kvartsmonzodioriter, dioriter och gabbroider som vid flera lokaler uppvisar genomsnittliga susceptibilitetsvärden över  $4\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Även susceptibilitetsvärden på ca  $10\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter har uppmätts i några gabbroider i området. I den lågmagnetiska delen av vecket observerades en gråröd, fin- till medelkornig monzogranit med måttlig susceptibilitet (ca  $1\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Det förekommer även lågmagnetiska basiska bergarter inne i vecket, dock få lågmagnetiska felsiska bergarter. En jämförelse mellan den magnetiska anomalikartan och kartan över den skenbara resistiviteten visar att vecket sammanfaller med ett lågresistivt område. Vecket ligger i ett ungefär 50 km långt stråk med relativt magnetiska bergarter, som sträcker sig från Hyltebruk i sydsydostlig riktning ungefär till Hängasjön, nordost om Strömsnäsbruk (fig. 13).

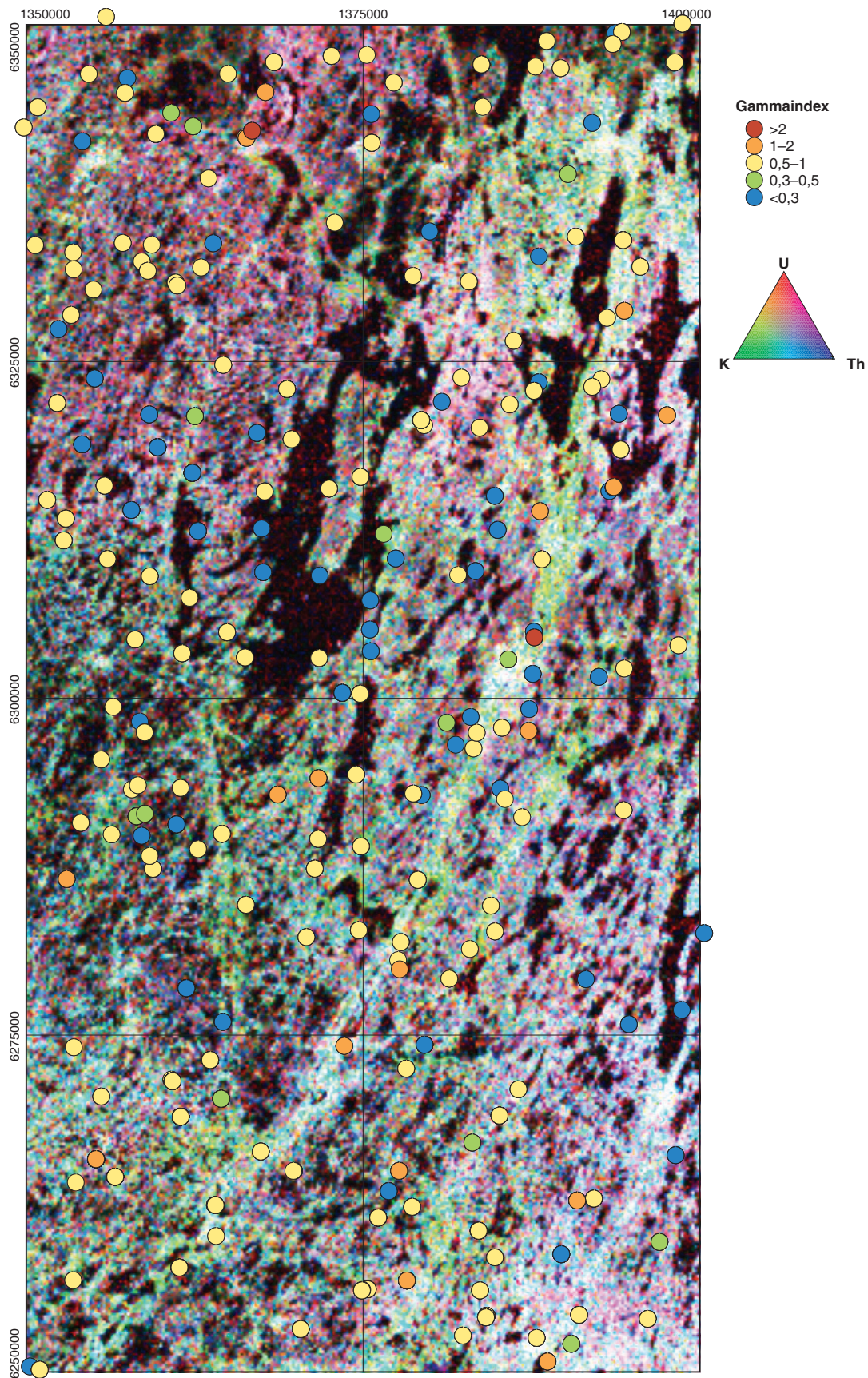


Fig. 14. Färgkompositbild visande kalium-, uran- och toriumhalter vid markytan i kartområdena 4D Markaryd och 5D Värnamo. Symbolerna representerar gammaindex från mätning på håll.

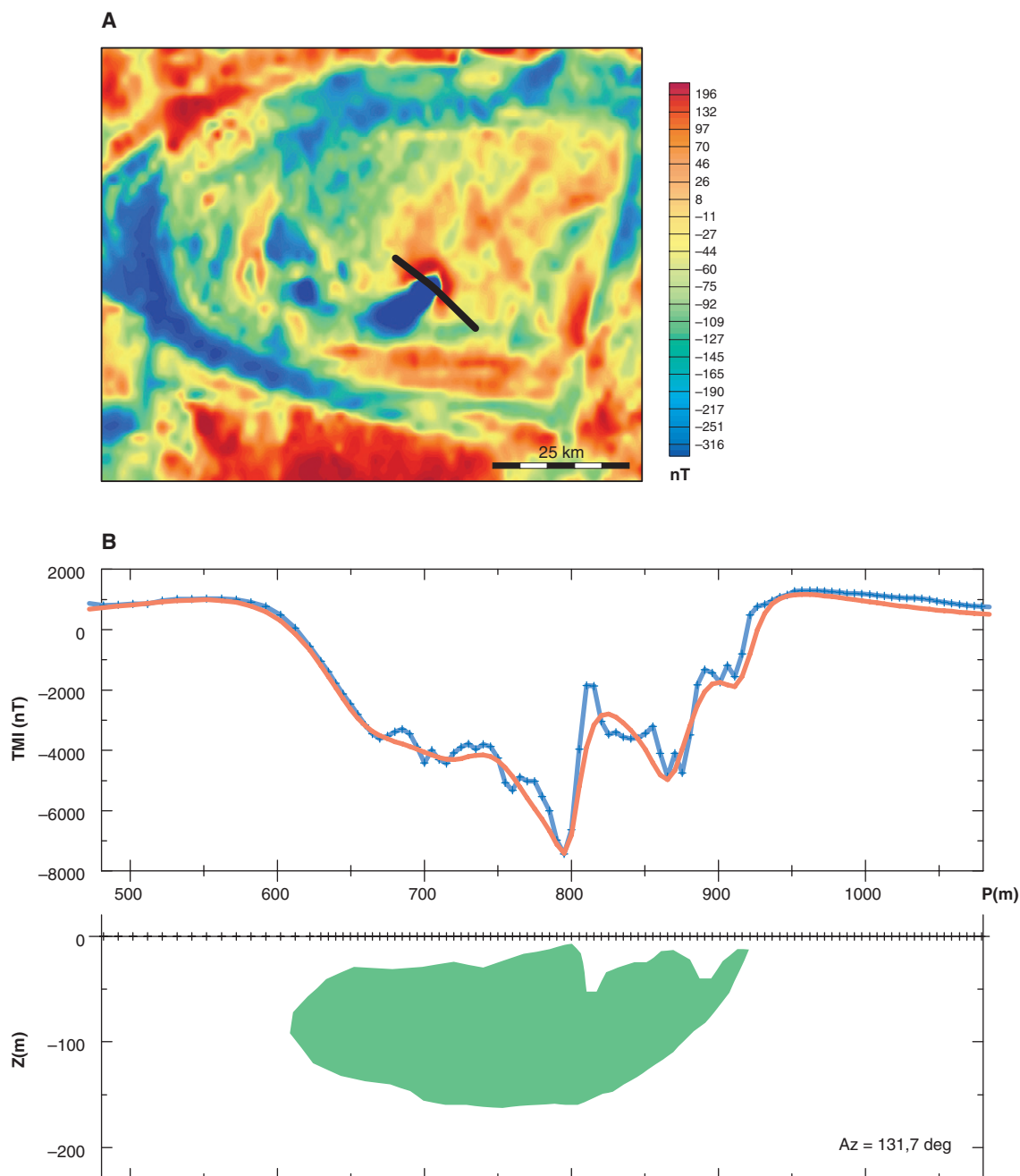


Fig. 15. Profilmätning med magnetometer över en lågmagnetisk anomali. **A.** Profilens läge är markerad på ett utsnitt av den magnetiska anomalikartan. **B.** Överst: blå linje är resultatet från profilmätningen, röd linje är responsen från modellen. Underst: Modell över den geologiska struktur som orsakar anomalin.

En intressant iakttagelse gjordes i det framträdande lågmagnetiska området mitt i veckstrukturen (fig. 15a). Där finns en ultrabasit som visade sig vara kraftigt remanent magnetiserad. Enligt fältmätningarna uppgick basitens genomsnittliga susceptibilitet till  $2\,300 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Q-kvoten hos ett bergartsprov var 15,9 och riktningen hos den remanenta magnetiseringen var 350 och  $-80$  grader för deklinationen respektive inklinationen, med intensiteten 17,0 A/m. Mätningar gjordes över basiten med både magnetometer och VLF-instrument. De magnetiska mätresultaten användes för att göra en modell över den geologiska strukturen (fig. 15b). Den modell som baseras på VLF-mätningen längs samma sträckning visar ett område med låg skenbar resistivitet som sammanfaller väl med modellen från den magnetiska mätningen. Observationer tyder på att basiten är grovkornig, porös och djupvittrad vilket kan innebära att den är uppsprucken. Om vatten fyller sprickorna så ger det upphov till den låga resistivitet som indikeras av VLF-mätningen.

## 4E TINGSRYD SO

*Niklas Juhojuntti*

Kartområdet domineras av djupbergarter och vulkaniter tillhörande TMB. Kvartsmonzonit är vanligt förekommande inom södra delen av området. Kaliumhalten är vanligen ca 3 %, uranhalten 4–5 ppm eller lägre och toriumhalten strax över 10 ppm. Medelsusceptibiliteten är ungefär  $1\,400 \times 10^{-5}$  SI-enheter och densiteten 2700–2800 kg/m<sup>3</sup>. Inom områdets södra del förekommer även kvartsmonzodiorit, vilken vanligen har högre susceptibilitet (medelvärde ca  $2\,300 \times 10^{-5}$  SI-enheter) än kvartsmonzontiten. Kvartsmonzodioritens halter av radiometrisk element har endast undersökts vid en lokal. Mätningen visar lägre kalium- uran- och toriumhalter än för den mer vanligt förekommande kvartsmonzoniten.

Karlshamnsgranit förekommer i området sydost om sjön Mien, i det sydöstra hörnet av kartområdet. Mätningar visar uranhalter på 4,4–7,5 ppm, toriumhalter på 17–30 ppm och kaliumhalter på 4,0–4,7 %. Den relativt höga toriumhalten ger upphov till en tydlig anomali i flygmätningen (fig. 16d). Nära Abborramåla, vid södra kanten av området, uppträder även en röd till gråröd, fin- till medelkornig granit, möjligen yngre än TMB-bergarterna. Kaliumhalten är 5 %, uranhalten 9,5 ppm och toriumhalten 20 ppm. Graniten är lågmagnetisk och har relativt låg densitet (2620 kg/m<sup>3</sup>). Strax väster om Urshult uppträder en ljus grå, finkornig till medelkornig gnejsgranit eller gnejsgranodiorit med 3,7 % kalium, 3,8 ppm uran och 15 ppm torium samt en susceptibilitet strax under  $1\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

Det förekommer enstaka basiska intrusioner med liten utbredning. En av dem uppträder i anslutning till den mest framträdande magnetiska anomalin i området, ett ca 18 km långt ost–västligt högmagnetiskt stråk med en utsträckning ungefär från sjön Krampen till Sävsjön. Magnetfältet varierar kraftigt längs stråket (fig. 16a). Vid Brorsmåla nordost om Ryd finns ett mer magnetiskt parti, orsakat av en gabbro med en susceptibilitet på ca  $8\,000\text{--}16\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Gabbroen har dessutom en relativt kraftig remanent magnetisering, med en styrka ungefär motsvarande den inducerade magnetiseringen, samt hög densitet (3060 kg/m<sup>3</sup>). I anslutning till gabbroen förekommer även något mindre magnetiska bergarter, bland annat monzodiorit. Markmätning av magnetfältet visar att det avsnitt av anomalin som ligger närmast Brorsmåla orsakas av gabbroen i kombination med de mer dioritiska bergartsleden. Tyngdkraften visar tydliga förhöjningar längs vissa avsnitt av det magnetiska stråket. Längs den västra delen av den magnetiska anomalin finns dock ingen tydlig tyngdkraftsförhöjning. Detta i kombination med att även magnetfältet är svagare tyder på att denna del av anomalin orsakas av en något lättare och mindre magnetisk bergart, troligen en diorit. Vid den östra änden av anomalistråket, ungefär vid Sävsjön, indikerar magnetfältet och tyngdkraftsfältet att det förekommer ytterligare en högmagnetisk basisk kropp, men hålobservationer saknas.

I kartområdet förekommer även metamorft påverkade, lågmagnetiska gabbroliknande bergarter. I tätorten Urshult uppträder en amfibolit med en susceptibilitet som vanligen är mindre än  $100 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Densiteten är relativt hög (2940 kg/m<sup>3</sup>). Kaliumhalten är 0,7–1,9 %, vilket är något högre än vad som är normalt för gabbrokroppar i området. Även toriumhalten är relativt hög (1,5–4,5 ppm).

Felsisk vulkanit är vanligt förekommande inom norra delen av området. Vid Törnabygd förekommer en grå variant med en kaliumhalt på 3,1–3,3 %, uranhalt på 2,9–4,2 ppm och toriumhalt på 12–13 ppm. Susceptibiliteten är ca  $700 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Det finns även mindre förekomster av basisk vulkanit, bland annat ungefär 2 km väster om Rösslemåla. Den basiska vulkaniten är lågmagnetisk (susceptibilitet  $<100 \times 10^{-5}$  SI-enheter) och har hög densitet (3070 kg/m<sup>3</sup>). Mätningen visar på låga kalium-, uran- och toriumhalter.

I kartområdets sydöstra hörn ligger en topografisk sänka med sjön Mien i centrum (fig. 16c). Sänkan anses vara resultatet av ett meteoritnedslag och har varit föremål för omfattande undersökningar (Åström 1998). Bland annat visar seismiska mätningar låg S-vågshastighet omkring sjön, men normal (eller möjligen något hög) S-vågshastighet i berggrunden direkt under sjön. Detta kan förklaras med att en kraftig hydrotermal aktivitet ägt rum nära sänkans centrum direkt efter nedslaget, med implikationer för berggrundens magnetiska egenskaper. Magnetfältet varierar kraftigt i centrum av nedslagsstrukturen. Bland annat finns en positiv anomali på ön Ramsö, vilken undersökts genom markmätning under sommarens fältarbete. Mätningen visar en relativt kraftig anomali (+2000–3000 nT) med en längd av 150–200 m. Hällar saknas på ön, men tidigare undersökningar (bl.a. borrhningar) visar att det förekommer ryolitliknande bergarter med relativt kraftig remanent magnetisering (R. Stanfors, muntl. medd.). SGU har också nyligen utfört komplet-

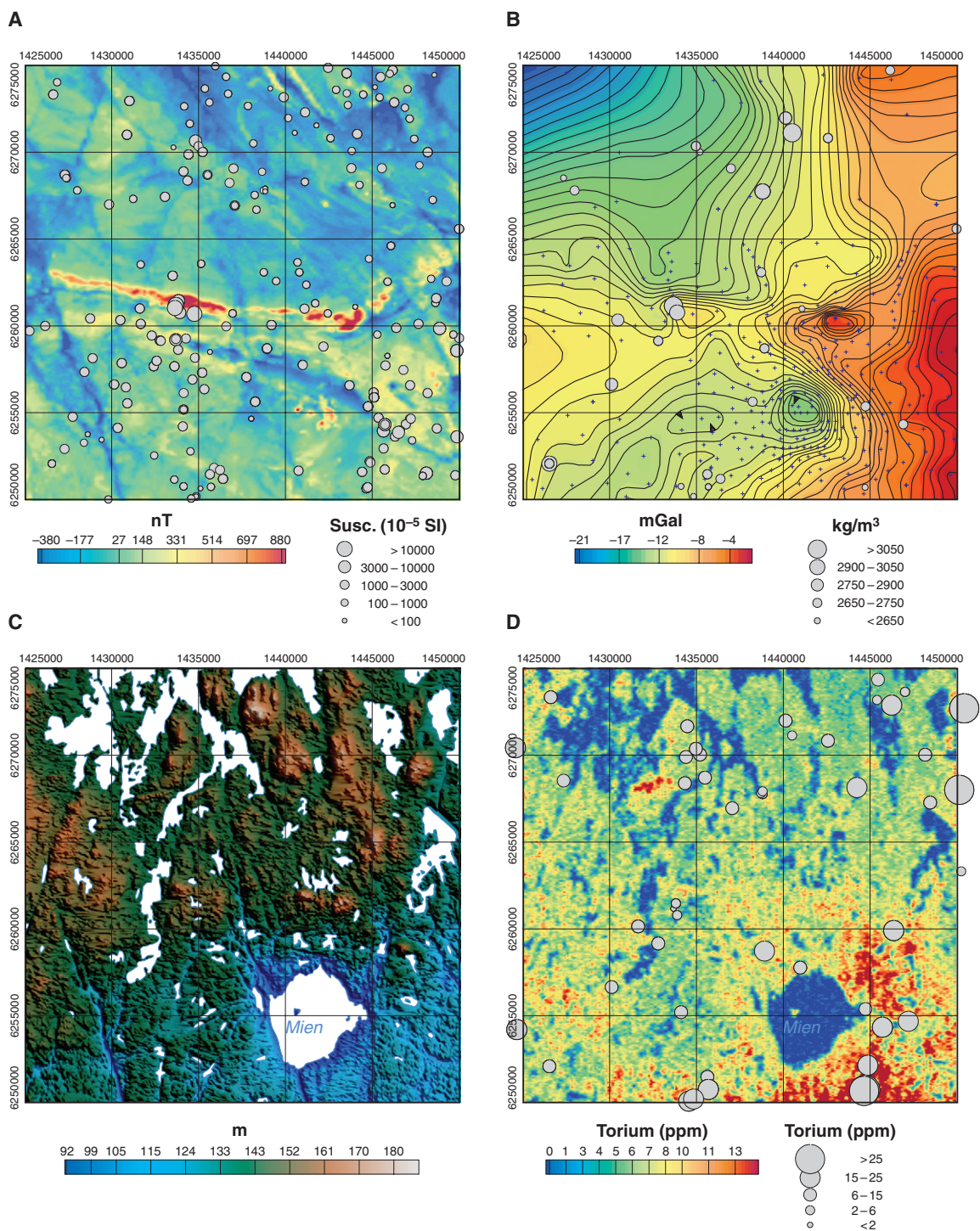


Fig. 16. Diverse data för kartområdet 4E Tingsryd SO: **A.** magnetfält samt susceptibilitet från mätning på håll, **B.** tyngdkraftsfält, tyngdkraftsmätpunkter samt densitet från bergartsprover, **C.** topografi, **D.** toriumhalter från flyg- och markmätningar.

terande tyngdkraftsmätningar i området, bland annat på sjön under vintertid. Sjön sammanfaller med ett markant tyngdkraftsminimum, i storleksordningen  $-5$  mGal (fig. 16b).

## 5D VÄRNAMO SV

*Johan Jönberger*

På magnetfältskartan syns några deformationszoner som sträcker sig i nord-sydlig riktning (fig. 13). En framträdande zon sträcker sig under sjön Unnen mitt i kartområdet. Väster om denna är magnetfältet förhållandevis starkt och homogent.

Strålningsmätningarna på graniterna (totalt 44 mätningar) visar i medeltal 3,9 % kalium, 1,4 ppm uran och 11 ppm torium. Uranhalterna är mycket låga, vilket avspeglas i radiumindexet som endast når 0,18 som högst (medelvärde 0,09). Graniternas susceptibilitet är förhållandevis hög med värden mellan 510 och  $3\,160 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Q-kvoten hos graniterna håller sig under 1, förutom vid en lokal nära västra kartområdeskanten där värdet går upp till 9,6. Susceptibiliteten från fältmätningarna på samma lokal är  $620 \times 10^{-5}$  SI-enheter i medeltal.

Basiska bergarter är vanligt förekommande i området förutom i den sydvästra delen. Deras susceptibilitet är förhållandevis låg, medelvärdet från mätningar på håll är  $180 \times 10^{-5}$  SI-enheter (totalt 12 lokaler).

Tre gnejslokaler undersöktes i den nordöstra delen av kartområdet. Det är svårt att dra några säkra slutsatser från spektromettermätningar i den här typen av berggrund eftersom sammansättningen kan variera mycket på korta avstånd. Gnejsen vid lokalerna två kilometer nordost om UGGLEBO och på västra sidan av BOLMSÖ har en övervägande granitisk strålningsSignatur (3,4 % kalium, 1,6 ppm uran och 10 ppm torium i medeltal). Den andra gnejslokalen på BOLMSÖ, vid kanten av kartområdet, har mer granodioritiska egenskaper, bland annat 2,6 % kalium i medeltal.

## 5E VÄXJÖ SO

*Johan Jönberger*

En grundlig och detaljerad geologisk undersökning har tidigare gjorts av kartområdet (Wikman 1998). En viss geofysisk kartering har också ägt rum. Syftet med årets geofysiska undersökning var att komplettera befintliga data och att erhålla en så fullständig yttäckning som möjligt.

Bergarterna i området är generellt homogena och odeformerade. Några tydliga geologiska strukturer framträder på den magnetiska anomalikartan. I den östra delen av området syns två nordnordostligt strykande diabasgångar samt kontakten mellan porfyrisk Smålandsgranit och felsisk vulkanit. Vid Växjö finns några högmagnetiska områden och positiva tyngdkraftsanomalier som kan relateras till gabbrokroppar. Gabbbron vid vattentornet i centrala Växjö har en susceptibilitet på  $16\,900 \times 10^{-5}$  SI-enheter i medeltal. Q-kvoten är dock låg (0,1) vilket visar att gabbbron inte har någon betydande remanent magnetisering. Strax sydost om Växjö togs flera orienterade bergartsprover från en gabbro med en remanent magnetiseringsriktning på 50/-5 grader för deklinationen respektive inklinationen. Även för denna gabbro är Q-kvoten låg (0,7).

Den felsiska vulkaniten undersöktes vid tre olika lokaler, belägna ganska långt ifrån varandra. De skiljer sig inte åt strålningsmässigt och har 3,7 % kalium, 3,8 ppm uran och 12 ppm torium i medeltal. Lokalerna ligger i det regionala vulkanitbältet som har en västnordvästlig utsträckning och i det mer högmagnetiska stråket som har en utbredning längre norrut.

Mätningarna som gjordes på granitisk berggrund ger i stort sett en liktydig strålningsbild. Nio granitlokaler undersöktes och strålningshalterna var 3,9 % kalium, 4,7 ppm uran och 16 ppm torium i medeltal. Avvikande halter uppmättes för en fint rödgrå, medelkornig granit vid NÖBBELE som hade 4,4 % kalium, 8,0 ppm uran och 27 ppm torium i medeltal. Detta gav ett radium- och gammaindex på 0,49 respektive 1,34.

Mätningar gjordes också på kvartsmonzodiorit och andesit. Halterna hos kvartsmonzodioriten var 2,9 % kalium, 3,5 ppm uran och 9,1 ppm torium i medeltal, medan de var 2,3 %, 2,0 ppm och 4,6 ppm hos andesiten.

## 5E VÄXJÖ SV

*Niklas Juhojuntti*

Den nu aktuella undersökningen har varit mycket översiktlig, eftersom området nyligen har karterats (Wikman 1998). Området domineras av deformerade graniter och monzograniter tillhörande TMB. Protogin-zonen löper som ett brett nord-sydligt bälte över större delen av kartområdet med undantag för den allra östligaste delen, omkring sjön Salen och Alvesta samt norr därom. I områdets östra del förekommer Filipstadsgranit (rödgrå till gråröd, porfyrisk monzogranit) som har relativt hög susceptibilitet (ca  $2000 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Längre mot väster har de olika gnejsiga graniterna och monzograniterna genomgående betydligt lägre susceptibilitet. Antalet mätningar där är dock få.

Mätningarna på Filipstadsgraniten visar en kaliumhalt på 3,0–3,3 % samt låga uran- och toriumhalter (under 3 respektive 11 ppm). Monzograniterna och graniterna i den centrala delen har vanligen något högre kaliumhalter. Den mestadels finkorniga gnejsen som huvudsakligen uppträder i väster har vanligen en kaliumhalt på ca 4 %. Mätningarna visar överlag på förhållandevis låga uran- och toriumhalter, men det förekommer att pegmatiterna har relativt höga uranhalter (50–80 ppm).

I kartområdet förekommer ett flertal omvandlade basiska bergartskroppar, vanligen med liten utbredning. Magnetfältet tyder på att de flesta är lågmagnetiska, vilket bekräftats av mätningar vid ett fåtal lokaler, bland annat norr om Alvesta. I områdets västra del uppträder flera hyperitdiabaser (Wikman 1998), av vilka flera troligen är relativt magnetiska, bland annat en bred gång norr om Hjälmsänga. Block som påträffats i anslutning till gången har en susceptibilitet på  $6000\text{--}7000 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Vid Målaskog finns en kraftigt magnetisk, bred diabasgång som tidigare undersökts vid lokaler längre söderut (Wik m.fl. 2005).

## 7F TRANÅS SV

*Johan Jönberger*

Kartområdet ligger både i Jönköpings och Östergötlands län. Jönköpingsdelen har tidigare varit föremål för geofysiska markmätningar. På den magnetiska anomalikartan framträder ett tydligt positivt stråk med ost-västlig riktning centralt i området (fig. 17). Söder om detta är magnetfältet förhållandevis svagt. I den norra delen syns några nordvästligt strykande deformationszoner. Några smala diabasgångar genomkorsar kartområdet i nord-sydlig riktning.

Årets fältinsats begränsades till besök vid 48 lokaler i den del av området som ligger i Östergötlands län.

I de östra delarna finns vidsträckta områden med porfyrisk granit. Dess strålningssignatur skiljer sig från övriga graniter, men det finns också skillnader inom det porfyrisk segmentet. Tre lokaler besöktes i den södra delen där strålningshalterna var 3,8 % kalium, 2,2 ppm uran och 10 ppm torium i medeltal. Susceptibiliteten på samma lokaler är ca  $2600 \times 10^{-5}$  SI-enheter, vilket är ett ganska högt värde. På den magnetiska anomalikartan syns det här området som en distinkt positiv anomali (fig. 17). Området med porfyrisk granit sträcker sig från de östra delarna vidare åt nordnordväst där det gjordes mätningar vid två lokaler med högre strålningshalter. Mätningarna där visar i genomsnitt 4,7 % kalium, 5,6 ppm uran och 19 ppm torium. Susceptibiliteten skiljer sig också från den vid lokalerna längre söderut. Medelvärdet för den porfyrisk graniten är  $630 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

På strålningsskarta (fig. 18) syns ett högstrålande område väster om sjön Stora Skärsjön och det sträcker sig vidare åt sydost. Där finns en röd, medelkornig syenogranit som har höga toriumhalter samtidigt som den har förhållandevis låg susceptibilitet. Fyra lokaler med syenogranit undersöktes och deras strålningshalter är 4,3 % kalium, 7,2 ppm uran och 29 ppm torium i medeltal. Radium- och gammaindex når som högst upp till 0,71 respektive 1,69.

Det finns ett stort område i de södra och sydöstra delarna av kartområdet som består av ryolit, vilken framträder i ett vidsträckt, lågmagnetiskt område på den magnetiska anomalikartan. Mindre partier av ryolit förekommer också i andra delar av området. De har en liknande strålningssignatur i hela kartområdet, dvs. medelhalter på 4,6 % kalium, 5,3 ppm uran och 20 ppm torium. Susceptibiliteten är mellan 20 och

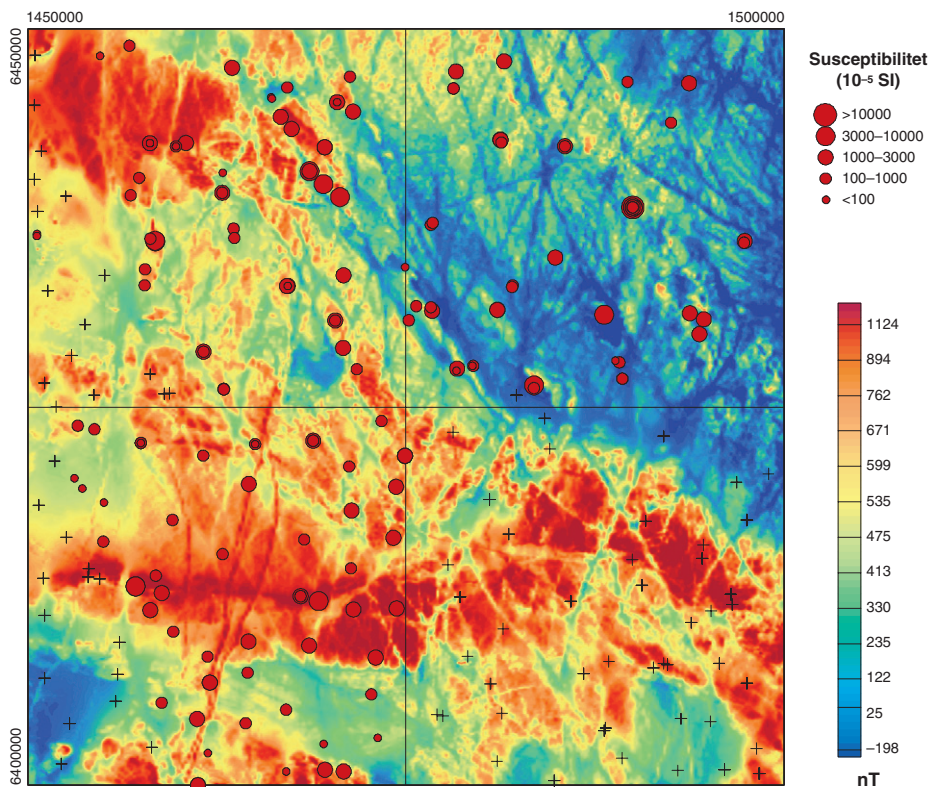


Fig. 17. Magnetisk, polreducerad anomalikarta över kartområdet 7F Tranås. Susceptibiliteten från hållmätningar visas som medelvärde för varje geofysisk lokal och bergart. De lokaler som besöktes föregående år visas med plustecken.

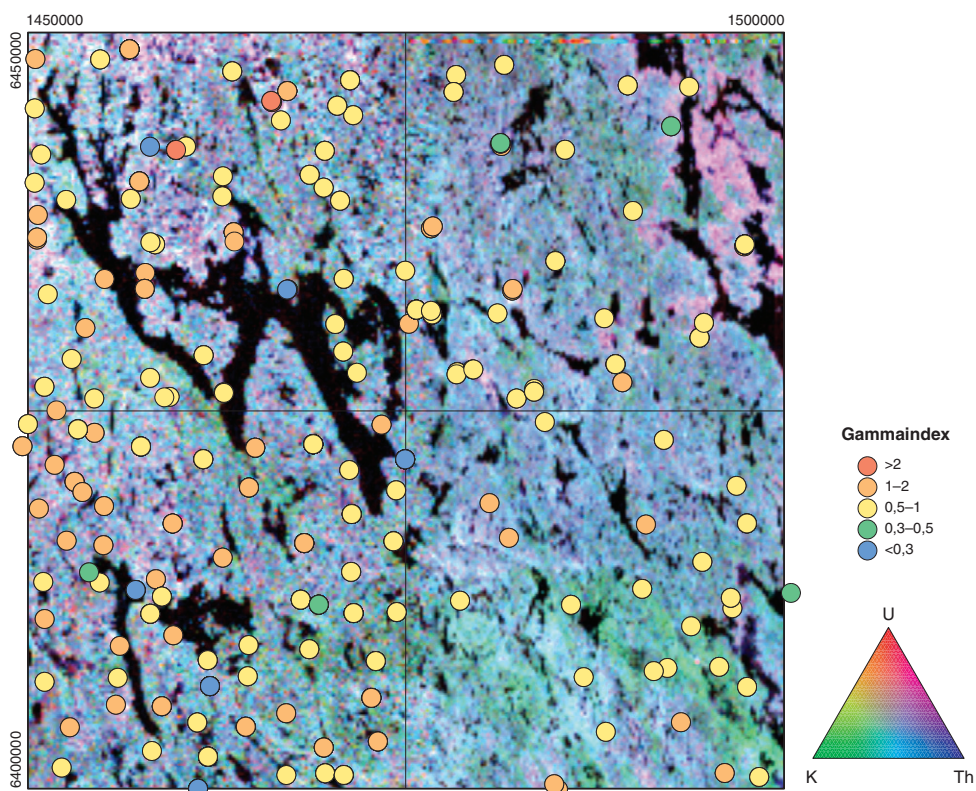


Fig. 18. Färgkompositbild som visar kalium-, uran- och toriumhalter vid markytan i kartområdet 7F Tranås. Symbolerna representerar gammaindex från mätning på håll.

$750 \times 10^{-5}$  SI-enheter i medeltal för varje lokal.

Två lokaler med basiska bergarter undersöktes. Den ena ligger i områdets allra sydligaste del medan den andra utgör en nord-sydligt strykande diabasgång. En magnetisk profil mättes över diabasgången som är ungefär 50 m bred. Försök gjordes att lokalisera orsaken till den kraftiga ost-västliga anomalin (se ovan), dock utan framgång. Det enda som observerades i nära anslutning till den var en kvartsmonzodiorit med susceptibiliteten  $3\,500\text{--}5\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter, vilket inte räcker till för att generera anomalin. Q-kvoten hos orienterade bergartsprover från lokalen är måttliga 0,25.

## 7F TRANÅS NO

*Niklas Juhojuntti och Vladislav Stejskal*

På flera ställen i kartområdet förekommer fin- till medelkorniga typer av Smålandsgranit. De är ansamlade i riklig mängd i vissa hållområden eller i stråk inom den grovporfyrisk Smålandsgraniten, vilket framkommer tydligt från de äldre, kombinerade berggrunds- och jordartskartorna (bl.a. Svedmark 1904). I flera fall visar flygmätningen förhöjda halter av i första hand torium, men på många ställen även uran, inom områden där de fin- till medelkorniga varianterna uppträder. Norr om sjön Övre Fölingen uppträder en rödbrun, fint medelkornig, massformig porfyrisk granit med en toriumhalt på 20–25 ppm och uranhalt på 6–8 ppm. Kaliumhalten är ca 4 % och susceptibiliteten måttlig ( $<600 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Liknande graniter, i några fall gråröda, uppträder spridda i kartområdet. På några ställen kan uranhalterna överstiga 10 ppm och toriumhalterna 30 ppm, susceptibiliteten är genomgående låg till måttlig. Ett tunnslip från en småporfyrisk, fint medelkornig granit norr om Högsbo innehöll flera korn av monazit, ett mineral som brukar innehålla torium. Den radiometriska mätningen i anslutning till slippovslokalen visar en något förhöjd toriumhalt (20 ppm) men normal uranhalt (3–6 ppm).

I kartområdets sydvästra hörn visar flygmätningen en nordvästligt strykande, positiv magnetisk anomali, som går att följa från trakten strax nordväst om sjön Ören till Falla i sydost, en sträcka på över 10 km. Markmätningen tyder på att anomalin orsakas av ett stråk med folierade granitoider med en susceptibilitet på  $2\,000\text{--}3\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Ett tunnslip visar att kvartshalten är relativt låg.

De felsiska vulkaniterna har kaliumhalter som är mellan 3,8 och 5,4 %, dock oftast ca 4,5 %. Uranhalten överstiger inte 7 ppm, toriumhalten är vanligast strax under 20 ppm. Susceptibiliteten överstiger i få fall  $1\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

I ett stenbrott vid Väsby observerades en zon med upp till 0,5 m stora brottstycken av en tydligt kvartsförande intrusivbergart, möjligen en monzogranit, med mycket hög susceptibilitet (i vissa partier över  $30\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter). I anslutning till brottstyckena uppträder en aplit. Markmätning av magnetfältet tyder dock på att brottstyckena endast upptar en smärre volym av berggrunden. Vid samma lokal uppträder en ca 2 m bred nord-sydlig diabasgång med en susceptibilitet på ca  $2\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter samt en tunnare gång med en susceptibilitet på  $8\,000\text{--}9\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

## 7F TRANÅS NV

*Niklas Juhojuntti*

Området omkring Tranås, väster om Sommen, undersöktes huvudsakligen under 2003 som en del av karteringen av Jönköpings län och diskuteras därför inte här.

Växjögraniten har generellt högre kaliumhalter inom kartområdet än Filipstadgraniten, ca 4,2 % jämfört med ca 3,7 %. Ett liknande mönster kan urskiljas för uranhalterna (5,4 jämfört med 4,2 ppm) samt för toriumhalterna (19 jämfört med 14 ppm). Växjögraniten har dock vanligen lägre susceptibilitet än Filipstadgraniten, ca  $500 \times 10^{-5}$  SI-enheter jämfört med ca  $1\,400 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

Flygmätningen visar flera områden med högre uran- och toriumhalter (fig. 18). Eftersom blottningsgraden generellt är hög i området är det normalt möjligt att göra goda förutsägelser om berggrundens halter av

radiometriska element grundat på data från flygmätningen. Undersökningar visar att de högstrålande områdena orsakas av Växjögranit, vanligen med uranhalter på ca 10 ppm och toriumhalter på ca 30–40 ppm, t.ex. nära Sommens strand vid Grytön. Ungefär 1 km öster om sjön Öjaren påträffades en röd, medelkornig, massformig och lågmagnetisk granit (även den möjligen Växjögranit) med toriumhalter på 60–70 ppm och uranhalter på 14–27 ppm. Granitens kaliumhalt är 4,1–4,2 %.

Ungefär 2 km nordnordväst om färjeläget vid Sundsudden påträffades en relativt magnetisk, ljusgrå, medelkornig kvartsmonzodiorit. Susceptibiliteten är vanligen  $3\,000\text{--}4\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Flyg- och markmätning av magnetfältet tyder på att bergarten uppträder längs ett ungefär nord-sydligt stråk med en längd av ca 2 km och en bredd av 200–300 m. Kaliumhalten uppmättes till 3,2 %, uran- och toriumhalterna till 2,8 respektive 10 ppm. Densiteten är  $2\,740 \text{ kg/m}^3$ .

Magnetfältet indikerar att det förekommer några, ungefär nord-sydliga diabasgångar med stor utsträckning (tiotals kilometer), möjligen fortsättning på gångar som observerats längre söderut. Anomalierna är dock diffusa och det finns inga hällobservationer som direkt kan kopplas till dem. Några diabaser eller metadiabaser med måttlig magnetisering har dock påträffats, bland annat vid Sommens strand ungefär 1 km syd om Bålnäs. Susceptibiliteten är ca  $1\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter vid denna lokal, gångens bredd är okänd. Två förskiffrade metadiabaser, troligen ungefärligen nord-sydligt strykande och ca 2 m breda, påträffades i en vägsärning nära sjön Hallängens västra spets. Vid denna lokal är susceptibiliteten  $2\,000\text{--}4\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter och densiteten  $2\,930 \text{ kg/m}^3$  (ett prov). Den remanenta magnetiseringen är låg.

Basiska djupbergarter är sällsynt förekommande inom kartområdet.

## 8G NORRKÖPING SV

*Niklas Juhojuntti*

På flera platser i kartområdet, t.ex. i ett stenbrott vid Hemmingstorp uppträder relativt kaliumfattiga, rödgrå eller grå, medelkorniga graniter till granodioriter. Kaliumhalten överstiger vanligen inte 3 %, uran- och toriumhalterna är generellt under 5 respektive 15 ppm. De kaliumrika graniterna är vanligen gråröda eller röda och medelkorniga. Deras kaliumhalter är i allmänhet högre än 4,5 %, uran- och toriumhalterna är generellt något högre än för den tidigare gruppen. Det förekommer även graniter med låga uran- och toriumhalter, bland annat alldeles vid Mormorsgruvan. De kaliumrika graniterna har generellt lägre susceptibilitet än de kaliumfattiga granit till granodioriterna. Båda grupperna har dock i allmänhet måttliga susceptibilitetsvärden (mest under  $1\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter).

Inslag av pegmatiter är vanligt i kartområdet. De är i allmänhet lågmagnetiska, och har varierande kalium-, uran och toriumhalter. Strax söder om Höversby påträffades en pegmatit med höga toriumhalter (90–190 ppm) men relativt låga kaliumhalter (1,7–2,5 %). Uranhalten vid lokalen är 11–21 ppm. Flygmätningen indikerar att den högstrålande pegmatiten inte har någon större utbredning.

Flygmätningen visar åtskilliga kraftiga magnetiska anomalier omkring Åtvidaberg och väster därom, i allmänhet med liten utbredning. Vid en undersökt anomali, ca 1,5 km nordväst om Mormorsgruvan (sulfidmalm), förekommer starkt magnetiska basiter, ställvis tydligt mörka och finkorniga. Medelsusceptibiliteten är vanligen ca  $10\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter, ställvis förekommer susceptibilitetsvärden på över  $20\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Kaliumhalterna är 1,4–1,7 %, uran- och toriumhalterna 1,2–2,2 respektive 2,0–3,9 ppm. En VLF-mätning indikerar att basiterna har dålig elektrisk ledningsförmåga. Alldeles i närheten av de undersökta lokalerna finns spår efter tidigare gruvverksamhet. I kanten av anomalin uppträder en metabasalt med något lägre susceptibilitet och en kaliumhalt på ca 0,7 %. Malmen i Mormorsgruvan är knuten till en biotitskiffer i en gnejsgranit.

Gruvverksamhet har bedrivits omkring Åtvidaberg åtminstone sedan 1400-talet, troligen bearbetades Mormorsgruvan redan under 1200-talet (Bruun m.fl. 1995). Produktionen vid Mormorsgruvan minskades kraftigt under 1870-talet. Undersökningar utfördes dock i mitten av 1980-talet vid Bersbo- och Mormorsgruvefältet av Vieille Montagne AB respektive LKAB Prospektering AB. Mätningar av den elektriska ledningsförmågan utfördes så tidigt som 1919 av AB Åtvidabergs Bergverk och visade ledande zoner i anslutning till flera av gruvorna, bland annat Mormorsgruvan (Sundius 1921).

Överlag är intermediära till basiska vulkaniter relativt vanligt förekommande inom ett brett nordvästligt stråk genom Åtvidaberg. Nordväst om Åtvidaberg uppträder en mörkt grå till svart, intermediär metavulkanit med relativt hög kaliumhalt (2,4–3,4 %) samt även höga uran- och toriumhalter (3–4 respektive 13–18 ppm). Magnetiseringen varierar kraftigt, vid en lokal är susceptibiliteten  $5\text{--}40 \times 10^{-5}$  SI-enheter, vid en annan  $2000\text{--}7300 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Vid Båtsjön, sydost om Åtvidaberg, uppträder en lågmagnetisk, intermediär till basisk metavulkanit med lägre kaliumhalter (1,1–2,0 %) samt lägre uran- och toriumhalter (ca 2 ppm respektive 5–6 ppm).

I flera områden förekommer även mörka basiska, mest finkorniga till fint medelkorniga, metamorft påverkade bergarter som klassificerats som amfiboliter. Susceptibiliteten är generellt låg ( $<1000 \times 10^{-5}$  SI-enheter), dock förekommer mer magnetiska varieteter. Vid södra änden av sjön Svalgen uppträder en lågmagnetisk amfibolit med låga halter av kalium, uran och torium (kaliumhalt ca 0,5 %).

## 8G NORRKÖPING SO

*Johan Jönberger*

På den magnetiska anomalikartan (fig. 19a) syns tydliga lineament med västnordvästlig riktning. De klipps av en annan deformationszon som sträcker sig från Valdemarsvik vidare mot nordnordväst.

Berggrunden i området är välblottad och mycket heterogen. Många lokaler har ådrade bergarter, främst granit, pegmatitgranit och metamafit. Om mätytan under spektrometern innehåller flera bergarter kan inte resultatet härledas till en specifik bergart. Utgångspunkten har varit att mäta individuella bergarter på varje lokal, men av praktiska skäl har inte detta kriterium uppfyllts överallt. Det är dock av intresse att undersöka hur de fysikaliska egenskaperna ser ut hos en bandad bergart om man ska starta en bergtäkt och inte kan skilja de olika bergarterna. På flertalet platser har det dock varit möjligt att mäta på individuella bergarter. Detta möjliggör en klassificering av bergarterna med hänsyn till strålningsegenskaper, densitet och susceptibilitet.

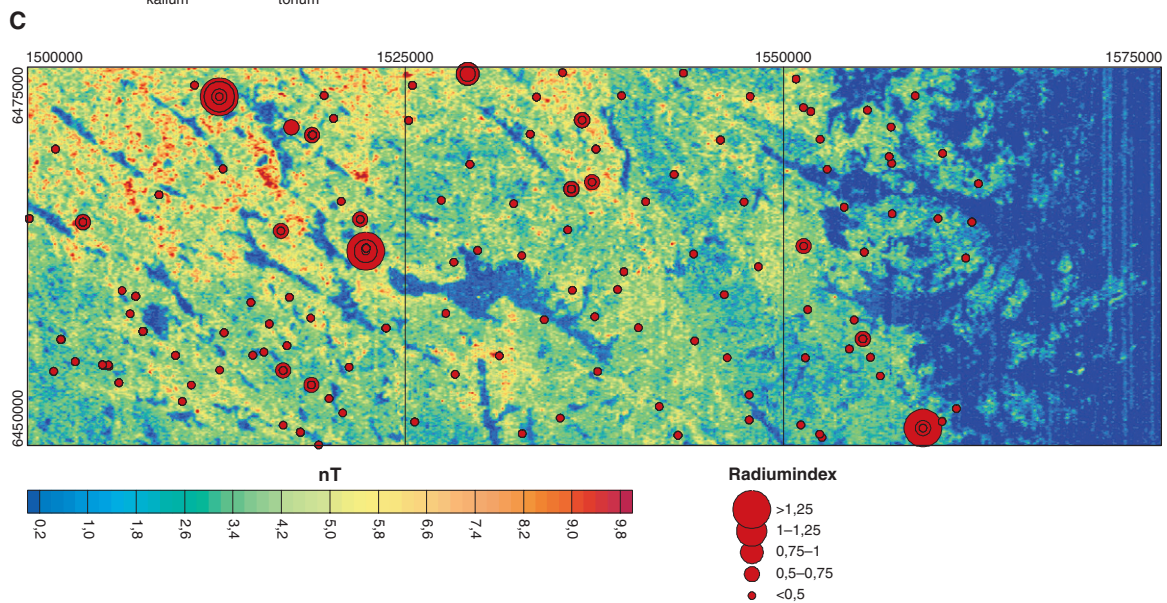
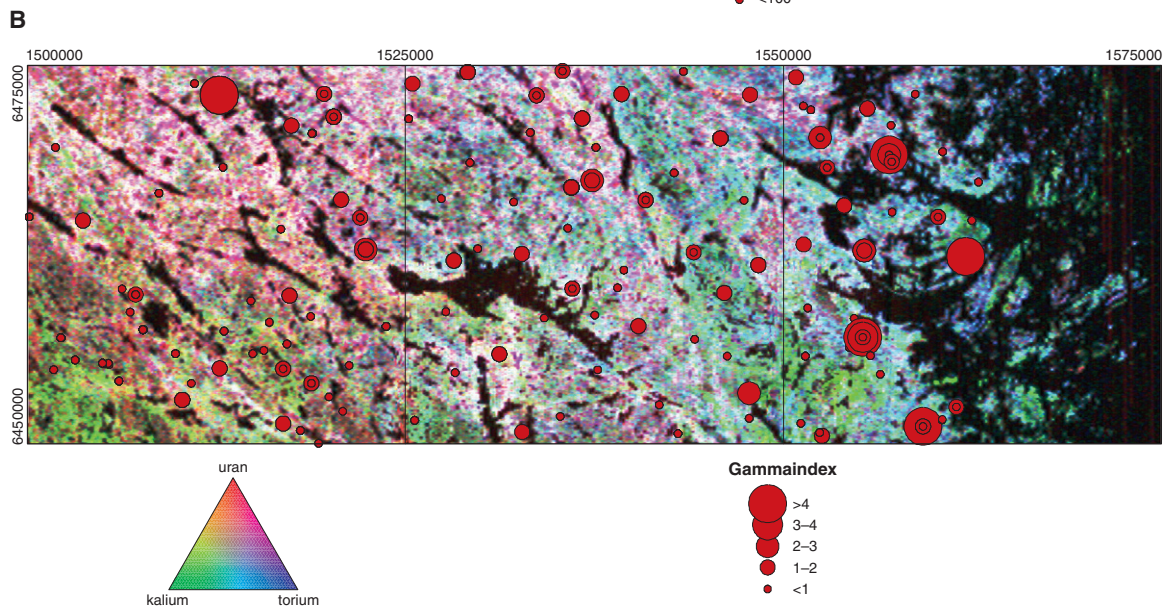
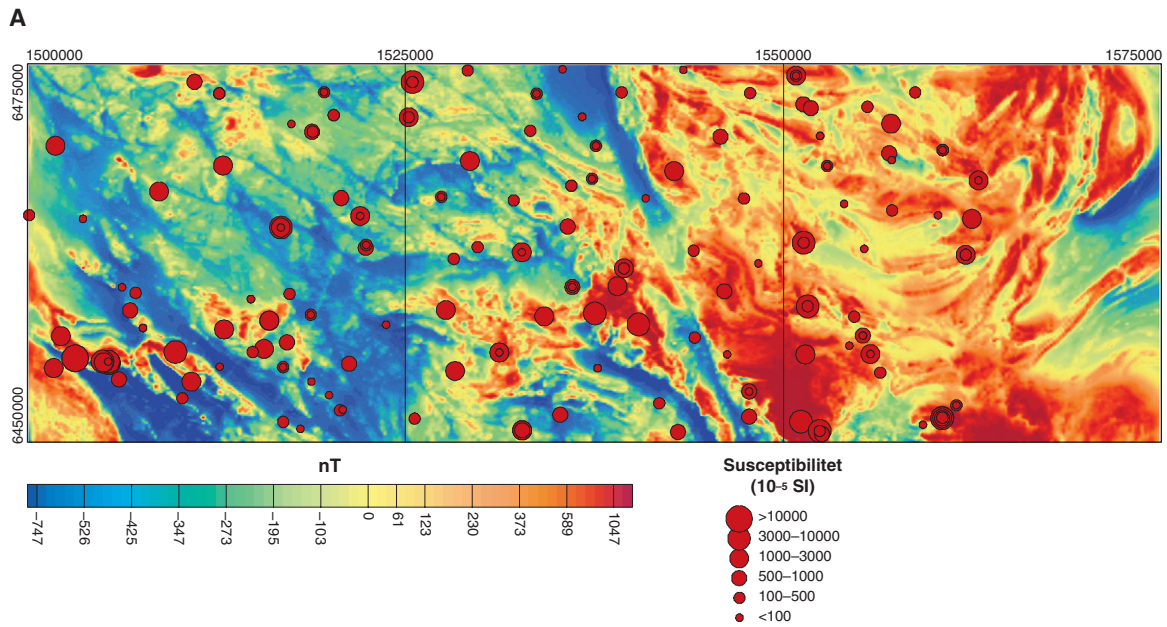
På de flesta lokaler har hällan antingen bestått helt av granit eller haft granitiska inslag. De uppvisar en relativt liktydig strålningsbild med halter på 3,9–5,4 % kalium, 0,5–4,3 ppm uran och 16–31 ppm torium. Radium- och gammaindex är 0,01–0,46 respektive 0,40–1,64.

Två lokaler med grovporfyrisk monzonit till kvartsmonzonit besöktes på vardera sidan om deformationszonen från Valdemarsvik (se ovan). Bergarterna har strålningshalter på 3,5 % kalium, 3,1 ppm uran och 7,4 ppm torium i medeltal. En av lokalerna låg ca två kilometer norr om Ringarum längs E22:an. Där finns också en diabassvärm som stryker i nordvästlig riktning. Den remanenta magnetiseringen hos ett orienterat bergartsprov från en av diabasgångarna har samma riktning som det jordmagnetiska fältet. Q-kvoten är låg (0,6) vilket betyder att den remanenta magnetiseringen är underordnad den inducerade.

Det finns gott om pegmatitgranit i kartområdet och den uppvisar en stor strålningsvariation. Pegmatit påträffades vid 14 lokaler och 24 mätningar gjordes. Halterna för alla mätningar varierar mellan 2,2 och 8,9 % kalium, 0,3 och 13 ppm uran samt 0,3 och 123 ppm torium. Det högsta värdet för gammaindex (2,81) nås vid en lokal nära Valdemarsvik (fig. 19b) medan radiumindex når 0,92 som högst (fig. 19c). Vid en pegmatitlokal strax väster om Ringarum finns också en olivinthetaelitisk diabas med susceptibilitetsvärden mellan  $7500$  och  $9000 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Det togs ett orienterat bergartsprov från diabasen som visar en remanent magnetisering med samma riktning som det jordmagnetiska fältet. Q-kvoten är dock låg (0,4).

Pegmatitgranit uppträder även i form av ådror i berggrunden. Vid ett bostadhus i Ringarum gjordes två mätningar på pegmatitådror. De gav extremvärden på 5,5 % kalium, 8,7 ppm uran och 77 ppm torium. Det finns en röd, grovt medelkornig pegmatitgranit med mycket höga kaliumhalter några km söder om sjön Yxningen. Mätningen som gjordes där resulterade i 8,9 % kalium, 4,9 ppm uran och 3,0 ppm torium. De mest extrema mätvärdena uppmättes 1 km sydost om Valdemarsvik. Lokalen består till övervägande del av granit- och kvartsdioritådror men det förekommer även pegmatitgångar. En mätning som gjordes på pegmatiten gav strålningshalter på 2,7 % kalium, 0,9 ppm uran och 123 ppm torium vilket resulterade i ett gammaindex på 2,81.

Några platser besöktes där hällytorna var ådrade och bandade av olika bergarter. Det är till övervägande



del basiska bergarter som är bandade tillsammans med graniter. Även små inslag av pegmatitgranit förekommer. Gemensamt för dessa lokaler är att hälltyorna är så tätt packade med ådror att man omöjligt kan göra en mätning på en av bergarterna utan att få instrålning från den andra. En lokal söder om Yxningen bestod av bandad granit till pegmatit och hade låga strålningshalter för att vara en granitisk bergart (3,0 % kalium, 1,6 ppm uran och 1,2 ppm torium i medeltal). Vid två lokaler hade berggrundsytan smala ådror av granit och en basisk bergart. En av lokalerna finns i den sydvästra delen av kartområdet, medan den andra ligger längst upp i nordost. Strålningshalterna är 2,5–5,1 % kalium, 2,6–6,1 ppm uran och 8,5–19 ppm torium. Motsvarande radium- och gammaindex ligger i intervallet 0,16–0,38 respektive 0,71–1,11.

## 8H ARKÖSUND SV

*Johan Jönberger och Niklas Juhojuntti*

Graniterna i området har varierande halter av radiometriska element. Kaliumhalterna är vanligen 3,5–6,5 %, uranhalterna 1–3 ppm och toriumhalterna 15–50 ppm. Vid enstaka lokaler förekommer dock mer extrema värden. En av dem ligger vid havet vid Lindersfjärdens norra strand. Där gjordes en mätning på ett granitparti som visar 5,0 % kalium, 0,8 ppm uran och 4,6 ppm torium. Ungefär fyra kilometer rakt söderut påträffades en röd, medelkornig granit med halter på 4,3 % kalium, 2,2 ppm uran och 278 ppm torium. Det resulterande gammaindexet är 6,18 (fig. 19b).

Pegmatiter förekommer över hela kartområdet. De kännetecknas av höga strålningsvärden och låg susceptibilitet. Ungefär mitt på Norra Finnö finns en pegmatit med högt kalium- men lågt toriuminnehåll, 8,1 % kalium, 1,9 ppm uran och 1,7 ppm torium. På Södra Finnö finns däremot högstrålade pegmatitgångar i amfibolit där pegmatiten har halter på upp till 7,1 % kalium, 6,5 ppm uran och 296 ppm torium. Radium- och gammaindex är 0,40 respektive 6,51. Mycket höga toriumhalter (ställvis över 300 ppm) har även uppmätts i pegmatit eller granit ca 1 km söder om Fredriksnäs samt strax söder om Gryt. Vid den senare lokalen tyder dock flygmätningen på att den högstrålade bergarten endast förekommer i liten mängd.

Fina amfibolithällar påträffades på Yxnö, längst ut på Norra Finnö och vid Fredriksnäs. De har alla en finkornig grundmassa, låg susceptibilitet och låga strålningsvärden, radium- och gammaindex ligger under 0,13 respektive 0,35 för samtliga mätningar.

Flygmätningen visar på kraftiga magnetiska anomalier i området omkring Vångsten i kartområdets sydöstra hörn samt öster och sydost om Gryt. Nära Gryt förekommer amfibolit med relativt hög susceptibilitet (ca  $5\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter, ställvis högre). Vid Vångsten uppträder granatförande deformerade granitoider med varierande färg och kornstorlek samt hög susceptibilitet (i många fall över  $10\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Mätning vid en lokal med den högmagnetiska granitoiden visar kaliumhalter på 2,6–3,0 %, toriumhalter strax över 20 ppm och uranhalter under 1 ppm. Omkring Vångsten förekommer även amfibolit och andesit med relativt hög susceptibilitet.

En intressant iakttagelse gjordes vid länsväg 210 i den nordvästra delen av området. Där finns en lokal med medelhalter på 0,9 % kalium, 5,3 ppm uran och 18 ppm torium. Ett parameterprov som togs därifrån har en densitet på  $2\,680 \text{ kg/m}^3$ . Bergarten är eventuellt en felsisk vulkanit som innehåller natriumfältspat.

Två kilometer norr om Ekenäset påträffades en lokal med kvartsmonzonit. Den har höga toriumhalter, upp till 90 ppm, vilket resulterar i ett gammaindex på 2,50.

I kartområdet finns hälltyor som är bandade av flera bergarter. Fyra lokaler besöktes där berggrunden är så bandad att ingen särskiljning kunde göras mellan de ingående bergarterna. Det är uteslutande ådror av graniter och basiska bergarter som ligger tätt packade bredvid varandra. På de här lokalerna gjordes totalt nio mätningar, och strålningshalterna är 2,1–4,6 % kalium, 0,9–4,5 ppm uran och 15–37 ppm torium. Radium- och gammaindex ligger mellan 0,06 och 0,28 respektive 0,7 och 1,4.

---

Fig. 19. Geofysiska kartor över kartområdena 8G Norrköping SV, SO och 8H Arkösund SV. **A.** Magnetisk, polreducerad anomalikarta. Susceptibiliteten från hällmätningar visas som medelvärde för varje geofysisk lokal och bergart. **B.** Ternär gammastrålningskarta med gammaindex från markmätningar på häll. **C.** Markens uranhalt med radiumindex från markmätningar på häll.

## REFERENSER

- Andersson, J., Söderlund, U., Cornell, D., Johansson, L. & Möller, C., 1999: Sveconorwegian (-Grenvillian) deformation, metamorphism and leucosome formation in SW Sweden, SW Baltic shield: constraints from a Mesoproterozoic granite intrusion. *Precambrian Research* 98, 151–171.
- Andersson, J., Möller, C. & Johansson, L., 2002: Zircon geochronology of migmatite gneisses along the Mylonite Zone (S Sweden): a major Sveconorwegian terrane boundary in the Baltic shield. *Precambrian Research* 114, 121–147.
- Andersson, J., Eliasson, T., Möller, C., Lundqvist, I., Bergström, U. & Lundqvist, L., 2006: TIB affinity and a parautochthonous setting of high-grade orthogneisses in the southern Eastern Segment of the Sveconorwegian Province. *Abstract. 27<sup>th</sup> Nordic Geological Winter Meeting. Bulletin of the Geological Society of Finland, Special Issue 1*, 9.
- Andersson, U.B. & Wikström, A., 2004: The Småland-Värmland Belt, an overview. I K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.): The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper 37*, 15–20.
- Berglund, J., Connelly, J. & Larson, S.-Å., 1997: Structural relations, U-Pb geochronology and geochemical character of the Vårgårda quartz-monzonite, Eastern Segment of the Southwest Scandinavian Domain, SW Sweden. I J. Berglund. Mid-Proterozoic evolution in south-western Sweden. *PhD thesis A15, Earth Sciences Centre, Göteborg University, paper V*, 1–21.
- Blomberg, A. & Lundbohm, H., 1900: Geologisk beskrivning öfver Blekinge län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 1*, 110 s.
- Blomberg, A., 1907: Beskrivning till kartbladet Boxholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa 140*, 137 s.
- Bruun, Å., Nilsson, C.-A., Sundberg, A., Wik, N.-G. & Wikström, A., 1995: Malmer, industriella mineral och bergarter i Östergötlands län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 80*, 340 s.
- Bylund, G., 1992: Palaeomagnetism, mafic dykes and the Protogine Zone, southern Sweden. *Tectonophysics* 201, 49–63.
- Christoffel, C.A., Connelly, J.N. & Åhäll, K.-I., 1999: Timing and characterization of recurrent pre-Sveconorwegian metamorphism and deformation in the Varberg-Halmstad region of SW Sweden. *Precambrian Research* 98, 173–195.
- Elming, S.-Å., Moakhar, M.O. & Martinsson, O., 2004: A palaeomagnetic and geochemical study of basic intrusions in northern Sweden. *GFF* 126, 243–252.
- Gavelin, A., 1912: Beskrivning till kartbladet Tranås. *Sveriges geologiska undersökning Aa 135*, 75 s.
- Gierup, J., Johansson, R., Pamnert, M., Persson, M., Thunholm, B., Wahlgren, C.-H., Wikman, H., Stephens, M. & Johansson, R., 1999: Översiktsstudie av Jönköpings län. Geologiska förutsättningar. *SKB Rapport R-99-35*, 53 s.
- Gorbatshev, R., 1975: Beskrivning till berggrundskartan Linköping SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 113*, 76 s.
- Gorbatshev, R., Fromm, E. & Kjellström, G., 1976: Beskrivning till berggrundskartan Linköping NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 107*, 111 s.
- Hummel, D., 1877: Beskrifning till kartbladet Huseby. *Sveriges geologiska undersökning Ab 1*, 26 s.
- Högdahl, K., Andersson, U.B. & Eklund O. (red.), 2004: The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper 37*, 125 s.
- Jarl, L.-G. & Johansson, Å., 1988: U-Pb zircon ages of granitoids from the Småland-Värmland granite-porphyry belt, southern and central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 110, 22–28.
- Kornfält, K.-A. & Bergström, J., 1991: Beskrivning till provisoriska, översiktliga berggrundskartan Karlskrona. *Sveriges geologiska undersökning Ba 44*, 30 s.
- Kornfält, K.-A., Persson, P.-O. & Wikman, H., 1997: Granitoids from the Äspö area, southeastern Sweden – geochemical and geochronological data. *GFF* 119, 109–114.
- Larson, S.-Å. & Berglund, J., 1992: A chronological subdivision of the Transscandinavian Igneous Belt

- three magmatic episodes? *GFF* 114, 459–461.
- Larson, S.-Å., Stigh, J. & Tullborg, E.L., 1986: The deformation history of the eastern part of the southwest Swedish gneiss belt. *Precambrian Research* 31, 235–257.
- Johansson, L., Lindh, A. & Möller, C., 1991: Late Sveconorwegian (Grenville) high-pressure granulite facies metamorphism in southwest Sweden. *Journal of Metamorphic Geology* 9, 283–292.
- Lindh, A. & Johansson, I., 1991: Proterozoic granitoids of the Baltic Shield – the chemical composition of the Hinneryd granite. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 113, 171–180.
- Magnusson, N.H., Ekström, G. & Lundqvist, G., 1924: Beskrivning till kartbladet Strålnäs. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 154, 76 s.
- Mannerstrand, M. & Lindh, A., 1995: Uplift of southwestern Sweden – implications from the orthoclase-microcline transformation in the Hinneryd granite. *GFF* 117, 139–142.
- Mansfeld, J., 1991: U-Pb age determinations of Småland-Värmland granitoids in Småland, southeastern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 113, 113–119.
- Mansfeld, J., 1996: Geological, geochemical and geochronological evidence for a new Palaeoproterozoic terrane in southeastern Sweden. *Precambrian Research* 77, 91–103.
- Mansfeld, J., 2004: The Småland-Värmland Belt in southeastern Sweden. I K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.): The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper* 37, 20–21.
- Möller, C., 1998: Decompressed eclogites in the Sveconorwegian (-Grenvillian) orogen of SW Sweden: petrology and tectonic implications. *Journal of Metamorphic Geology* 16, 641–656.
- Möller, C., Andersson, J., Eliasson, T., Hellström, F. & Lundqvist, I., 2006: Ion probe zircon dating of polymetamorphic gneisses, southeast Sveconorwegian Province – defining 1.44 Ga migmatization, 1.40 Ga granitic dyke intrusion, and post-1.40 Ga folding. *Abstract. 27<sup>th</sup> Nordic Geological Winter Meeting. Bulletin of the Geological Society of Finland, Special Issue* 1, 107.
- Nilsson, M. & Wikman, H., 1997: U-Pb zircon ages of two Småland dyke porphyries at Påskallavik and Alsterbro, south-eastern Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results 3. *Sveriges geologiska undersökning C* 830, 31–40.
- Patchett, P.J., Gorbatshev, R. & Todt, W., 1987: Origin of continental crust of 1.9–1.7 Ga age: Nd isotopes in the Svecofennian orogenic terrains of Sweden. *Precambrian Research* 35, 145–160.
- Persson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda NV och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 150-151, 138 s.
- Persson, L., 1989: Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda SV och SO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 170-171, 130 s.
- Persson L. & Wikman, H., 1986: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Jönköping. *Sveriges geologiska undersökning Ba* 39, 25 s.
- Persson, L., Bruun, Å. & Dahlman, B., 1981: Beskrivning till berggrundskartan Linköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Af* 132, 150 s.
- Rimsa, A, Whitehouse, M.J. & Johansson, L., 2004: Modification of zircon morphology and geochemistry during metamorphism – a case study from Söndrum, SW Sweden. Abstract, The 26:th Nordic Geological Winter Meeting. *GFF* 126, 34.
- Sandegren, R., Sundius, N. & Lundqvist, G., 1924: Beskrivning till kartbladet Åtvidaberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 155, 84 s.
- Shaikh, N.A., Persson, L., Sundberg, A. & Wik, N.-G., 1989: Malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 50, 128 s.
- Stanfors, R., 1987: The Bolmen tunnel project – Evaluation of geophysical site investigate methods. *SKB Technical Rapport* 87-25, 52 s.
- Sundius, N., 1921: Åtvidabergstraktens geologi och malmfyndigheter. *Sveriges geologiska undersökning C* 306, 118.
- Svedmark, E., 1904: Beskrivning till kartbladet Sommenäs. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 119, 32 s.
- Svedmark, E., 1907: Beskrivning till kartbladet Svinhult. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 134, 48 s.

- Svedmark, E., 1913: Beskrivning till kartbladet Kisa. *Sveriges geologiska undersökning Aa 149*, 32 s.
- Söderlund, U., Möller, C., Andersson, J., Johansson, L. & Whitehouse, M., 2002: Zircon geochronology in polymetamorphic gneisses in the Sveconorwegian orogen, SW Sweden: ion microprobe evidence for 1.46-1.42 and 0.98-0.96 Ga reworking. *Precambrian Research 113*, 193–225.
- Söderhielm, J. & Sundblad, K., 1996: The Solstad Cu-Co-Au mineralization and its relation to post-Svecofennian regional shear zones in southeastern Sweden. *GFF 118*, A 47.
- Söderlund, P., Söderlund, U., Möller, C., Gorbatshev, R. & Rodhe, A., 2004: Petrology and ion microprobe U-Pb chronology applied to a metabasic intrusion in southern Sweden: A study on zircon formation during metamorphism and deformation. *Tectonics 23*, No. 5, 1–16.
- Söderlund, U., Isachsen, C., Bylund, G., Heaman, L.M., Patchett, P.J., Vervoort, J. & Andersson, U.B., 2005: U-Pb baddeleyite ages and Hf, Nd isotope chemistry constraining repeated mafic magmatism in the Fennoscandian Shield. *Contributions to Mineralogy and Petrology 150*, 174–194.
- Thunholm, B., Johansson, R., Gierup, J., Stephens, M.B., Antal, I., Bergman, T. & Lindén, A.G., 1998: Översiktsstudie av Östergötlands län. Geologiska förutsättningar. *SKB Rapport R-98-26*, 50 s.
- Wang, X.-D. & Lindh, A., 1996: Temperature-pressure investigation of the southern part of the Southwest Swedish Granulite Region. *European Journal of Mineralogy 8*, 51–67.
- Wik, N.-G., Bergström, U., Claeson, D., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Petersson, J., Sukotjo, S., Wedmark, M. & Wikman, H., 2003: I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökningssammanfattning av pågående verksamhet 2002. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 112*, 96–116.
- Wik, N.-G., Bergström, U., Bruun, Å., Claeson, D., Jelinek, C., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Stephens, M.B., Sukotjo, S. & Wikman, H., 2005a: Beskrivning till regional berggrundskarta över Kalmar län. *Sveriges geologiska undersökning Ba 66*, 50 s.
- Wik, N.-G., Bergström, U., Claeson, D., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L. & Sukotjo, S., 2005b: Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 141–164.
- Wikman, H., Bruun, Å. & Dahlman, B., 1980: Beskrivning till berggrundskartan Linköping NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 119*, 105 s.
- Wikman, H., 1998: Beskrivning till berggrundskartorna Växjö SV och SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 188*, 200 s.
- Wikström, A. & Andersson, U.B., 2004: Geological features of the Småland–Värmland belt along the Svecofennian margin, part I: from the Loftahammar to the Tiveden-Askersund areas. I K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.): The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper 37*, 20–21.
- Wikström, A., 1993: U-Pb dating of the Stormandebo rhyolite in the Västervik area, southern Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C 823*, 72–76.
- Åhäll, K.-I. & Larson, S.-Å., 2000: Growth-related 1.85–1.55 Ga magmatism in the Baltic Shield; a review addressing the tectonic characteristics of Svecofennian, TIB 1-related, and Gothian events. *GFF 122*, 193–206.
- Åström, K., 1998: Seismic signature of the Lake Mien impact structure, southern Sweden. *Geophysical Journal. Int. 135*, 215–231.

## Kartor och övriga publikationer 2005

### Kartor

Bergman, S. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 13H Gävle NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 33*.

Bergman, S. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 13H Gävle SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 35*.

Bergman, S. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 12H Söderfors NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 37*.

Bergman, S. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 12H Söderfors SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 39*.

Delin, H. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 13H Gävle SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 32*.

Delin, H. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 13H Gävle NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 34*.

Delin, H. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 12H Söderfors NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 36*.

Delin, H. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 12H Söderfors SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 38*.

Erlström, M., Kornfält, K.-A., Sivhed, U. & Wikman, H., 2005: Berggrundskartan 2D Tomelilla SV & 1D Ystad NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 214*.

Erlström, M., Sivhed, U. & Wikman, H., 2005: Berggrundskartan 2D Tomelilla SO, 2E Simrishamn SV, 1D Ystad NO & 1E Örnahusen NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 215*.

Kathol, B., Weihed, P., Antal Lundin, I., Bark, G., Bergman Weihed, J., Bergström, U., Billström, K., Björk, L., Claesson, L., Daniels, J., Eliasson, T., Frumerie, M., Kero, L., Kumpulainen, R.A., Lundström, H., Lundström, I., Mellqvist, C., Petersson, J., Skiöld, T., Sträng, T., Stølen, L.-K., Söderman, J., Triumpf, C.-A., Wikström, A., Wikström, T. & Årebäck, H., 2005: Regionala geologiska och geofysiska kartor över Skelleftefältet med omnejd: Berggrundskarta, skala 1:250 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 57:1*.

Kathol, B., Weihed, P., Antal Lundin, I., Bark, G., Bergman Weihed, J., Bergström, U., Billström, K., Björk, L., Claesson, L., Daniels, J., Eliasson, T., Frumerie, M., Kero, L., Kumpulainen, R.A., Lundström, H., Lundström, I., Mellqvist, C., Petersson, J., Skiöld, T., Sträng, T., Stølen, L.-K., Söderman, J., Triumpf, C.-A., Wikström, A., Wikström, T. & Årebäck, H., 2005: Regionala geologiska och geofysiska kartor över Skelleftefältet med omnejd: Karta över metamorfograd, strukturer och isotopåldrar, skala 1:250 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 57:2*.

Ripa, M. & Kübler, L., 2005: Berggrundskartan 11G Västerås NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 12*.

Ripa, M. & Kübler, L., 2005: Berggrundskartan 12E Säfsnäs NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 29.*

Ripa, M. & Kübler, L., 2005: Berggrundskartan 12F Ludvika NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 30.*

Stephens, M.B., Thelander, T. & Karis, L., 2005: Berggrundskartan 20E Hotagen NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 178.*

Stephens, M.B., Thelander, T. & Karis, L., 2005: Berggrundskartan 20E Hotagen SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 180.*

Sukotjo, S. & Sträng, T., 2005: Berggrundskartan 14G Ockelbo NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 21.*

Sukotjo, S. & Sträng, T., 2005: Berggrundskartan 14G Ockelbo NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 22.*

Sukotjo, S. & Sträng, T., 2005: Berggrundskartan 14G Ockelbo SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 23.*

Sukotjo, S. & Sträng, T., 2005: Berggrundskartan 14G Ockelbo SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 24.*

Sukotjo, S., Sträng, T. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 13G Hofors NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 25.*

Sukotjo, S., Sträng, T. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 13G Hofors NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 26.*

Sukotjo, S., Sträng, T. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 13G Hofors SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 27.*

Sukotjo, S., Sträng, T. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 13G Hofors SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 28.*

Wahlgren, C.-H., Bergman, T., Karis, L. & Persson, L., 2005: Berggrundskartan 9D Mariestad NO & 9E Askersund NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 40.*

Wik, N.-G., Bergström, U., Bruun, Å., Claesson, D., Jelinek, C., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Stephens, M.B., Sukotjo, S. & Wikman, H., 2005: Berggrundskarta över Kalmar län, skala 1:250 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 66.*

## Övriga publikationer

### Externa och interna arbeten som medarbetare från berggrundenheten är delaktiga i.

Bergman, T., Malmberg Persson, K., Persson, M. & Albrecht, J., 2005: Characterisation of bedrock and Quaternary deposits from excavations in the southern part of Laxemar subarea. Oskarshamn site investigation. *SKB P-05-47*.

Christmann, P., Asch, K., Pignone, R., Jackson, I., Robida, F., Ryghaug, P., Tomas, R., Persson, L. & Persmann, M., 2005: European Sustainable Development related policies and legislation, INSPIRE and geoscientific data. XIth European Commission Geospatial Information and GIS WS, 30th of June, 2005, Alghero, Sardinia.

Carlsten, S., Gustafsson, J., Mattsson, H., Petersson, J., & Stephens, M.B., 2005. Forsmark site investigation. Geological single-hole interpretation of KFM06A and KFM06B (DS6). *SKB P-05-132*, 35 s.

Carlsten, S., Gustafsson, J., Mattsson, H., Petersson, J., & Stephens, M.B., 2005. Forsmark site investigation. Geological single-hole interpretation of KFM07A and HFM20-21 (DS7). *SKB P-05-157*, 36 s.

Carlsten, S., Gustafsson, J., Mattsson, H., Petersson, J., & Stephens, M.B., 2005. Forsmark site investigation. Geological single-hole interpretation of KFM08A, KFM08B and HFM22 (DS8). *SKB P-05-262* (under tryckning).

Carlsten, S., Hultgren, P., Mattsson, H., Stanfors, R. & Wahlgren, C.-H., 2005: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KLX03, HLX26 and HLX27. *SKB P-05-038* (under tryckning).

Carlsten, S., Hultgren, P., Mattsson, H., Stanfors, R. & Wahlgren, C.-H., 2005: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KLX06, HLX13, HLX17 and HLX28. *SKB P-05-xxx* (under tryckning).

Carlsten, S., Hultgren, P., Mattsson, H., Stanfors, R. & Wahlgren, C.-H., 2005: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KLX05, HLX18, HLX19 and HLX32. *SKB P-05-xxx* (under tryckning).

Carlsten, S., Hultgren, P., Mattsson, H., Stanfors, R. & Wahlgren, C.-H., 2005: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KLX07A, KLX07B, HLX34 and HLX35. *SKB P-05-xxx* (under tryckning).

Delin, H. (red.), 2005: Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 182 s.

Erlström, M., Sivhed, U., Wikman, H. & Kornfält, K.-A., 2005: Beskrivning till berggrundskartorna 2D Tomelilla NV, NO, SV, SO, 2E Simrishamn NV, NO, 1D Ystad NV, NO, 1D Örnahusen NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 212-214*, 141 s.

Henkel, H. & Aaro, S., 2005: Geophysical Investigations of the Siljan Impact Structure – A Short Review. I C. Koeberl, & H. Henkel (red.): Impact Tectonics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005, 552 s.

Kathol, B. & Weihed, P., (red.) 2005: Description of regional geological and geophysical maps of the Skellefte District and surrounding areas. *Sveriges geologiska undersökning Ba 57*, 197 s.

Persson, L. & Göransson, M., 2005: Mechanical quality of bedrock with increasing ductile deformation. *Engineering geology 81 Elsevier*, 42–53.

SKB, 2005: Preliminary site description. Forsmark area – version 1.2. *SKB R-05-18*, 752 s.

SKB, 2005: Forsmark site investigation. Programme for further investigations of geosphere and biosphere. *SKB R-05-14*, 171 s.

SKB, 2005: Preliminary site description. Simpevarp subarea – version 1.2. *SKB R-05-08*, 589 s.

SKB, 2005: Platsundersökning Oskarshamn. Program för fortsatta undersökningar av berggrund, mark, vatten, och miljö inom delområde Laxemar. *SKB R-05-37*, 191 s.

Sundblad, K. & Bergman, T., 2005: World Skarn Deposits, Skarns of Fennoscandia, p. 1-4 and 1 Table, in electronic folder “8 Scandania” in electronic folder “Meinert” in CD-ROM supplementary appendix to: Meinert, L.D., Dipple, G. M., and Nicolescu, S., 2005: World Skarn Deposits. I J.W. Hedenquist, J.F.H Thompson, R.J. Goldfarb & J.P. Richards (red.): *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, 299-336.

Söderlund, U., Hellström, F.A., Lundqvist, I. & Patchett, P.J., 2005: U-Pb, Sm-Nd, Lu-Hf chronology of a Mesoproterozoic metadolerite suite in SW Sweden – the use of Hf isotopes for P-T-t constraints during metamorphism. 5th International Dyke conference Rovaniemi, Finland, 49.

Wagner, T., Jonsson, E. & Boyce, A. J. 2005: Metamorphic ore remobilization in the Hällefors district, bergslagen, Sweden: constraints from mineralogical and small-scale sulphur isotope studies. *Mineralium Deposita* 40, 100-114.

Wahlgren, C.-H., Hermanson, J., Curtis, P., Forssberg, O., Triumf, C.-A., Tullborg, E.-L. & Drake, H., 2005: Geological description of rock domains and deformation zones in the Simpevarp and Laxemar subareas. *SKB R-05-69* (under tryckning)

Wahlgren, C.-H., Bergman, T., Persson Nilsson, K., Eliasson, T., Ahl, M. & Ekström, M., 2005: Oskarshamn site investigation. Bedrock map of the Laxemar subarea and surroundings. Description of rock types, modal and geochemical analyses, including the cored boreholes KLX03, KSH03 and KAV01. *SKB P-05-180*, 66 s.

Wik, N.-G., Bergström, U., Bruun, Å., Claeson, D., Jelinek, C., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Stephens, M.B., Sukotjo, S. & Wikman, H., 2005: Beskrivning till regional berggrundskarta över Kalmar län. *Sveriges geologiska undersökning Ba 66*, 50 s.





Geological Survey of Sweden  
Box 670  
SE-751 28 Uppsala  
Phone: +46 18 17 90 00  
Fax: +46 18 17 92 10  
[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

Uppsala 2006  
ISSN 0349-2176  
ISBN 91-7158-752,7  
Tryck: xxx