

# Beskrivning till berggrundskartan Sundsvall–Timrå–Härnösand

Katarina Persson Nilsson, Rune Johansson,  
Claes Mellqvist & Torbjörn Bergman



ISSN 1652-8336  
ISBN 978-91-7403-250-5

Omslagsbild: Granitgång som intruderar diatexitisk migmatit,  
Spikarna, södra Alnön. Foto: Katarina P. Nilsson.

© Sveriges geologiska undersökning, 2014  
Layout: Agneta Ek, Jeanette Bergman Weihed, SGU

## INNEHÅLL

<b>Inledning</b> .....	<b>5</b>
<b>Geologisk utveckling</b> .....	<b>8</b>
<b>Svekofenniska ytbergarter</b> .....	<b>9</b>
<b>Tidigorogena intrusivbergarter</b> .....	<b>10</b>
<b>Metatexitisk migmatit, gråvackeprotolit</b> .....	<b>11</b>
<b>Diatexitiska migmatiter</b> .....	<b>12</b>
Leukokratiska till mesokratiska diatexitiska migmatiter .....	12
Melanokratiska diatexitiska migmatiter .....	13
<b>Syn- till senorogena granitoider</b> .....	<b>15</b>
Leukokratisk granit .....	15
Finkornig till medelkornig granit till granodiorit .....	16
Listporfyrisk granit .....	17
Pegmatitgranit .....	17
Granodiorit till tonalit .....	17
<b>Rödöintrusionen med associerade gångar</b> .....	<b>18</b>
<b>Diabas</b> .....	<b>18</b>
<b>Alnöintrusionen</b> .....	<b>19</b>
Djupbergarter representerade i kartområdet .....	19
Omvandlingsbergarter .....	20
Gångbergarter .....	20
Ytbergarter .....	20
<b>Deformation, strukturer och metamorfos</b> .....	<b>21</b>
<b>Geofysik och topografi (höjddata)</b> .....	<b>22</b>
Magnetiska mätningar .....	22
Elektromagnetiska (VLF) mätningar .....	23
Spektrometermätningar .....	23
Tyngdkraftsmätningar .....	24
Topografiska data (höjddata) .....	24
<b>Mineraliseringar, industrimineral och bergtäkter</b> .....	<b>24</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>25</b>



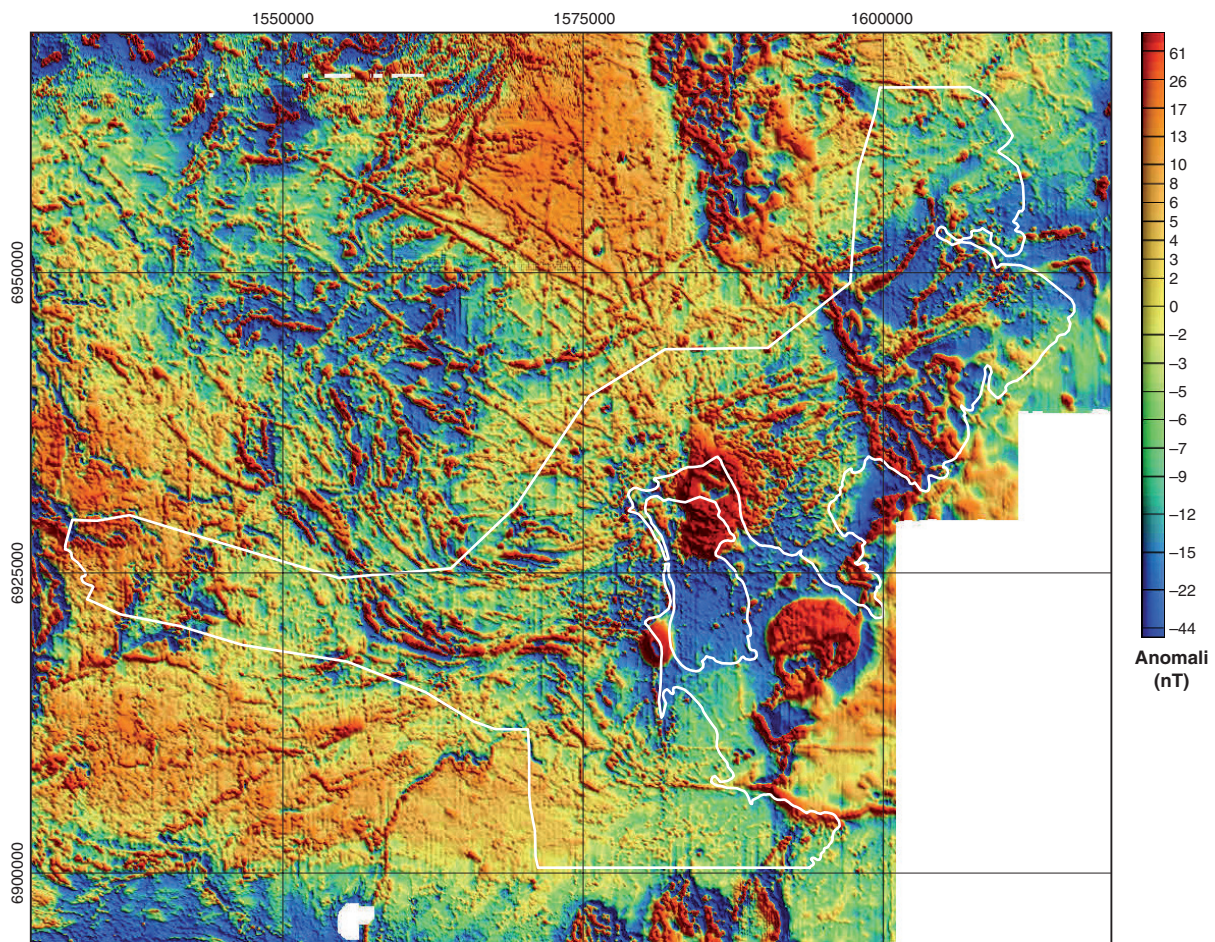


## INLEDNING

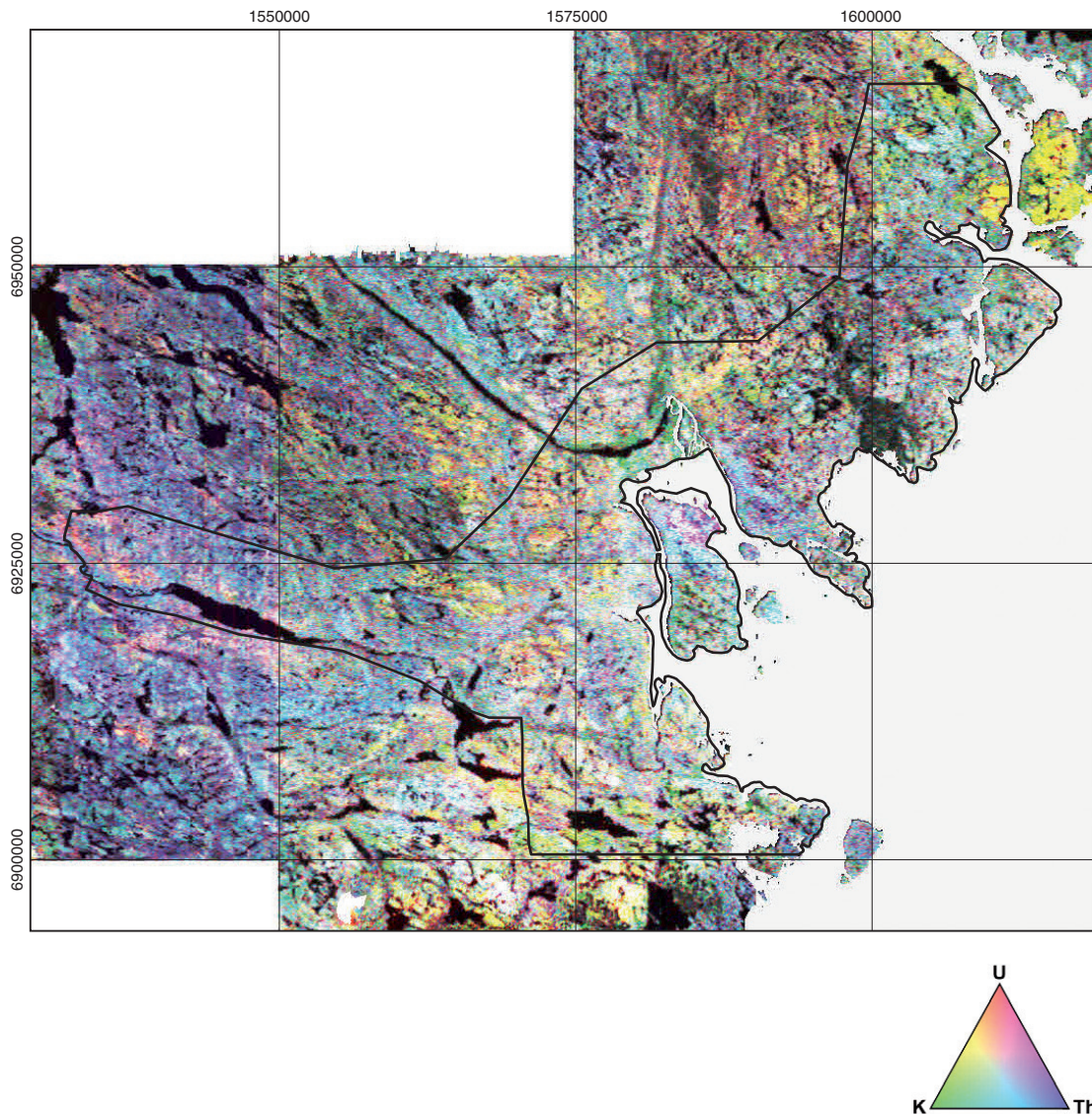
Beslutet om vilket område som skulle karteras fattades efter en behovsanalys där kommunerna, länsstyrelsen, Vägverket, Banverket och ett flertal entreprenörer kontaktades. Karteringen genomfördes åren 2005–2008 inom projektet ”Sundsvall, berg och bergkvalitet”, och var en del av SGUs systematiska geologiska kartering inom befolkningstäta områden. Samtliga koordinater och ruthänvisningar i beskrivningen är angivna enligt referenssystemet RT90. Karteringen utfördes med en hastighet av ca 2 km<sup>2</sup> per dag och geolog. Som karteringsunderlag användes topografiska kartor i skala 1:10 000. För lägesbestämning av observationslokaler användes GPS. Karteringen utfördes av Katarina Persson Nilsson, Torbjörn Bergman, Claes Mellqvist, Magnus Döse, Magnus Ekdahl, Peter Dahlin, Gunnar Rauséus, Ilka von Dalwigk, Andreus Rîmsa, Peter Kresten, Julio Gonzáles, Daniel Andersson, Per Nysten, Kristina Ahlström, Ulf Bertil Andersson, Emil Lundberg, Risto Kumpulainen, Mats Andersson, Ildikó Antal Lundin, Rune Johansson och Alireza Malehmir. Kartan sammanställdes av Katarina Persson Nilsson, Torbjörn Bergman och Rune Johansson.

Under karteringsarbetet gjordes dokumenterade berggrundsobservationer på 5 571 lokaler och 201 tunnslip framställdes för petrografisk analys. Geokemiska analyser gjordes på 128 prover, tekniska analyser på 78 prover och 6 prover utvaldes för åldersbestämningar.

Under fältarbetet besöktes också 406 lokaler för insamling av geofysisk information. På 387 av dessa utfördes sammanlagt 1 094 spektromettermätningar och 336 prover togs för bestämning av bergarternas



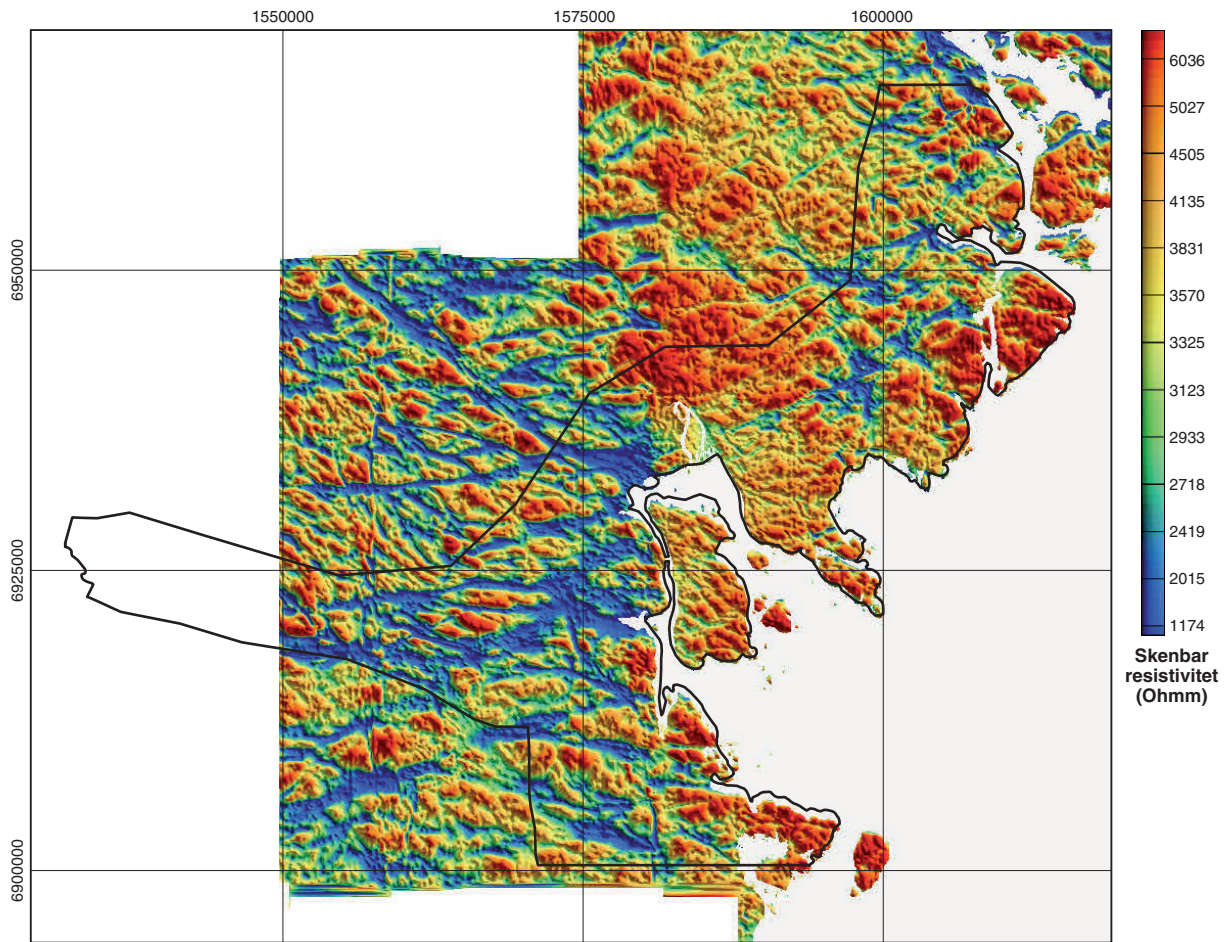




Figur 2. Kompositkarta (K-U-Th). Kartan visar en ternär färgkomposit av de ur flygburna spektrometermätningar framräknade markhalterna av kalium, uran och torium. Områden med relativt förhöjd uranhalt domineras av röda färgnyanser, områden med relativt förhöjd toriumhalt indikeras av blå färgnyanser och områden med relativt förhöjd kaliumhalt visas med gröna nyanser. Gråskalan visar fördelningen den totala halten av de tre grundämnena där högre totalhalt motsvaras av ljusare nyanser. Mätningarna har huvudsakligen utförts på ca 60 m flyghöjd med ett linjeavstånd på 200 m och huvudsakligen en nord-sydlig flygriktning. Väster om 1550000 respektive söder om 6900000 förekommer dock områden med avvikande flygriktning och flyghöjd. Det karterade området har markerats med svart linje.

petrofysiska egenskaper (densitet och magnetiska egenskaper). Susceptibilitetsmätningar på hållar har gjorts i samband med både det geofysiska och geologiska fältarbetet. Petrofysiska mätningar ger stöd för tolkningen av såväl flygburna geofysiska mätningar som av geofysiska markmätningar. Spektrometermätningarna ger dessutom underlag för bedömningen av bergarternas tekniska egenskaper (bergkvalitet). Bergarternas användning som exempelvis ballastmaterial begränsas om innehållet av radioaktiva mineral är för högt.

Det karterade området täcks av moderna geofysiska flygmätningar som omfattar det jordmagnetiska fältets totalintensitet (fig. 1), markens naturliga gammastrålning (fig. 2) och det elektromagnetiska fältet i VLF-området (fig. 3). Huvuddelen av mätningarna har utförts 1997–1998 med 60 m flyghöjd, nord-sydlig flygriktning och 200 m linjeavstånd. Vid mätningen av VLF-fältet har två sändare nyttjats vilket innebär att data från de bägge sändarna kan kombineras till en riktningsoberoende signal. Väster om



Figur 3. Markens skenbara resistivitet beräknad utifrån flygburna elektromagnetiska mätningar där två VLF-sändare nyttjats. Mätningarna är utförda på ca 60 m flyghöjd med ett linjeavstånd på 200 m och en nord-sydlig flygriktning. Det kartlagda området har markerats med svart linje.

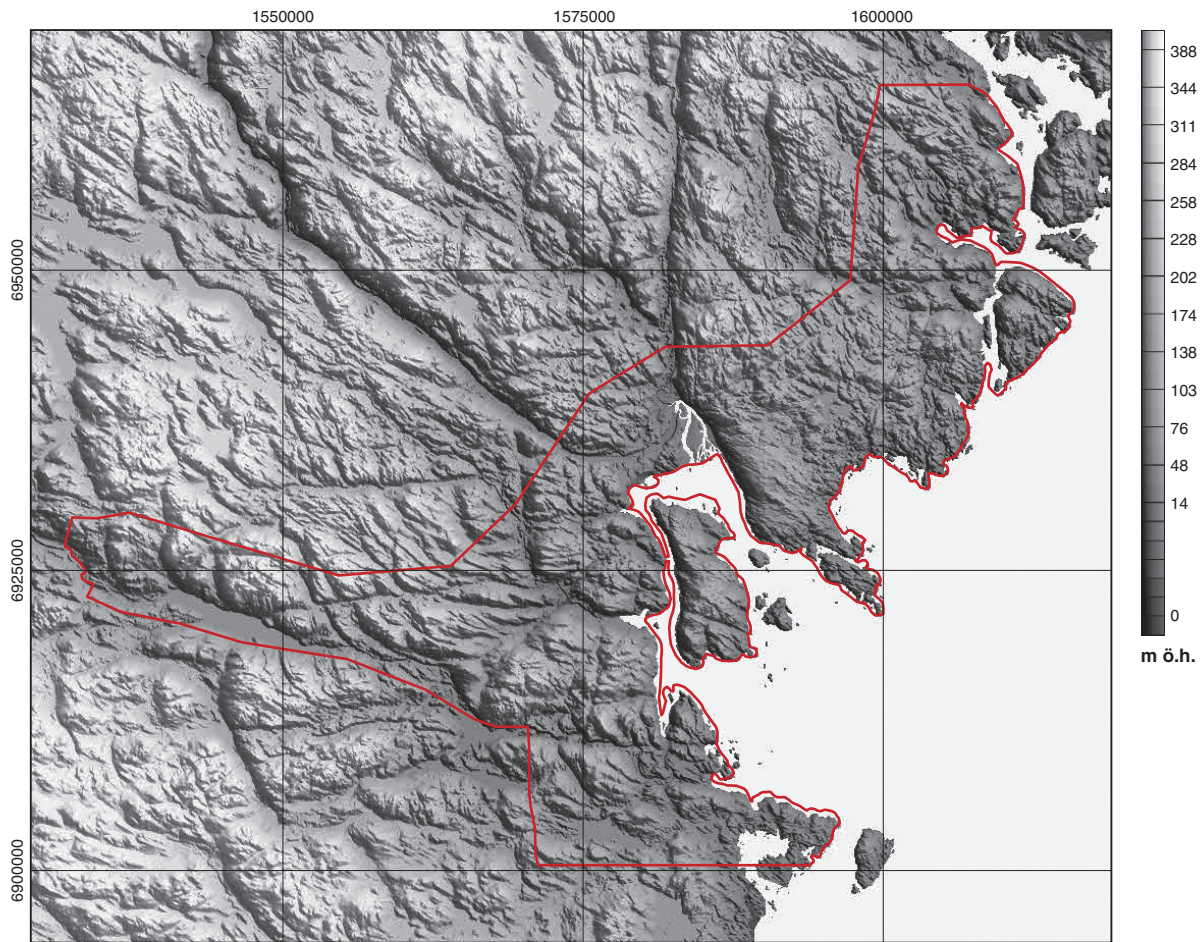
koordinat 1550000 (se exempelvis fig. 1) är dock mätningarna av äldre datum och utfördes 1979. Mätningarna var även i detta område nord-sydlig men flyghöjden 30 m och endast en sändare nyttjades vid VLF-mätningen.

Förutom ovan nämnda information finns heltäckande topografiska data (höjddata, fig. 4) från Lantmäteriet i form av ett 50 × 50 m rutnät samt tyngdkraftsdata (SGUs databas, fig. 5) där mätpunktsavståndet vanligen ligger i intervallet 1–3 km.

Geofysiska och topografiska data har utgjort ett betydelsefullt underlag vid utarbetandet av den berggrundsgeologiska kartan. De flygburna mätningarna har nyttjats för gränsdragningar mellan olika bergarter och Lantmäteriets höjddata har varit det främsta underlaget för tolkning av deformationszoner. Tyngdkraftsdata har i första hand bidragit till tolkningen av intrusionerna på och norr om Alnö.

Tidigare kartläggningar av berggrunden inom projektområdet beskrevs av Lundqvist m.fl. (1990) efter den senaste karteringen av Västernorrlands län. Den beskrivningen innefattar bland annat den tidigare berggrundskartan över Västernorrland som ingick i ett kartverk upprättat av Jacob Henrik af Forsselles (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. Eckermanns monografi innefattade 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. I länsarteringen





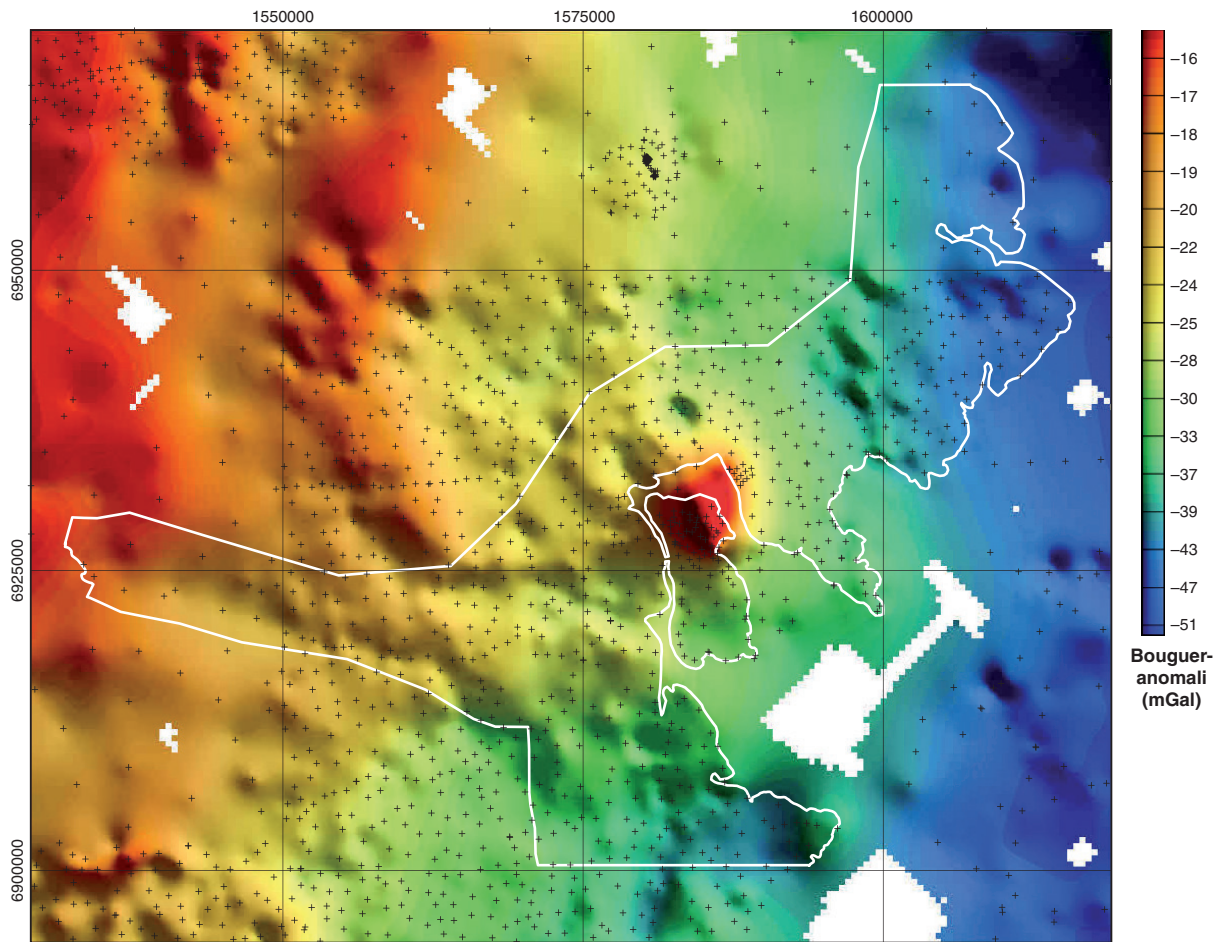
Figur 4. Höjdreliëfkarta. Kartan baseras på Lantmäteriets digitala höjddatabank med 50 m rutnät. Det kartlagda området har markerats med röd linje.

av 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).

Preliminära resultat från den här aktuella karteringen har redovisats i Persson Nilsson m.fl. (2006, 2007) och Mellqvist m.fl. (2008).

## GEOLOGISK UTVECKLING

Området domineras av bergarter som bildades under den svekokarelska orogenesisen (bergskedjebildningen) för ca 1960 till 1750 miljoner år sedan (Lundqvist m.fl. 1998, Andersson m.fl. 2006 och referenser däri). Äldst i det aktuella området är svekofenniska ytbergarter (bergarter avsatta på jordytan). Dessa bergarter bildades när stora mängder sedimentmaterial avsattes i det dåtida havet för minst ca 1900 miljoner år sedan i det så kallade Bottniska bäckenet (även kallat Bottniska bassängen). Ytbergarterna intruderades sedan av djup- och gångbergarter (intrusivbergarter bildade i jordskorpan). Ovan nämnda bergarter utsattes för veckning och metamorfos (omvandling) när de fördes ner i jordskorpan och utsattes för höga temperaturer eller tryck, eller båda dessa, under kulminationen av orogenesisen. I vissa områden var omvandlingen så stark att bergarterna helt eller delvis smälte upp. I områden där bergarterna delvis smälte, och där smältorna stannade kvar i ursprungsbergarten, bildades olika typer av migmatiter. En del smältor steg uppåt i jordskorpan och ansamlades till större kroppar (magmor) vilket gav upphov till



Figur 5. Bouguer-anomalikarta. Kartan visar variationer i tyngdkraftsfältet uttryckt som bouguer-anomali (IGSN71) och baseras på mätningar med ett generellt mätpunktsavstånd på 1–3 km. Mätpunkterna har markerats med plustecken och det kartlagda området med vit linje.

en ny generation djup- och gångbergarter, som kallas senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska. Under orogenesisen deformerades berggrunden varvid bland annat foliationer, linjärstrukturer och stora veckstrukturer bildades. I vissa zoner, så kallade skjuvzoner, var deformationen särskilt stark. Efter den svekokarelska orogenesisen intruderades den äldre berggrunden av granit (ca 1500 miljoner år gammal) samt av diabas (ca 1200–1270 miljoner år gammal) som gångar och flackt liggande skivor. På Alnön strax utanför Sundsvall finns alkalina och karbonatitiska bergarter som är unika i Sverige. De bildades under en period av vulkanism för ca 550–600 miljoner år sedan.

## SVEKOFENNISKA YTBERGARTER

Stora delar av Norrlands berggrund innehåller oregelbundna rester av paleoproterozoiska turbiditiska gråvackor som tolkats vara bäckenfyllnaden i det så kallade Bottniska bäckenet, och som tycks vara bäst bevarade i trakterna kring Långsele, Härnösand, Örnsköldsvik, Åsele och Storuman. En stor del av kartområdet utgörs av dessa gråvackor som i olika grad utsatts för omvandling och deformation. Karaktären i gråvackan förändras från att vara starkt metamorfoserad, med bland annat åderbildning (se metatextitiska migmatiter nedan), till att vara relativt välbevarad. I de nordligaste delarna av kartområdet kan en primär lagring observeras och strukturer som korssiktning (fig. 6) och graderad skiktning är frekvent förekommande. Exempelvis väster och nordväst om Härnösand återfinns välbevarade gråvackor. Berg-





Figur 6. Korsskiktning i metagråvacka. Tillfällig blottning vid tunnelbygge, Ådalsbanan. (Gårdsbergstunneln Södra, 6953022/1606430). Foto: Katarina P. Nilsson.

arten är där dock påverkad av en axialplansförskiffring. Denna förskiffring är mest utpräglad i lager med finkornigare fraktioner och är mest koncentrerad längs veckskänklar. De flesta sedimentära strukturerna är bäst bevarade i ett antal veckomböjningar som påträffats i området. Skarnlinser förekommer i metagråvackorna och är mer eller mindre orienterade eller utdragna parallellt med skiktningen och foliationen. Ett stort antal observationer i relativt välbevarad metagråvacka antyder att förekomsten av skarnlinser är knuten till massiva lager med relativt dåligt sorterat material. Delar av gråvackeformationen kan vara av vulkaniskt ursprung (Lundqvist m.fl. 1990). Till ytbergarterna kan möjligen även räknas finkornig amfibolit som ursprungligen kan ha bildats som basaltflöden.

Bestämningar av  $\epsilon_{Nd(t)}$ -värden med samarium-neodymmetoden indikerar att en viss del av sedimentmaterialet i gråvackeformationen kan härröra från arkeisk berggrund, men huvuddelen bör vara av proterozoisk ålder (Miller m.fl. 1986, Claesson 1987, Huhma 1987, Welin 1987). Jonsönsanalys av detritiska zirkoner söder om projektområdet (Hudiksvall) indikerar liknande resultat med två åldersintervall: ett tidigproterozoiskt (2120–1900 miljoner år) och ett arkeiskt (3310–2490 miljoner år, Andersson m.fl. 2004).

## TIDIGOROGENA INTRUSIVBERGARTER

Enstaka större förekomster av metagabbro har påträffats inom hela projektområdet, exempelvis vid Omsberget nordväst om Kvissleby (17H 2f), vid Björkön (17H 0i), vid Bergeforsen (17H 7f), vid Grofäll (17H 9j) och vid Vägnön (18I 0c). Eftersom kropparna är omvandlade benämns de ofta amfiboliter. Mindre inneslutningar av metagabbro och metadiorit påträffas i migmatiterna, främst längs kusten där blottningsgraden är god, men de förekommer troligen inom hela området.





Figur 7. Granatförande, medelkornig metatonalit, väster om bergtäkt vid Långmansören (6935305/1574743).  
Foto: Katarina P. Nilsson.

Ett litet område med metatonalit och hornbländit (fig. 7) har observerats strax norr om Bye (i knutpunkten mellan kartrutorna 17H 7–8 i–j). Då metatonaliten även förekommer som mindre inneslutningar i migmatit i området tolkas denna bergart tillhöra de tidigorogena intrusivbergarterna.

Enligt den tidigare länskarteringen (Lundqvist m.fl. 1990) finns ett större bälte med tidigorogena granitoider i projektområdets norra del. Granitoiderna inom detta bälte är till större delen medelkorniga, jämnkorniga till porfyriska metagranodioriter. Det finns endast en datering från detta bälte och den är av en metagranodiorit vid Oringen (18I 1b) som gav en ålder på  $1\,867 \pm 5$  miljoner år (Welin m.fl. 1993). De åldersbestämningar (ca 1 870–1 860 miljoner år) som gjorts av påväxter på zirkonkristaller i de syn- till senorogena graniterna samt i olika typer av migmatit (Högdahl m.fl. 2006, 2008, SGU opubl.) visar att det inte finns någon tydlig åldersskillnad mellan de olika bergarterna. Detta resonemang förutsätter dock att zirkonpåväxterna bildats i samband med bildandet av de syn- till senorogena graniterna och migmatiterna. Inte heller i fält har det observerats något som skulle tyda på någon markant åldersskillnad mellan dessa graniter och granodioriter. Därför bedöms de möjligen utgöra en svit av bergarter, från graniter till tonaliter. De granodioritiska bergarterna har därmed tolkats som syn- till senorogena granitoider (se nedan).

## **METATEXITISK MIGMATIT, GRÅVACKEPROTOLIT**

En eller flera metamorfa gränser, alternativt en gradient, går från Härnösand och ner mot sydost. Från de bäst bevarade metagråvackorna som beskrivits ovan, via ådriga metatexitiska migmatiter (Sawyer 2008) med tydligt segregerad mineralogi med kvarts och fältspatrika band, växlande med i huvudsak biotit (fig. 8) till diatexitisk migmatit (se nedan) på Härnön, är avståndet inte mer än ett par kilometer. Samma



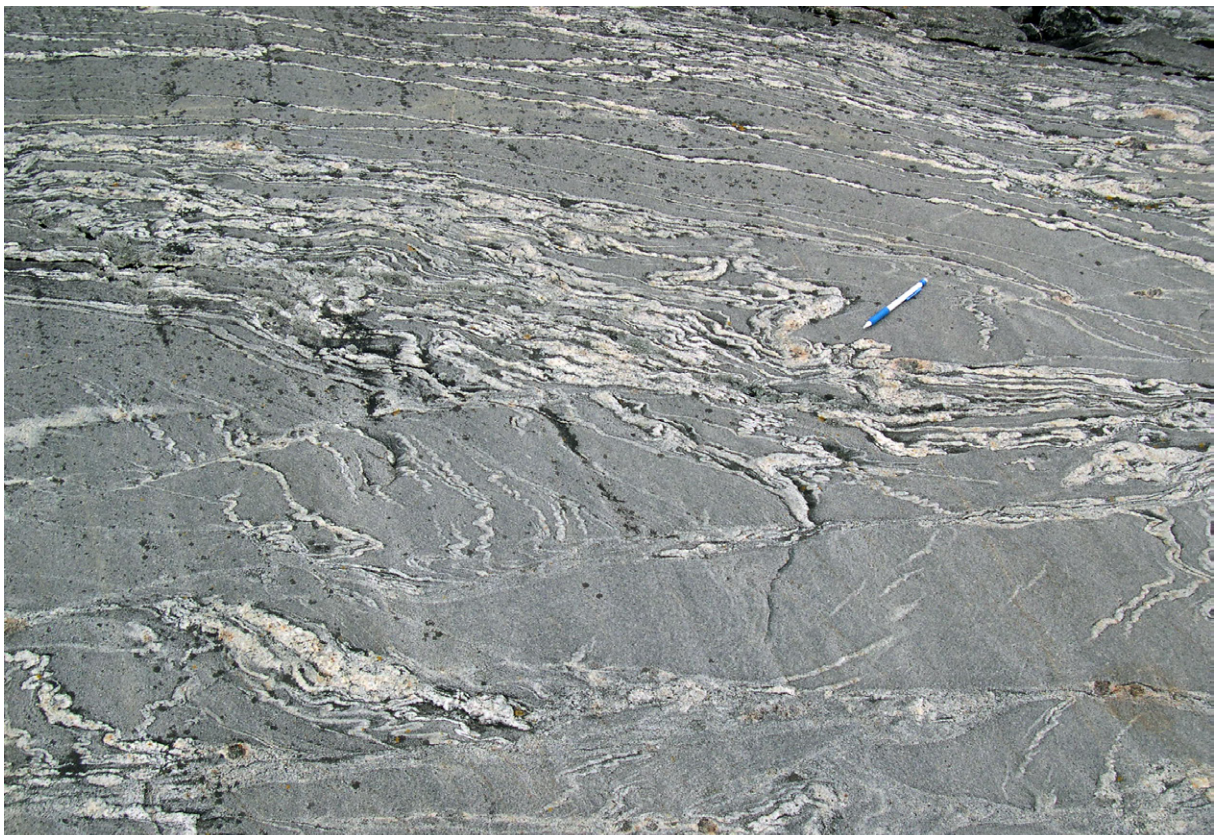
övergång från relativt välbevarade gråvackor till diatexititer återfinns längst hela E4:an både mot norr och söder. Dessutom finns ett större stråk av delvis uppsmält gråvacka som är karterat som metatexitiska migmatiter, från Sundsvall till Njurunda och från Sundsvall längs E14 mot Matfors.

## DIATEXITISKA MIGMATITER

De diatexitiska migmatiterna utgör en stor del av det karterade området. I dessa bergarter är ursprungsbergarten (protoliten) nästintill helt uppsmält och smältan är distribuerad genomgående i hela bergarten. Det partiellt uppsmälta materialets (neosomens) utseende varierar och avspeglar en vid variation av smältfraktion. Bergarten varierar från i huvudsak leukokratisk (ljus bergart med mycket liten del mörka mineral) till dominerande mesokratisk (oförändrad färg, egentligen ingen segregation mellan smält och fast fraktion) till dominerande melanokratisk (mörk bergart, rik på mörka mineral). Rester av ursprungsbergarten förekommer som större och mindre inneslutningar, men kan också saknas helt (Sawyer 2008). Migmatiterna har till större delen sitt ursprung i metagråvackor, men mer kisel- och aluminiumrika delar har tidigare tolkats som migmatitiserade metagranitoider eller blandsmältor med både sedimentära och magmatiska komponenter (Lundqvist m.fl. 1990). De diatexitiska migmatiterna inom det karterade området har indelats i två grupper, leukokratiska till mesokratiska diatexitiska migmatiter och melanokratiska diatexitiska migmatiter.

### Leukokratiska till mesokratiska diatexitiska migmatiter

Till gruppen leukokratiska till mesokratiska diatexitiska migmatiter har förts relativt leukokratiska, glimmerstrimmiga (schlierenförande) migmatiter (fig. 9), vanligt förekommande i den södra delen av



Figur 8. Ådrad (stromatisk) metatexitisk migmatit. Protoliten (ursprungsbergarten) är en gråvacka. Förutom lagerparallella ådror finns vid denna lokal (6940557/1609364) ådror som till synes följer axialplansstrukturer. Foto: Katarina P. Nilsson.



karteringsområdet och längs E14, samt gnejsiga leukokratiska till mesokratiska migmatiter med det stromatiska utseendet delvis bevarat, eller där glimmerstrukturen mer eller mindre homogeniserats i migmatiten (fig. 10). Inneslutningar av metaarenit, metaargillit och även skarn är vanligt förekommande, om än i mindre mängd i de leukokratiska schlierenförande migmatiterna. Granat förekommer frekvent i områdets södra delar och även cordierit har observerats.

U-Pb-Th-analys (SIMS) av zirkoner från en mesokratisk, något gnejsig, diatexitisk migmatit från Björkvik (17H 0 h) utfördes i november 2006 och november 2007 (SGU opubl.). Både kärnor (5) och påväxter (12) analyserades. Kärnorna anses vara ärvda zirkoner medan påväxterna tolkas vara relaterade till partiell uppsmältning under migmatitiseringsprocessen. Kärnorna uppvisade en åldersspridning mellan 2160 och 1920 miljoner år. Påväxterna uppvisade en ålder på  $1864 \pm 6$  miljoner år.

### Melanokratiska diatexitiska migmatiter

De melanokratiska diatexitiska migmatiterna är biotitrikare än de leukokratiska till mesokratiska migmatiterna (fig. 11). De har vanligen ett massformigt utseende även om de relativt ofta är stängliga (uppvisar linjärstruktur). Utseendet speglar troligen deras rumsliga förhållanden till den veckning och skjuvning som ägt rum under migmatiteringen och deformationen. Fältspatmegakrister är vanliga vilket ger bergarten ett något porfyriskt utseende. Granat förekommer frekvent i områdets södra delar och även cordierit har observerats. Inneslutningar av metasedimentära bergarter är vanligt förekommande. Vid vissa lokaler är inneslutningarna orienterade längs lineationsriktningen i bergarten på ett mer markant sätt än längs den otydligare glimmerstrimmigheten.

En folierad, diatexitisk migmatit vid Nedansjö (17H 3 b) har vid datering erhållit en migmatitiseringsålder på  $1861 \pm 2$  miljoner år (Högdahl m.fl. 2006, 2008), och en mer massformig diatexitisk migmatit på



Figur 9. Leukokratisk, glimmerstrimmig diatexitisk migmatit. Pålängsberget (6917385/ 1568977). Foto: Katarina P. Nilsson.





Figur 10. Mesokratisk diatexitisk migmatit där schlierenstrukturer mer eller mindre homogeniserats i migmatiten. Pålängsberget (6917629/ 1569836). Foto: Katarina P. Nilsson.



Figur 11. Melanokratisk, massformig diatexitisk migmatit med små inneslutningar av metasedimentära bergarter och större fältspatsmegakrister. Putterhålsällan (6940551/1610698). Foto: Katarina P. Nilsson.



Härnön vid Skärviksklippet (171 8 c) erhöj ett liknande resultat på  $1868 \pm 4$  miljoner år (Högdahl m.fl. 2008). Från migmatiten vid Skärviksklippet finns dessutom en liten grupp analyser som indikerar någon händelse för  $1849 \pm 4$  miljoner år sedan. Vad denna ålder betyder är dock oklart.

## SYN- TILL SENOROGENA GRANITOIDER

### Leukokratisk granit

De områden som är markerade som "leukokratiska graniter" på kartan representerar en i regel ljst grå till ljst gråröd metagranit. I vissa områden förekommer upp till 2–3 cm stora, mörka biotitfläckar (pseudomorfer) av helt eller delvis omvandlad cordierit i graniten (fig. 12). Även granat är vanligt förekommande, i synnerhet i kartområdets södra del. Graniten uppvisar allt från svag till stark foliation. Xenoliter av metagråvacka är vanligt förekommande. Diffus glimmerstrimmighet förekommer ställvis. Graniten är medelkornig och ställvis något småporfyrisk med enstaka, ca 1 cm stora mikroklinögon. Denna typ av granit uppträder främst i södra delen av kartområdet medan den mot norr är betydligt mer underordnad. I de norra delarna förekommer i många fall leukokratisk granit som gånger eller enstaka små områden, där den snarare uppfattas som in situ-bildade smältor i migmatit än som större granitintrusioner, vilket i sin tur gör det svårt att göra avgränsningar mot migmatiten. I vissa områden har det varit svårt att bedöma vilken bergart som dominerar, leukokratisk granit eller migmatit.

Den leukokratiska graniten har tidigare daterats till 2030 miljoner år (provtagan strax öster om Njurunda, Welin m.fl. 1993) och räknades då till de tidigrogena granitoiderna. Den åldern speglar dock troligen åldern på detritiska zirkoner som granitmagman fört med sig från metagråvackan under uppsmältningprocessen. Ett försök att datera ett prov från samma lokal med jonsonsanalys gav en tveksam, ej statistiskt underbyggd ålder på ca  $1845 \pm 12$  miljoner år (Högdahl m.fl. 2006). Resultat från nya



Figur 12. Leukokratisk granit med mörkare fläckar av pinitiserad cordierit och granat. Njurunda (6906090/1581404). Foto: Ilka von Dalwigk.





Figur 13. Fint medelkornig granit, Degelberget (6921464/1565379). Foto: Katarina P. Nilsson.

jonsondsdateringar i SGUs regi (Hellström m.fl. 2010) av en leukokratisk granit strax väster om Björkvik (17H 0h) indikerar åldrar på  $1863 \pm 6$  miljoner år och ca 1845 miljoner år, vilket antyder att bildningen av graniten skulle vara samtida med eller strax efterföljande den regionala migmatitiseringen. En senare studie indikerar liknande resultat med åldrar mellan 1879 och 1839 miljoner år (Högdahl m.fl. 2012), där jonsondsdateringar (zirkon) på  $1871 \pm 3$  miljoner år tolkas spegla bildningen av graniten. Den leukokratiska graniten har observerats både som mindre neosomansamlingar med diffus gräns mot migmatiten och som större områden med klart klippande relationer till migmatiten (exempelvis Rotvik öster om Njurunda, 6904470/1584935), vilket tyder på att den är likåldrig till något yngre än migmatiterna.

### Finkornig till medelkornig granit till granodiorit

Områden karterade som finkorniga till medelkorniga, ljusgrå graniter (fig. 13) finns inom hela kartområdet. Denna bergart ingick i begreppet Härnögraniter vid den senaste länskarteringen (Lundqvist m.fl. 1990). Termen Härnögranit infördes ursprungligen för att beteckna muskovitförande graniter i centrala Norrland (Magnusson 1949) men kom senare (Lundqvist m.fl. 1990) att även omfatta de biotitdominerade graniter som är tidsmässigt och geografiskt nära associerade med de muskovitdominerade. I ett flertal områden har gränsdragningen mellan de leukokratiska graniterna och de så kallade Härnögraniterna varit svårbedömd. Till skillnad från den leukokratiska graniten är den finkorniga till medelkorniga graniten till granodioriten generellt mer homogen och jämnkornig och saknar den glimmerstrimmighet som på vissa ställen uppträder i den leukokratiska graniten. Ställvis förekommer dock porfyriska varianter med strökorn av mikroklin (se avsnittet Listporfyrisk granit nedan).

En monazitdatering (TIMS) på fint medelkornig granit från kartområdet i Bottniska bassängens södra del har gett en ålder på  $1822 \pm 5$  miljoner år (Tallstugan, 17H 2f, Claesson & Lundqvist 1995). Jonsondateringar (SIMS) utförda i SGUs regi av zirkoner (påväxter) från samma lokal indikerar en ålder på ca 1870 miljoner år (SGU, opublicerat). Vid dateringen av zirkonkärnor erhöles åldrar på ca 2,7 och 2,0 miljarder år. Detta resultat tyder på att Bottniska bäckenets gråvackor är källmaterialet till Härnögraniten och det är samstämmigt med resultat presenterade i Claesson m.fl. (1993) som visar att detritiska zirkoner i svekofenniska metaturbiditer domineras av ca 60 % proterozoiska (1,9–2,1 miljarder år) och 30 % arkeiska (2,6–3,0 miljarder år) kristaller.

Senare monazitdateringar med jonsond av bland annat den leukokratiska graniten vid Björkvik och den fint medelkorniga graniten vid Tallstugan resulterade i två distinkta åldersintervall (1,87–1,86 och 1,82–1,80 miljarder år) där den yngre åldern anses representera nybildning eller återutfällning av monazit i samband med deformation av berggrunden (Högdahl m.fl. 2012). Till skillnad från monaziterna var zirkonerna mer robusta och ingen nybildning av zirkon skedde i samband med denna deformationsepisod.

### Listporfyrisk granit

I kartområdets södra del förekommer listporfyrisk granit på ön Klampenborg. Där är graniten grovporfyrisk och mikroklinfenokristerna kan bli upp till 3–4 cm långa. Fältspatlisterna är parallellställda och orienteringen tolkas som magmatiska flytstrukturer (Lundqvist m.fl. 1990). I projektområdets norra del förekommer ett flertal listporfyrisk granitkroppar. En del av dem är mycket tätt porfyrisk. Här är fältspatlisterna oftast mindre än  $5 \times 15$  mm stora. Orientering av listerna förekommer allmänt och i flertalet fall är orienteringen tolkad som tektonisk eller åtminstone syntektonisk till sin karaktär. I de listporfyrisk graniterna är det dominerande glimmermineralet muskovit.

### Pegmatitgranit

Den syn- till senorogena graniten är vanligtvis associerad med pegmatit, vilket tyder på att magmorna varit rika på volatila (lättflyktiga) ämnen. Pegmatiterna förekommer i hela projektområdet men det är oklart om det finns större pegmatitgranitiska massiv. I de flesta fall ser det mer ut som om pegmatitgraniterna i själva verket är större flackt liggande gångar som på grund av sin orientering fått en ytmässigt stor utbredning. Pegmatiterna såväl som de associerade graniterna är rika på inneslutningar av äldre bergarter, främst gråvacka men även amfiboliter förekommer. Den dominerande typen av pegmatit består av vit plagioklas, gråvit (rosa) mikroklin, grå kvarts, lokalt rikligt med svart turmalin, små (<5 mm) granater (almandin–spessartin) samt grön apatit.

### Granodiorit till tonalit

Ett större område med jämnkorniga till listporfyrisk granodioriter (fig. 14) till tonaliter finns i kartområdets norra del. Detta område tolkades vid den tidigare länskarteringen (Lundqvist m.fl. 1990) som tidigorogena granitoider. Datering av en granodiorit vid Oringen gav en ålder på  $1867 \pm 7$  miljoner år (Welin m.fl. 1993), vilket inte tyder på någon markant åldersskillnad jämfört med övriga graniter i området. Inte heller fältobservationerna ger några tydliga indikationer som skulle kunna motivera en sådan åldersuppdelning. Istället bedöms dessa granodioriter till tonaliter tillhöra en och samma svit av syn- till senorogena bergarter, från graniter till tonaliter.

De jämnkorniga till listporfyrisk granodioriterna är medelkorniga och massformiga till folierade. Inom samma ovan nämnda område ser bergarten ut att vara folierad längs veckben och mer massformig alternativt linjärstrukturerad i anslutning till veckombøjningen. I veckombøjningen finns även listporfyrisk områden, där listerna är orienterade i vad som ser ut att vara en primär, magmatisk foliation.





Figur 14. Listporfyrisk granodiorit, Skogsdalsberget, söder om Möckelsjön (6960870/1604674). Foto: Katarina P. Nilsson.

## RÖDÖINTRUSIONEN MED ASSOCIERADE GÅNGAR

Rödöintrusionen tillhör ett av de mindre rapakivikomplexen och är enligt finsk rapakiviterminologi en Wiborgit (Andersson 1997). Rödögraniten har daterats till  $1497 \pm 6$  miljoner år (Andersson 1997) respektive  $1513 \pm 5$  miljoner år (Welin 1994) och tillhör de så kallade anorogena intrusionerna. Gångar associerade till Rödöintrusionen finns blottade vid Alnös sydöstra udde. Förutom gångar finns bland annat en mindre kropp av en rödgrå, kvarts- och fältspatporfyrisk bergart med finkornig grundmassa samhörande med Rödögraniten söder om Sundsvall (6918830/1579190). En mindre kropp uppträder även norr om Skönsberg (strax norr om Sundsvall, 6922330/1579860). Rödöintrusionen framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 1) som en rund högmagnetisk anomali som är ca 7 km i diameter. Av anomalimönstret framgår att den består av flera intrusionsfaser. Större delen av intrusionen ligger under vatten men den går i dagen på Rödön och uppvisar där förhöjda kalium- och toriumhalter (fig. 2).

## DIABAS

I projektområdets nordöstra del finns ett stort område med diabas som framträder på den magnetiska anomalikartan som en relativt kraftig anomali (fig. 1). Diabasen är i huvudsak medel- till grovkornig och massformig. På vissa ställen är den också kraftigt grusvittrad. Pegmatitiska partier förekommer sparsamt. Enligt fältobservationerna samt tolkning av flygmätningen och av ett antal markprofilmätningar ligger diabasen som en relativt flack skiva. Associerad med diabasen är en medelkornig granitlik bergart som är blottad vid Häggdångers kyrka och där ligger under diabastäcket.



Diabasgångarna i södra och västra delarna av projektområdet är massformiga, övervägande finkorniga och uppvisar på ett flertal ställen ofitisk textur. Pelarförklyftningsstrukturer har observerats. Enligt observationer i fält dominerar två strykningsriktningar, ostnordostlig och nordnordvästlig. Diabasernas stupning varierar från flackt stupande, nästintill horisontella, till helt vertikala. Inneslutningar av sidoberget förekommer. Datering av en diabas som ligger strax utanför kartområdet gav en ålder på  $1\,257 \pm 4$  miljoner år (Söderlund m.fl. 2006).

Förutom de ovan nämnda diabaserna förekommer talrika magnetiska anomalier som antyder förekomst av brantstående gångsvärmar med nordvästlig, ost–västlig och nordostlig riktning. Vissa av gångarna hör antagligen till Alnöintrusionen.

## ALNÖINTRUSIONEN

Alnökomplexet med sina alkalina 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, 1990). Gångar associerade med Alnökomplexet finns dessutom i ett stort område kring Sundsvall. Fenitisering förekommer i omgivande värdbergarter (Morogan 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, Meert m.fl. 2007).

Utöver de dokumenterade huvud- och satellitintrusionerna visar de geofysiska mätningarna (magnetiska data från flygmätningen och tyngdkraftsdata) att i Klingerfjärden, mellan huvudintrusionen på Alnön och Söråkerintrusionen, förekommer magnetiska, tunga bergarter som sannolikt utgör ytterligare en eller flera intrusioner av liknande typ (fig. 1 och 5).

Alnöintrusionen tillhör ett av de mest studerade geologiska objekten i Sverige och redan 1895 beskrev A.G. Högbom Alnöområdet karbonatiter. De mest omfattande beskrivande arbetena utfördes av Harry von Eckermann (1948). Omfattande arbeten gällande Alnöns bergarter och mineral har utförts av Peter Kresten och en sammanställning av dessa arbeten presenteras i SGUs beskrivning till berggrundskartan över Västernorrlands län (Lundqvist m.fl. 1990). Till den beskrivningen presenterades även en karta över Alnöintrusionen i skala 1:10 000. Till de senare studierna av Alnön hör Morogan och Lindbom (1995) och Hode Vuorinen (2005). I den förra behandlas genesen av de alkalina och kalcitförande bergarterna på Långharsholmen. I den senare presenteras resultat av geokemiska analyser och isotopstudier (Nd-Sr-Pb), med avsikt att utreda den genetiska relationen mellan de olika bergarterna samt att uppskatta bidraget av mantelmaterial och krustalt material under Alnökomplexets bildningsprocess. En geofysisk studie av huvudintrusionen (Andersson m.fl. 2013) visar på en tallriksformad, stelrad magmakammare på ca 3 km djup som länkar till ytan genom ett ringformat förkastningssystem. Sättningar i kalderan under slutskedet av den vulkaniska aktiviteten resulterade i utbrott norr om huvudkomplexet (Andersson m.fl. 2013).

## Djupbergarter representerade i kartområdet

*Ijolitseriens bergarter* är volymmässigt de vanligaste inom Alnökomplexet. Ijolitserien omfattar bergarterna melteigit, ijolit och urtit som inbördes skiljer sig åt med avseende på nefelin-, pyroxen- och granathalt. *Melteigit* och *ijolit* består av nefelin (10–35 % resp. 35–65 %), pyroxen, apatit, melanitgranat, magnetit och biotit. Alkalifältspat uppträder ställvis, främst i ijoliten. *Urtiten* består av 80–90 % nefelin och är en helt ljus bergart. Bergarterna är oftast medelkorniga men pegmatitiska partier förekommer.

*Pyroxeniterna* domineras av pyroxen med amfibol, biotit, magnetit och melanitgranat. Bergarten är mörk och vanligen medelkornig även om variationer förekommer. De ljusa mineralen (mindre än 10 %) är nefelin, apatit och kalcit.

*Nefelinsyenit* består av ungefär lika mängd nefelin och alkalifältspat. Mindre än 35 % av bergarten består av mörka mineral (pyroxen och biotit) och bergarten är oftast ljus och medel- till grovkornig. Fältspatkornen är vanligen listformade.

*Sövit* är en karbonatit som mest består av kalcit. Trots att den räknas till djupbergarterna uppträder den inom Alnöområdet endast som gångar med en bredd från någon centimeter till drygt hundra meter. Förutom medel- till grovkornig kalcit ingår biotit eller pyroxen, apatit, magnetit, melanit och komplexa titanat eller niobat.

## Omvandlingsbergarter

Feniter bildas genom att lösningar från de alkalina eller karbonatitiska bergarterna metasomatiskt omvandlar sidoberget. Lösningarnas sammansättning, avståndet från lösningens källa samt typen av sidoberg är alla faktorer som avgör vilken typ av fenit som bildas. Det finns låggradiga feniter som representerar en begynnande omvandling. Dessa feniter är kvartsförande bergarter med alkaliamfibol eller alkalipyroxen. De höggradiga feniterna är kvartsfria alkalisyeniter.

## Gångbergarter

Alnökomplexets gångar är representerade på kartan med en enda gångsymbol. Däremot finns olika typer av gångar representerade i berggrunds databasen.

De flesta gångbergarter har en sammansättning motsvarande djupbergarternas, men är finkorniga och vanligen porfyriska. *Pyroxenitgångar* motsvarar med andra ord pyroxeniterna, *nefelinit* motsvarar melteigit till ijolit och *fenolit* motsvarar nefelinsyenit. *Trakyt* består mest av alkalifältspat och motsvarar djupbergarten syenit (som inte hittats bland Alnöbergarterna).

De karbonatitiska bergarterna indelas i *alvikit* (mer än 70 % kalcit, biotit eller flogopit, magnetit, perovskit etc.) och *beforsit* (mer än 70 % dolomit, flogopit, alkalifältspat, pyroklor, baryt, pyrit). De karbonatitgångar som observerats under karteringen är starkt påverkade av vittring och har en ljus vitt-ringsyta. Gångarna är täta till finkorniga och grågröna på färsk yta. Alvikit fräser i utspädd saltsyra vilket beforsiten inte gör (eller endast fläckvis).

*Barytgångar* förekommer vid Pottäng och Hartung. Förutom baryt består de av kalcit, flusspat, pyrit och järnhydroxid (goethit).

Den grupp silikatbergarter som har en mörk grundmassa och mörka strökorn kallas *lamprofyrer*. *Alnöiten* tillhör denna familj och namnet alnöit har traditionellt används synonymt med lamprofyrgruppens gångbergarter. Alnöiterna består av strökorn av glimmer och magnetit, mer sällan av olivin, pyroxen eller amfibol, i en finkornig grundmassa av glimmer, kalcit, magnetit, perovskit, melanit, apatit och ibland melilit (det sistnämnda fallet ger ”klassisk” alnöit). Vissa alnöiter har fragment från jordskorpan djupare delar, exempelvis granuliter och eklogiter. Kimberlitiska alnöiter har höga halter av olivin, glimmer (flogopit) och ibland ljus pyroxen. De *kimberlitiska alnöiterna* har ofta rundade fragment av ultrabasiter och enstaka strökorn av magnesiumrik ilmenit. I Söråkerintrusionen (17H 6h) finns *unkompahgrit* som är en variant av pyroxenmelilitolit.

## Ytbergarter

En brecciabergart vid Sälskär norr om Alnön, den s.k. Sälskärsbreccian, bör räknas som ytbergart då den klassificeras som karbonatittuff. Breccian tolkas som produkten av en explosiv karbonatitvulkanism (Kresten 1990). I denna bergart finns små runda fragment (lapilli) av en melilitrik bergart inbäddad i en karbonatrik grundmassa (kalcit, glimmer, magnetit, olivin, apatit, pyroklor). Block av denna bergart finns vid Västra Sälskär (693052/158487), och blocken tolkas tillhöra den s.k. Sälskärsintrusionen i Klingerfjärden norr om Alnön (Kresten 1990).

## DEFORMATION, STRUKTURER OCH METAMORFOS

Kartområdets bergarter har under den svekokarelska orogenesisen utsatts för veckning och metamorfos under lågtrycks- och högtemperaturförhållanden. Söder om kartområdet har metamorfosgraden lokalt uppnått granulitfacies (Bergman m.fl. 2004). I en leukokratisk granit öster om Njurunda samexisterar granat och cordierit, vilket tyder på att metamorfosgraden även inom kartområdet kan ha uppnått granulitfacies.

Leukosombildning och metamorfa mineral såsom granat, sillimanit och cordierit är mycket vanligt förekommande i södra delen av kartområdet. Strax norr om Sundsvall minskar förekomsten av granat och cordierit drastiskt. Granat uppträder norrut endast i pegmatitgångar och granitiska leukosom i gråvackan. Strukturella studier kombinerade med dateringar söder om Skellefteå har tolkats indikera två migmatitiseringsfaser, en äldre för ca 1900–1890 miljoner år sedan följt av en yngre fas för ca 1860 miljoner år sedan (Rutland m.fl. 1997). Endast den senare migmatitfasen har påvisats med hjälp av dateringar av prover tagna inom karteringsområdet (Högdahl m.fl. 2008).

Längs Ljungans dalgång finns ett större lineament tolkat som en sprickzon. Denna zon utgör ett strukturellt brott med ett nordvästligt strykande strukturmönster norr om zonen och ett nordostligt söder om zonen. Även observationer i fält tyder på att denna zon ursprungligen varit av plastisk karaktär. Högdahl & Sjöström (2006) har påvisat tre olika typer av plastisk deformation i trakten kring Stöde. Dessa deformationstyper har även observerats i övriga delar av kartområdet och representeras av:

- 1) en regional synmagmatisk deformation som har gett upphov till planparallella bandade gnejser. Intruderande granitgångar i anslutning till denna deformationsfas visar på synmagmatisk skjuvning. Utanför dessa bandade gnejser förekommer schollenmigmatiter med svag L>S deformation (linjärstrukturer dominerar över planstrukturer).
- 2) skjuvzonstråk med delvis välutvecklat C-S-fabric och en inroterad äldre foliation. Uppföljning av en sinistral (vänstervriden) skjuvzon nordost om Matfors visar att den deformerar syn- till senorogena leukokratiska graniter och pegmatiter. Zonen har bedömts tillhöra ett till Hasselazonen konjugerande skjuvzonssystem som daterats till  $1796 \pm 3$  miljoner år (Högdahl 2000). Det är oklart om det är samma skjuvzonssystem som fortsätter från Söråker norrut till Härnösand, men även denna zon är av samma karaktär.
- 3) ultramytoniter och semi-plastiska skjuvzoner som främst observerats i låglänta områden och längs kustremsan men som troligen är vanligare än vad som observerats i fält, eftersom de ofta uppträder i jordtäckta dalgångar.

De äldre bergarterna inom kartområdet är storskaligt veckade och har en vanligtvis tydlig foliation eller stänglighet. I de välbevarade gråvackorna i trakten av Härnösand finns tydliga, i huvudsak branta lagerstrukturer. Fältobservationer av småskaliga veck såväl som uppåtstrukturer indikerar att de tillhör ett större S-veck med nordostligt strykande veckben. De mätta veckaxlarna varierar från branta till relativt flacka och i huvudsak västligt eller ostligt stupande, även om variationer förekommer. Dessa variationer beror troligen på skillnader i deformationsgrad inom olika bergartsled, där de mindre kompetenta ("mjukare"), leriga lagersekvenserna tar upp mer deformation med utveckling av en stark axialplansförskifring och mer sammanpressad veckning. Uppmätta förskiffringsstrukturer varierar från ost-västliga till att vara mer sydvästligt strykande, och är dominerande brant, nästintill vertikalt stupande. Veckstrukturer och ett fåtal observerade uppåtstrukturer norr om Härnösand indikerar möjligen att detta område tillhör en större veckomböjning (M-veckning). Denna veckning indikeras på kartan av de syn- till senorogena granitoidernas form i kartområdets norra del. Lineationer uppmätta i dessa bergarter ser även ut att vara parallella till subparallella till veckaxeln hos dessa storskaliga veck.

Den tidigare länsarteringen beskriver två veckfaser efter fältobservationer bland annat norr om det nu aktuella kartområdet (Lundqvist m.fl. 1990). Enligt denna modell har de ursprungligen horisontellt

avlagrade gråvackorna i en första veckfas ( $F_1$ ) pressats samman i ost–västlig riktning med bildning av nord–sydliga, isoklinala veck med flacka axlar och branta axialplan. I en andra veckfas ( $F_2$ ), under nord–sydlig kompression, omställs de tidigare strukturerna till ost–västliga lägen, samtidigt som den branta lagerställningen stjälpas över och bildar flacka, åt öster stupande veckaxlar. Det är oklart om det är den första veckfasen ( $F_1$ ) som brantställer lagringen innan efterföljande veckning sker i de välbevarade gråvackorna vid Härnösand. Brantställningen av lagren kan även förklaras enligt en modell baserad på reflektionsseismiska data, där det har föreslagits att Bottniska bassängen är en allohton, tektoniskt staplad packe med överskjutningar från väster mot öster (Korja & Heikkinen 2005). Dock har två veckfaser observerats i de diatexitiska migmatiterna på Härnön, men det är oklart om veckfaserna tillhör två olika stadier av deformation eller är utvecklade progressivt under en och samma deformationsfas. Neosom i migmatiterna både påverkas av och klipper  $F_2$ -veckan. Högdahl m.fl. (2006) tolkar dessa neosomer som likåldriga med deformationen. Liknande iakttagelser har gjorts inom det här beskrivna karteringsprojektet.

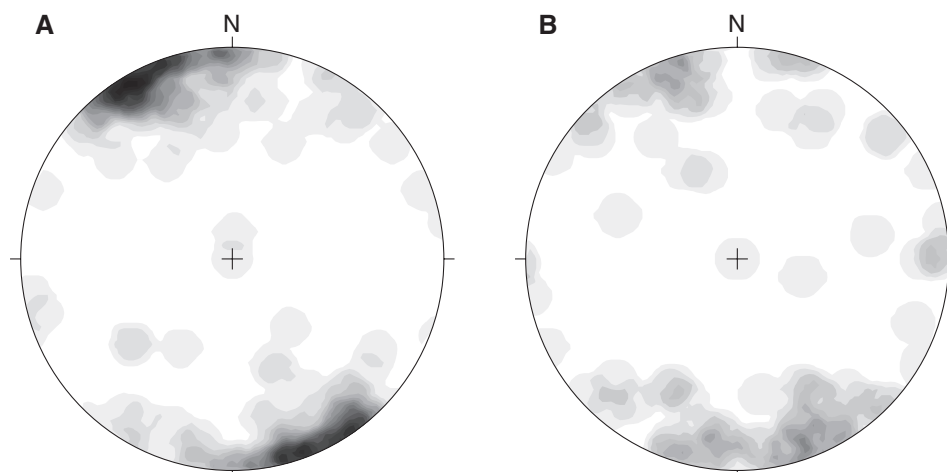
I det högmetomorfa migmatitområdet i den södra delen av kartområdet är isoklinala omböjningar av gnejsighet och ådring vanligt förekommande. I den södra delen av området stupar både veckaxlar och stängligheter i huvudsak  $5\text{--}50^\circ$  i varierande strykningsriktning mellan sydsydost och ostnordost. Foliationens strykning varierar markant och såväl branta som flacka foliationer har mätts i fält. Dock dominerar ost–västliga foliationsstrykningar i söder och något mer västnordvästliga åt sydväst, norr om Ljungan. I området strax väster om Sundsvall bryter foliationsriktningen av något mot ostnordost, vilket troligen delvis orsakas av en större deformationszon som också indikeras på den magnetiska anomalikartan (fig. 1).

Ett flertal plastiska skjuvzoner har observerats i fält. De har en dominerande nordostlig till ostnordostlig strykningsriktning (fig. 15a). De spröd-plastiska zoner som observerats i fält följer liknande strykningsriktningar (ostnordostlig), men även nord–sydliga riktningar har mätts i fält (fig. 15b).

## GEOFYSIK OCH TOPOGRAFI (HÖJDDATA)

### Magnetiska mätningar

Den magnetiska kartan (fig. 1) uppvisar ett antal anomalier som direkt kan knytas till bergarter som observerats vid berggrundskarteringen. Rödö- och Alnöintrusionerna består till stora delar av magnetiska bergarter och framträder tydligt som positiva anomalikomplex. Längre norrut, sydväst om Härnösand, återfinns tydliga magnetiska anomalier som orsakas av en flackt liggande diabas. Diabasens susceptibilitet är högst (ca  $5\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter) i grovkorniga partier och lägre (ca  $1\,500 \times 10^{-5}$  SI-enheter) i medelkorniga delar. Magnetiska data har använts för att modellera diabasen och resultatet framgår av den redovisade tvärprofilen (se profil A–B).



Figur 15. Konturering med Kamb-metoden av poler till **A**, plastiska skjuvzoner (140), **B**, spröd-plastiska skjuvzoner (72). Strukturer plottade på Schmidtnät, undre hemisfären, med konturintervall = 2.

Fältkontroll av bågformade, positiva magnetiska anomalier väster om Sundsvall indikerar att de orsakas av magnetkisförande stråk i metagråvackorna. De relativt breda zoner som indikeras av den magnetiska flygmätningen ger intryck av att bestå av flera parallella till subparallella, några meter breda zoner. Petrofysiska mätningar har påvisat måttliga susceptibilitetsvärden som är för låga för att förklara anomalierna. Däremot kan de förklaras av den höga remanenta magnetiseringen (Q-värden över 50, i extremfallet 127).

Utöver ovan nämnda bergarter indikeras, om än underordnat, magnetiska bergarter såsom amfibolit, diabas och andra gångbergarter. Susceptibilitetsvärdena varierar runt medelvärdena  $70 \times 10^{-5}$  SI-enheter för amfibolit och drygt  $1000 \times 10^{-5}$  SI-enheter för diabas. Motsvarande högsta värden är 710 respektive  $5550 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Dessa bergarter presenteras vanligen som punktsymboler på den berggrundsgeologiska kartan.

Ett stort antal punktformiga anomalier ses på den magnetiska kartan. Flera av dessa har varit föremål för prospektering efter diamanter (se avsnittet Mineraliseringar, industrimineral och bergtäkter). De anomalier som markerats på den berggrundsgeologiska kartan är distinkta och har inte bedömts orsakade av mänsklig påverkan (byggnader, ledningar etc.). Någon allmän fältbesiktning av anomalierna har dock inte gjorts.

Områdets graniter, gråvackor och migmatiter är genomgående lågmagnetiska (paramagnetiska), och det är därför mycket svårt att skilja dessa bergarter från varandra med hjälp av flygmätningen. De små variationer som kan påvisas med hjälp av susceptibilitetsmätningar på hållar korrelerar emellertid relativt väl med den observerade litologiska variationen.

Söder om Sundsvall finns en kraftig, artificiell anomali som förorsakas av aluminiumverket i Kubikenborg.

## Elektromagnetiska (VLF) mätningar

Resistivitetskartan (fig. 3) visar låga resistiviteter i dalgångarna till följd av förekomst av vattenförande jordlager eller vattenförande sprickzoner. Det kan dock vara svårt att utan uppföljande undersökningar eller samtolkning med annan information avgöra om en sprickzon verkligen är vattenförande, eller om den låga resistiviteten orsakas av vattenförande jordlager.

Lågresistiva zoner sammanfaller ibland också med de mer svårtolkade topografiska lineament som omnämns i avsnittet Topografiska data (höjddata) nedan.

## Spektrometermätningar

De flygburna spektrometermätningarna redovisas i form av en kompositkarta (ternärkarta) över de beräknade och normerade markhalterna av kalium, uran och torium (fig. 2). Mätningarna har gett förhöjda värden över Alnöintrusionen (förhöjda torium- och uranhalter) samt över Rödöintrusionen (förhöjda torium- och kaliumhalter).

Bergarterna inom kartområdet uppvisar dock generellt låga strålningsvärden. Vid flygmätningen har radiumindex större än 1 endast uppmätts över Alnöintrusionen, och inte i någon punkt har aktivitetsindex högre än 2 erhållits.

Vid flygmätningar dämpas strålningen av morän, jord och växtlighet jämfört med mätning direkt på håll, och vid beräkning av markhalterna beaktas inte denna dämpning. Även måttliga förhöjningar (exempelvis radiumindex större än 0,8) bör därför beaktas. Ett sådant område med radiumindex i intervallet 0,8–1 återfinns i kartområdets nordöstra del (gulfärgat uran-kaliumdominerat område på kompositkartan, fig. 2). Detta område är emellertid mycket välblottat och mätningarna på hållar ger samma strålningsvärden och därmed samma radiumindex.

Vid spektrometermätningar på hållar har utöver en punkt inom Alnöintrusionen aktivitetsindex högre än 2 bara erhållits vid en lokal (6923369/1597596). Bergarten är där en migmatit med framför allt förhöjd uranhalt (35–50 ppm). Företeelsen bedöms dock vara mycket lokal och näraliggande mätningar (inom



50 m) visade låga uranhalter (3–5 ppm). Radiumindex större än 1 har uppmätts vid 10 lokaler, varav två sammanfaller med de ovan nämnda. Punkter med radiumindex över 1 och sådana med aktivitetsindex över 2 har markerats på berggrundskartan.

## Tyngdkraftsmätningar

Tyngdkraftskartan (fig. 5) visar områden med massöverskott, dvs. där bergarter med hög densitet uppträder, och områden med massunderskott dominerade av bergarter med låg densitet. Den klart dominerande anomalien inom området (ett tydligt massöverskott) orsakas av Alnöintrusionerna inklusive den eller de intrusioner som indikeras i Klingerfjärden. Ett stort antal tyngdkraftsmätningar har gjorts på land, särskilt på Alnö och inom ett mindre område i Söråker. Stora luckor över Klingerfjärden gör dock att det inte går att göra någon tillförlitlig modellering av intrusionerna.

Diabasen sydväst om Härnösand framträder inte annat än möjligen mycket diffust på tyngdkraftskartan. Detta beror framför allt på att tyngdkraftsmätningen i detta område är alltför gles, eventuellt i kombination med att diabasens mäktighet och därmed dess massöverskott är begränsad.

## Topografiska data (höjddata)

De zoner som framträder i den topografiska kartan (fig. 4) är spröda zoner (sprickzoner) som i flera fall kan ha bildats genom reaktivering av äldre plastiska zoner. Många av zonerna är mycket uthålliga och representerar ett storskaligt system av sprickzoner i området.

En svårighet vid tolkningen, särskilt när det gäller de korta och mer diffusa zonerna, är att skilja topografiska sänkor orsakade av sprickzoner från erosionssänkor som inte nödvändigtvis behöver motsvaras av en sprickzon. I sådana sänkor är blottningar ovanliga vilket ytterligare försvårar tolkningen. De tolkade sprickzonernas uthållighet och samtolkning med annan information har använts för att öka tolkningens tillförlitlighet.

## MINERALISERINGAR, INDUSTRIMINERAL OCH BERGTÄKTER

Kartområdet innefattar inte några kända större mineraliseringar eller malmer. Vid Allstakullarna (17H 2 f), nordväst om Kvissleby, finns två mindre skärpningar med svavelkis, kopparkis och grafit i en amfibolitlagring i metagråvacka.

Inom Alnömassivet, i området Ås–Släda–Stavsätt (17H 5 g och 17H 5 h), finns skärpningar där titanomagnetit i pyroxenit har brutits. Ett par mindre skärpningar nordost om Ås är numera igenfyllda. Magnetit har brutits i liten skala i söviterna vid Hörningsholm (6929140/1585312) där för övrigt provbrytning av nefelinsyenit till flussmedel förekommit (von Eckermann 1948, 1960, Lundqvist m.fl. 1990).

Söviter har brutits, främst till jordbrukskalk, på ett flertal ställen på norra Alnö. Omkring 50 000 ton sövit bröts under 1940- och 1950-talen vid Smedsgården (6926680/1584170). Förutom i ett antal små brott bröts sövit även vid Båräng, Stavsätt och Stolpås (17H 5 g). Till Alnöbergarterna finns även förekomster av baryt knutna. Baryt bröts under andra världskriget i Pottäng (6928550/1584370) och provbröts vid Hartung (6928960/1583640). Den användes bland annat vid framställning av målarfärg (Lundqvist m.fl. 1990).

Det finns ett fåtal mindre, nedlagda stenbrott i så kallad granitporfyr (sambörig med Rödöns rapakivi-granit). Två av dem ligger strax söder om Sundsvall (17H 3 f) och har använts för tillverkning av gatsten (Lundbohm 1899, Lundqvist m.fl. 1990). Ett litet stenbrott norr om Sundsvall (17H 4 g) kan möjligen ha använts till samma ändamål (Lundqvist m.fl. 1990). Dessutom finns ett fåtal små täkter eller skärpningar i närheten av Norrkrånge och Sörkrånge (17H 8 i) samt vid Lagmansören (17H 7 e), där syn- till senorogen granit brutits för tillverkning av grindstolpar, husgrunder m.m.

I en mäktig amfibolitgång benämnd Svartberget (17I 9 a) har sulfidmineraliserade horisonter observerats som inlagringar och dessa har varit föremål för små gruvförsök (6949370/1599985, Locke-gruvorna). Amfiboliten innehåller där magnetkis, svavelkis och något kopparkis. I amfiboliten finns ca 1 m mäktiga kvartsitinlagringar. I samma amfibolitstråk mot sydväst finns även Grofäll (17H 9 j) med skärpningar innehållande svavelkis, magnetit och grafit (Lundqvist m.fl. 1990). Ett par mindre skärpningar förekommer också väster om Ålandsbro (18I 0 a) i omvandlad metagråvacka i kontakten till ovan nämnda amfibolitstråk.

Vid Lunde gruva vid Bergeforsen (6935590/157925), i områdets centrala del, finns skärpningar som i huvudsak visar magnetkis samt underordnat svavelkis och kopparkis. Föremål för brytningen har varit nickel och koppar. Mineraliseringarna ligger där i skarniga metamorfoserade sedimentbergarter samt kvartsit i huvudsak omgivna av amfibolit.

Det finns ett tjugotal aktiva bergtäkter i det karterade området. Det är framför allt metagråvacka eller syn- till senorogen granit som är huvudbergarter i dessa täkter. Graniten bryts främst längs E4:ans sträckning mellan Timrå och Härnösand. I detta stråk är graniten påverkad av plastisk deformation vilket ger bergarten bättre tekniska egenskaper. Det finns även en bergtäkt i metatonalit vid Lagmansören (17H 7 e). Informationen på kartan är från karteringsverksamhet utförd 2005–2008. För aktuell information angående exempelvis aktiva täkter hänvisas till SGUs databaser.

I den magnetiska anomalikartan förekommer talrika punktformade högmagnetiska anomalier som har varit föremål för diamantprospektering (Sundberg 2003). Borrning på anomalier strax utanför karteringsområdet visar att anomalierna orsakas av ”pipor” bestående av en fragmentförande basisk bergart, melnoit (Sjöberg 2004). Liknande anomalier inom kartområdet har markerats med symbolen ”Ab” (alkalin bergart) på kartan.

## REFERENSER

- Andersen, T., 1996: Sr, Nd and Pb isotopic data of the Alnö carbonatite complex. *Abstract volume, 22nd Nordic Geological Winter Meeting*, 11.
- Andersson, M., Malehmir, A., Troll, V., Dehghannejad, M., Juhlin, C. & Ask, M., 2013: Carbonatite ring-complexes explained by caldera-style volcanism. *Scientific reports* 3, 1677, DOI:10.1038/srep01677.
- Andersson, U.B., 1997: Petrogenesis of some Proterozoic granitoid suites and associated basic rocks in Sweden (geochemistry and isotope geology). *Sveriges geologiska undersökning Rapport 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.
- Andersson, U.B., Högdahl, K., Sjöström, H. & Bergman, S., 2006: Multistage growth and reworking of the Palaeoproterozoic crust in the Bergslagen area, southern Sweden: evidence from U-Pb geochronology. *Geological Magazine* 143, 679–697.
- Bergman, S., Albrecht, L., Ahl, M. & Kübler, L., 2004: Projekt Gävleborgs län. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 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., 1995: Origins and ages of Proterozoic granitoids in the Bothnian Basin, central Sweden; isotopic and geochemical constraints. *Lithos* 36, 115–40.
- Claesson, S., Huhma, H., Kinny, P.-D. & Williams, I.-S., 1993: Svecofennian detrital zircon ages – implications for the Precambrian evolution of the Baltic Shield. *Precambrian Research* 64, 109–130.
- 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.
- Eckermann, H. von, 1960: The Alnö alkaline region. I H. von Eckermann, W. Larsson, E. Norin, R. Gorbatshev och Percy Quensel. Alkaline rocks and mineral deposits of southern, central Sweden. *Guide to excursion no. C 27, international geological congress, XXI session, Norden 1960*.
- 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 nr 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 och 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., 2006: Relationen mellan smältning–metamorfos och deformation i gränsområdet mellan Ljusdalsbatoliten och Bottniska bassängen. *Lägesrapport externt FoU-projekt 60-1395/2005, Sveriges geologiska undersökning*, 2 s.
- Högdahl, K., Sjöström, H. & Andersson, U.B., 2006: Tectonic units and correlation problematics in the central Svecofennian domain. *Slutrapport externt FoU-projekt 60-1158/2002, Sveriges geologiska undersökning*, 35 s.
- Högdahl, K., Sjöström, H., Andersson, U.B. & Ahl, M., 2008: Continental margin magmatism and migmatization in the west-central Fennoscandian Shield. *Lithos 102*, 435–459.
- Högdahl, K., Majka, J., Sjöström, H., Persson Nilsson, K., Claesson, S. & Konečný, P., 2012: Reactive monazite and robust zircon growth in diatexites and leucogranites from a hot, slowly cooled orogen: implications for the Palaeoproterozoic tectonic evolution of the central Fennoscandian Shield, Sweden. *Contributions to Mineralogy and Petrology 163*, 167–188.
- Kresten, P., 1976: A magneticometric survey of the Alnö complex. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 98*, 364–365.
- Kresten, P., 1990: Alnöområdet. I T. Lundqvist, D.G. Gee, R. Kumpulainen, L. Karis & P. Kresten: 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.
- 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.
- Lundbohm, H., 1899: Praktiskt geologiska undersökningar inom Västernorrlands län. II Berggrunden. Med två kartor i skalorna 1:500 000 respektive 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning C 177*, 60 s.
- 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.
- 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., 1949: *Berggrunden*. I N.H. Magnusson, E. Granlund & G. Lundqvist: *Sveriges geologi, andra upplagan*. Svenska Bokförlaget Nordstedts, 211 s.
- Meert, J.G., Walderhaug, H.J., Torsvik, T.H. & Hendriks, B.W.H., 2007: Age and paleomagnetic signature of the Alnö carbonatite complex (NE Sweden): Additional controversy for the Neoproterozoic paleoposition of Baltica. *Precambrian Research 154*, 159–174.

- Mellqvist, C., Bergman, T., Johansson, R., Nysten, P. & Persson Nilsson, K., 2008: Sundsvall berg och bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2006. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 130*, 120–131.
- Miller, R.G., O'niions, 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 Nilsson, K., Bergman, T., Antal Lundin, I. & Wedmark, M., 2006: Sundsvall, berg och bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2005. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 123*, 142–154.
- Persson Nilsson, K., Johansson, R., Mellqvist, C., Bergman, T., Döse, M. & Lunqvist, S., 2007: Sundsvall, berg och bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2006. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 126*, 90–104.
- Rutland, R.W.R., Skiöld, T. & Page, R.W., 1997: Age and regional significance of deformation episodes in the Svecofennian Province South of Skellefte. I R.W.R. Rutland & B.J. Drummond (red.): Palaeoproterozoic Tectonics and Metallogenesis: Comparative analysis of parts of the Australian & Fennoscandian Shields. *Australian Geodynamics Cooperative Research Centre (AGSO) Record 1977/44*, 103–105.
- Sawyer, E.W., 2008: Atlas of Migmatites. *The Canadian Mineralogist, Special Publication 9. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada*, 371 s.
- Sjöberg, J., 2004: Ultramafic diatremes in middle Sweden. *Examensarbete vid institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet, nr 73*, 39 s.
- Sundberg, A., 2003: Nya lamprofyrfynd i Västernorrlands och Jämtlands län. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2003:6*, 18 s.
- Statens industriverk, 1980: Berg och malm i Västernorrlands län. *SIND PM 1980:18*.
- Söderlund, U., Elming, S.-Å., Ernst, R.E. & Schissel, D., 2006: The central Scandinavian Dolerite Group – protracted hotspot activity or back-arc magmatism? Constraints from U–Pb baddeleyite geochronology and Hf isotopic data. *Precambrian Research 150*, 136–152.
- 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.

