

Beskrivning av berggrunden inom ett område på kartbladen 9B DALS ED, 9C MELLERUD OCH 8C LIDKÖPING

Ulf Bergström & Johan Jönberger



ISSN 1652-8336

ISBN 978-91-7403-498-1

Omslagsbild: I Tösse skärgård längs Vänerkusten söder om Åmål, är välbevarade vulkaniska och sedimentära bergarter tillhörande Åmålgruppen exponerade.

Fotograf: Ulf Bergström

Författare: Ulf Bergström & Johan Jönberger

Granskad av: Stefan Bergman

Ansvarig enhetschef: Leif Björk

Redaktör: Lina Rönnåsen

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Inledning	4
Bakgrund	4
Metodik	4
Geologisk översikt	5
Regional geofysisk översikt	5
Bergartsbeskrivning	18
Åmålgruppen	18
Kappeboformationen	20
Göteborgssviten	21
Äldre porfyrisk granodiorit-granit (ögongnejs)	24
Hisingensviten	26
Yngre graniter	29
Dalslandsgruppen	29
Gångbergarter: granit, aplit, pegmatit och diabas	33
Strukturer och metamorfos	34
Naturresurser	36
Referenser	39

INLEDNING

Projektet ”Dals Ed–Mellerud, berg” startade våren 2009. Det ingår i SGUs reguljära kartläggning av berggrunden i prospekteringsintressanta områden. Projektets syfte har varit att ta fram berggrundsgeologisk information som underlagsmaterial till bland annat kommuner, länsstyrelser och prospekteringsföretag. Informationen omfattar berggrundsgeologiska kartdata, dokumentation av fältobservationer, hållar och mineralfyndigheter samt bestämning av utvalda bergarters ålder, mineralsammansättning, kemiska sammansättning, densitet, magnetiska susceptibilitet, remanenta magnetisering och halt av kalium, uran och torium.

Projektområdet omfattar ca 1 715 km² väster om Vänern inom Åmåls, Bengtfors, Eds, Färgelanda och Melleruds kommuner och motsvarar de topografiska kartbladen 9C Mellerud SV och Mellerud NV samt de östra delarna av kartbladen 9B Dals Ed SO och NO. Dessutom ingår de delar av 8C Lidköping NV som ligger inom Melleruds kommun. Området bedöms som den mest prospekteringsintressanta delen av Dalsland.

Bakgrund

Sedan tidigare finns regional berggrundsinformation med tillhörande beskrivning inklusive en dokumentation av malmförekomster för projektområdet (Wik m.fl. 2002). Äldre kartläggning av SGU finns i skala 1:50 000 över de östra delarna av projektområdet: kartbladen Aa 34 Åmål (Törnebohm 1870a), Aa 35 Baldersnäs (Hummel & Erdmann 1870), Aa 36 Vingershamn (Törnebohm 1870b), Aa 37 Upperud (Törnebohm 1870c), Aa 38 Degeberga (Karlsson 1870) och Aa 39 Rådanefors (Karlsson & Wahlqvist 1870). Söder om projektområdet genomförde SGU i början av 2000-talet en berggrundskartering (Lundqvist m.fl. 2003) som inkluderar den del av kartområdet 9B SO som inte omfattas av det projekt som rapporteras här.

Hela projektområdet är täckt med geofysiska flygmätningar av magnetfältet, det elektromagnetiska (VLF) fältet och gammastrålningsinformation. Modern VLF-information mätt med två olika sändare finns tillgänglig för hela området. Moderna tyngdkraftsdata har arbetats fram under 2008–2010.

En regional jordartsundersökning genomfördes av SGU under början av 2000-talet och den inkluderar ett hållunderlag i regional skala.

Periodvis har prospektering efter olika mineral bedrivits i Dalsland och ett flertal detaljundersökningar av både geologi (t.ex. Delin & Hammargren 1981) och mineraliseringar (t.ex. Hammergren 1989) finns beskrivna i SGUs serie BRAP och i SGABs serie PRAP. Bland övriga malmrelaterade studier kan nämnas t.ex. Johansson (1985) och Alm (2000).

I Overeem (1948) och Heybroek (1950) finns detaljstudier av Dalslandsgruppens bergarter.

Metodik

Kartläggningen av projektområdet bygger på ett stort antal observationer av berggrunden i hållblottningar över hela området. Dalsland har en varierande landskapsbild med bergiga skogsområden, slättlandskap och skärgård. Berggrundens blottningsgrad kan variera mycket, och i områden med få hållar är geofysik en nödvändighet för att tolka de geologiska betingelserna. Som kartunderlag har Lantmäteriverkets Terrängkarta och Fastighetskarta använts.

Vid varje observation dokumenteras bergartens egenskaper, t.ex. sammansättning, färg och texturer. Den strukturella överpräglningen noteras, karaktäriseras och mäts, liksom den magnetiska susceptibiliteten. På ett antal observationspunkter mäts dessutom bergets gammastrålningsegenskaper. Bergartsprover samlas in och analyseras med avseende på petrografi, geokemi, densitet, magnetiska egenskaper och i några fall även ålder. Alla ob-

servationspunkter koordinatsätts med hjälp av GPS i kordinatsystemet SWEREF 99 TM.

Den geologiska kartan sammanställs genom en syntes av nyinsamlade geologiska och geofysiska data, som kombineras med ett befintligt geologiskt och geofysiskt material (inklusive äldre kartor) och färdigställs digitalt med hjälp av olika GIS-verktyg.

Rapportering har skett löpande under arbetets gång (Bergström m.fl. 2010, Bergström m.fl. 2011).

GEOLOGISK ÖVERSIKT

Berggrunden inom projektområdet ligger i sin helhet i den så kallade Idefjordenterrängen, vilken i sin tur utgör en del av den svekonorvegiska orogenen. Bergarterna bildades för 1 650 till 900 miljoner år sedan och de uppträder längs nord–sydliga strukturer som troligen uppstått under den svekonorvegiska bergskedjeveckningen för ca 1 000 miljoner år sedan (Wik m.fl. 2002). Samtliga bergarter inom projektområdet är deformerade och metamorft omvandlade, men prefixet meta- som kan stå före varje bergartsbeteckning i denna beskrivning har tagits bort för läsbarhetens skull.

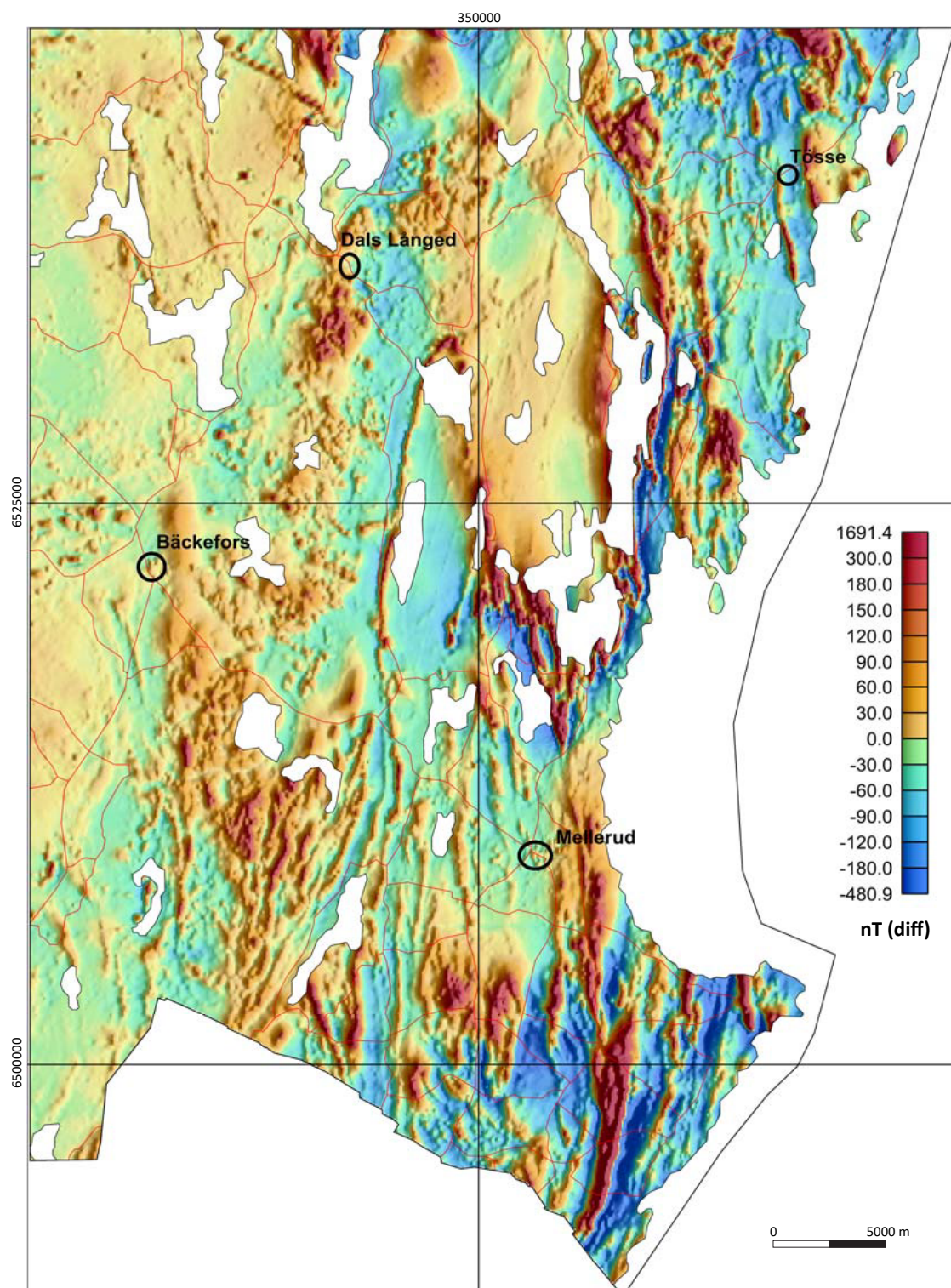
Centralt i projektområdet förekommer den så kallade Dalslandsgruppen (Wik m.fl. 2002), som består av sedimentära bergarter, t.ex. kvartsit, lerskiffer och arkos, samt av inlagrade basaltiska vulkaniter. I dessa bergarter kan man tydligt se den tektoniska utvecklingen under bergskedjebildningen, t.ex. en tidig fas av överskjutningar. Stora sjök av äldre bergarter har från väster skjutits upp på yngre bergarter. Det finns också nord–sydligt orienterade veckstrukturer och förkastningar som ofta är orienterade i nordväst–sydost. Dessa utgör de yngsta strukturerna.

De äldsta bergarterna i projektområdet är de vulkaniska och sedimentära bergarterna i Åmålgruppen (Åhäll & Connelly 2008) och Kappeboformationen (Åhäll & Connelly 2008) som bildades för över 1 600 miljoner år sedan. Dessa har intruderats av två generationer granitiska bergarter, där den äldre generationen består av två liknande, men åldersmässigt separerade magmatiska pulser, Göteborgssviten (1 640–1 590 miljoner år) respektive Hisingensviten (1 590–1 520 miljoner år, Åhäll & Connelly 2008). Varje svit är mycket heterogen med avseende på utseende, sammansättning och petrologiska associationer och sviterna kan vara svåra att skilja från varandra i fält. En viktig skillnad är att Göteborgssviten är likåldrig med Åmålgruppen medan Hisingensviten saknar vulkanisk komponent. Göteborgssvitens granitiska bergarter med dess spridda förekomster av Åmålgruppens vulkaniter förekommer främst öster om Dalslandsgruppens bergarter, medan Hisingensvitens granitiska bergarter återfinns främst väster om Dalslandsgruppen. I de västra delarna av projektområdet finns också bevarade rester av Kappeboformationens sedimentära och vulkaniska bergarter.

En yngre granitgeneration (Holme 2001) med en ålder av 1 300–1 340 miljoner år uppträder som distinkta plutoner i ett bälte från Göteborgstrakten till Värmland. Längs projektområdets södra gräns uppträder två av dessa plutoner. Dessa graniter varierar mindre i sammansättning och strukturell överpräglning, men även dessa graniter kan vara svåra att skilja från de äldre granitenheterna i fält.

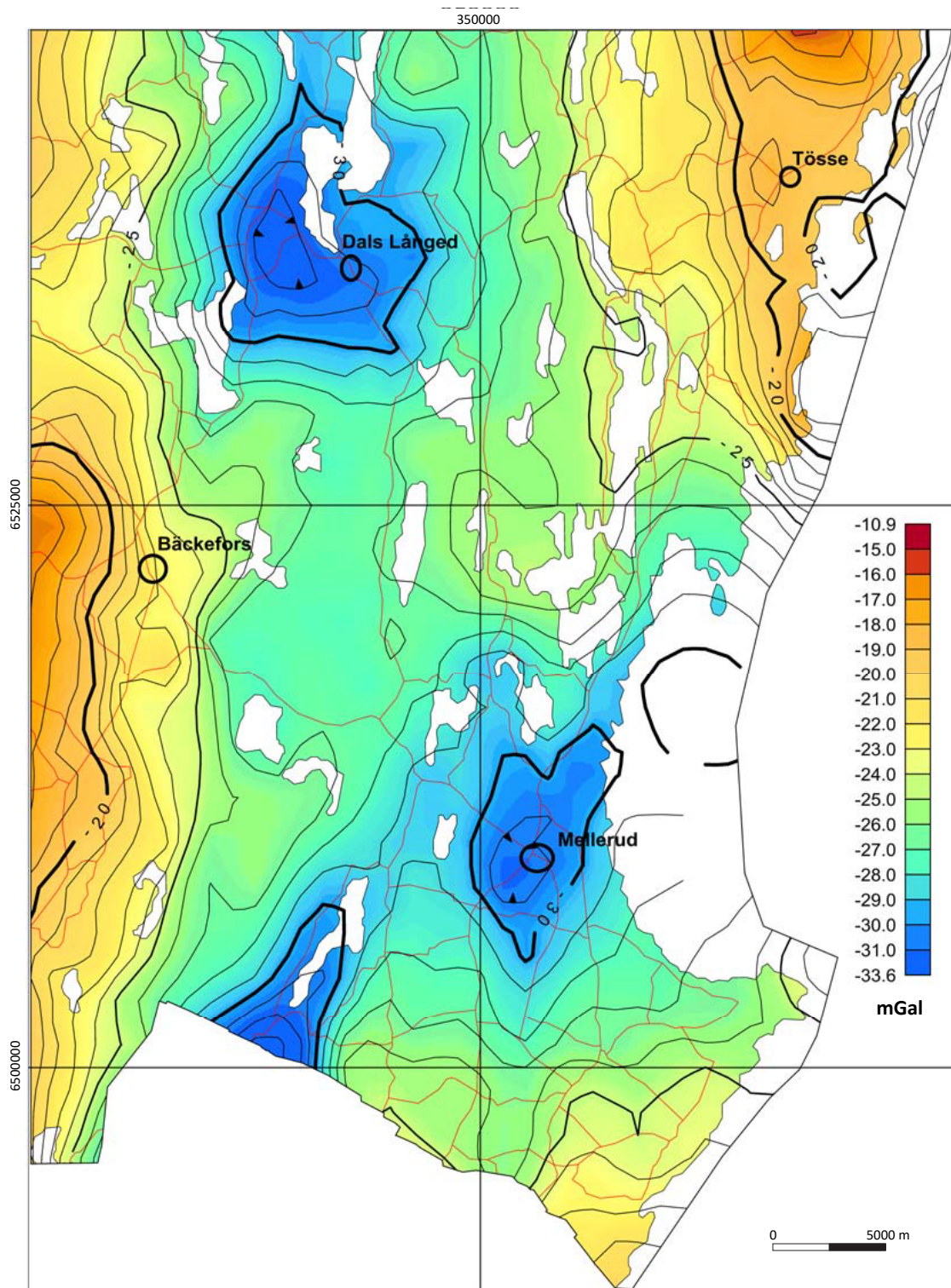
REGIONAL GEOFYSISK ÖVERSIKT

Dalslandsgruppens bergarter uppvisar en tydligt magnetiskt strukturerad anomalibild förorsakad dels av primärstrukturer, dels av deformation. Inlagrade basaltlavor har en karaktäristiskt hög magnetisering, med susceptibilitetsvärden upp till $20\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Yngre sedimentära bergarter i Dalslandsgruppens stratigrafiskt övre delar ligger flackt på basaltlavorna, vilket syns både på den magnetiska anomalikartan (fig. 1) och på kartan över tyngdkraftens residualfält (fig. 2).



Figur 1. Magnetisk anomalikarta över projektområdet (skala 1:500 000). Den baseras på flygburna mätningar utförda på 60 m höjd (förutom längst i söder där höjden var 30 m) med ett linjeavstånd på 200 m och en öst–västlig flygriktning.

I de södra delarna av Dalslandsgruppens utgående markerar den högmagnetiska basalten tydligt veckningen med flackt lutande veckaxlar som har drabbat hela gruppen. På grund av veckningen är magnetfältet förhöjt även in mot de centrala delarna av Dalslandsgruppen,



Figur 2. Bougueranomalikarta över projektområdet (skala 1:500 000). Kartan visar variationer i tyngdkraftsfältet uttryckt som bougueranomali (IGSN71) och baseras på mätningar med ett mätpunktsavstånd på ca 0,2–3,5 km.

trots att den magnetiska susceptibiliteten hos de sedimentära bergarterna generellt är mycket låg. Detta beror på att de underliggande basaltens signatur lyser igenom. På tyngdkraftskartan (fig.2) sammanfaller basaltens läge med ett u-format massöverskott som även fortsätter

en bra bit norrut, in över den centrala delen av Dalslandsgruppen. Detta är ytterligare en indikation på att basalterna underlagrar de sedimentära bergartsleden.

Omgivande äldre granitbergarter varierar generellt lite med hänsyn till både magnetiska och radiometriskas egenskaper. De associerade vulkaniska och sedimentära bergarterna i Åmålgruppen och Kappeboformationen har ganska varierande magnetiska egenskaper. Bland annat förekommer kraftigt magnetiska andesitiska till basaltiska lavar.

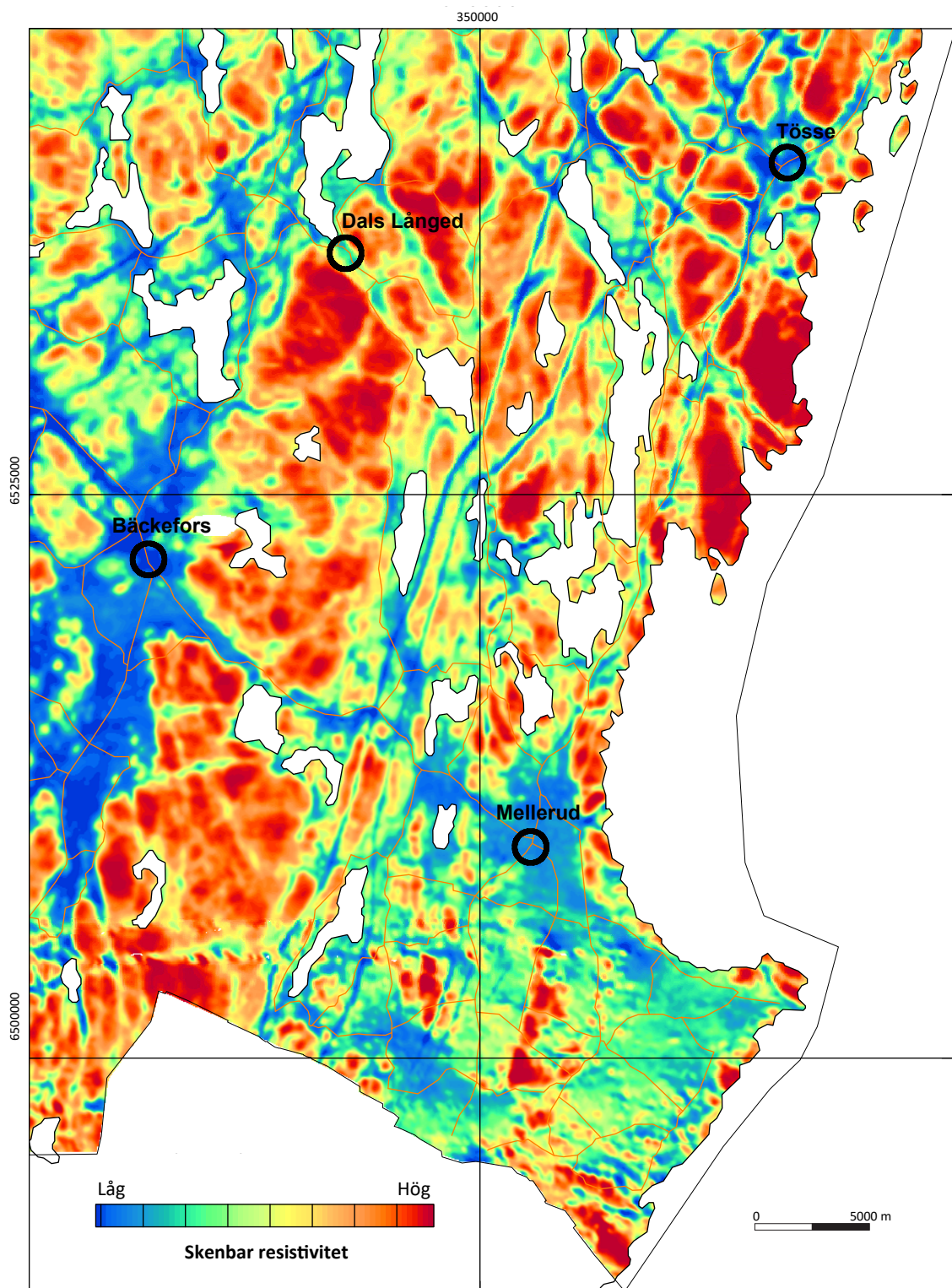
Den vulkanitdominerande berggrunden vid Tösse (fastighetskarta 65D 3gN) består av olika typer av ytbergarter, som snabbt kan variera med avseende på sammansättning och utseende. Massöverskottet vid Tösse (fig. 2) är sannolikt kopplad till förekomsten av andesiter och basalter i Åmålgruppen.

Mellan sjöarna Iväg och Laxsjön i den nordvästra delen av projektområdet syns ett utpräglat massunderskott på tyngdkraftskartan (fig. 2). Bergarterna i området utgörs främst av graniter och kvartsmonzodioriter tillhörande Hisingensviten och sedimentära bergarter tillhörande Dalslandsgruppen. De bergartsprov som har insamlats i området för petrofysisk analys visar att de granitiska bergartsleden har generellt låg densitet och massunderskottet visar att de sannolikt har stort djupgående. Vid projektområdets västra gräns syns ett utpräglat massöverskott (fig. 2) som till stora delar sammanfaller med ett homogent, lågmagnetiskt område. Eftersom hela området innehåller flacka överskjutningar som stupar åt väster är det sannolikt att de graniter som syns på markytan har relativt litet djupgående och underlagras av tyngre bergartsled.

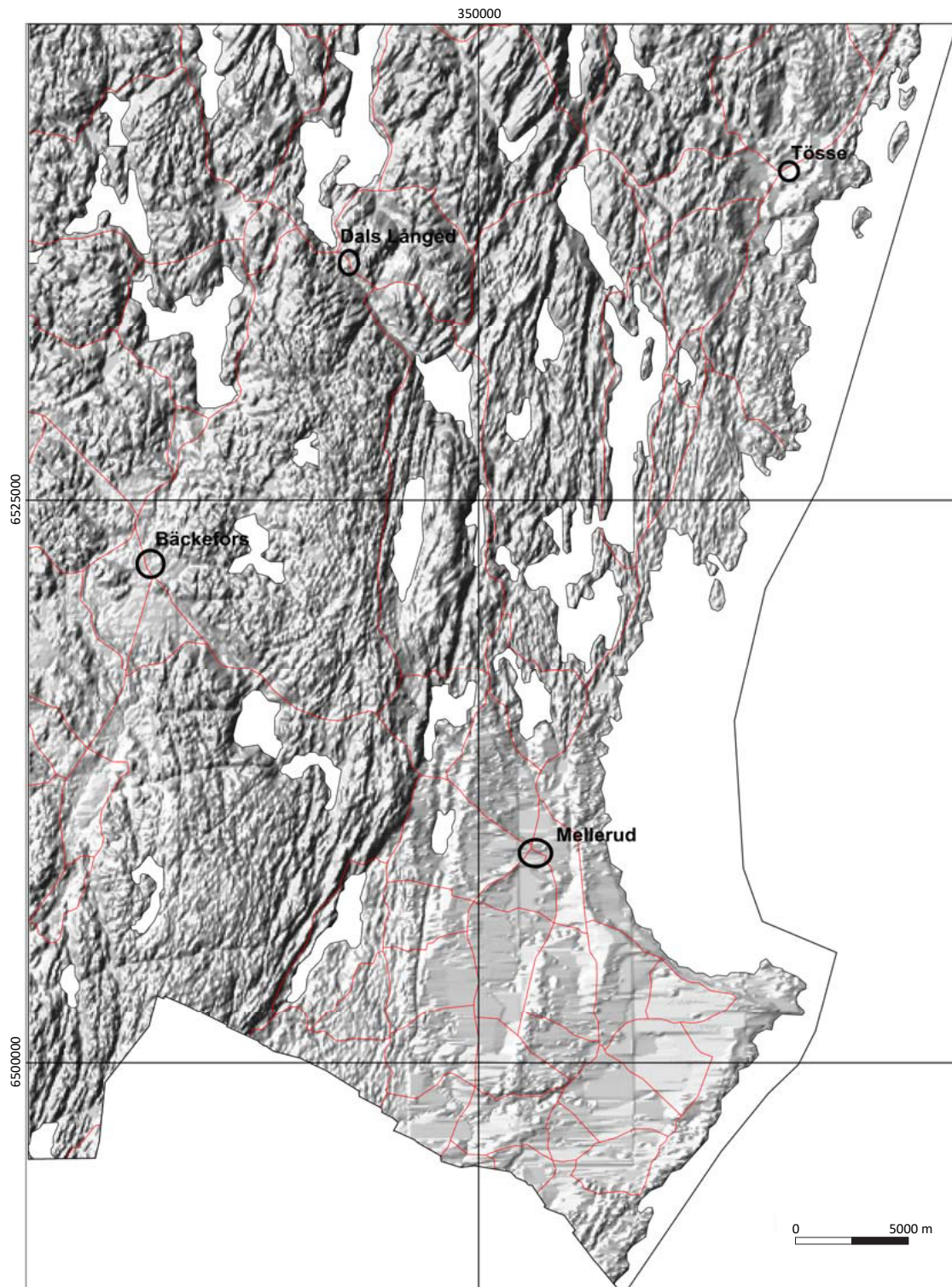
I Dalslandsgruppen uppträder flackt liggande överskjutningar, veckning med ungefärligt nord-sydliga veckplan med flacka till moderata veckaxlar samt nord-sydligt och nordväst-sydostligt orienterade tektoniska zoner som alla utgör olika komponenter av den svekonorvegiska tektoniken. De mest framträdande deformationszonerna i projektområdets norra del sträcker sig i nordväst-sydostlig riktning. Zonerna syns tydligt på magnetfältskartan som lågmagnetiska lineament, och på kartan som visar markens elektriska ledningsförmåga syns de som långsträckta, lågresistiva zoner (fig. 3). I projektområdets sydligaste del stryker de magnetiska strukturerna i sydväst-nordostlig riktning men längre norrut blir de mer nord-sydligt orienterade. En dominerande svekonorvegisk struktur är den så kallade Kroppefjällsförkastningen som kan följas på magnetfältskartan i ungefär nord-sydlig riktning genom hela Dalslandsgruppens utsträckning. Förkastningen utgör en diskordans där den och parallella strukturer på västra sidan av Örsjön skär över strukturer i Dalslandsgruppen och Göteborgssvitens intrusivbergarter på östra sidan av Örsjön. Förkastningen framträder även väl på kartan som visar markens elektriska ledningsförmåga (fig. 3) och i terrängen (fig. 4). Det magnetiska anomalimönstret, som skärs av Kroppefjällszonen, orsakas av veckade lager av högmagnetiska, mafiska bergarter (t.ex. Dalslandsgruppens basalter), som kan ses i håll på flera platser sydöst om Örsjön, och av den varierande magnetiska signatur som karaktäriserar den grovporfyrisk, äldre granodioriten till graniten (ögongnejsen) i området. Det magnetiska mönstret på anomalibilden kompliceras av Hästefjordsplutonen med sina yngre graniter som förekommer åt söder. Denna uppvisar ett intensivt mönster av magnetiska anomaliband orienterade parallellt med plutonens längdaxel. De tydligt diskordanta strukturerna mot omgivningen tyder på att denna granit har agerat som en tektonisk lins i samband med deformationen.

En karta över markens radioaktiva strålning i projektområdet visas i fig. 5. Gammastrålningsvärdena (kalium, uran och torium) för de olika bergarterna inom projektområdet är generellt låga (tabell 1 och 2). Endast tre av bergartstyperna har ett aktivitetsindex som i medeltal överstiger 1 och de är alla graniter. Aktivitetsindex högre än 2 och radiumindex högre än 1 har dock erhållits lokalt och är redovisade på berggrundskartan (läs mer i faktaruta på sida 14).

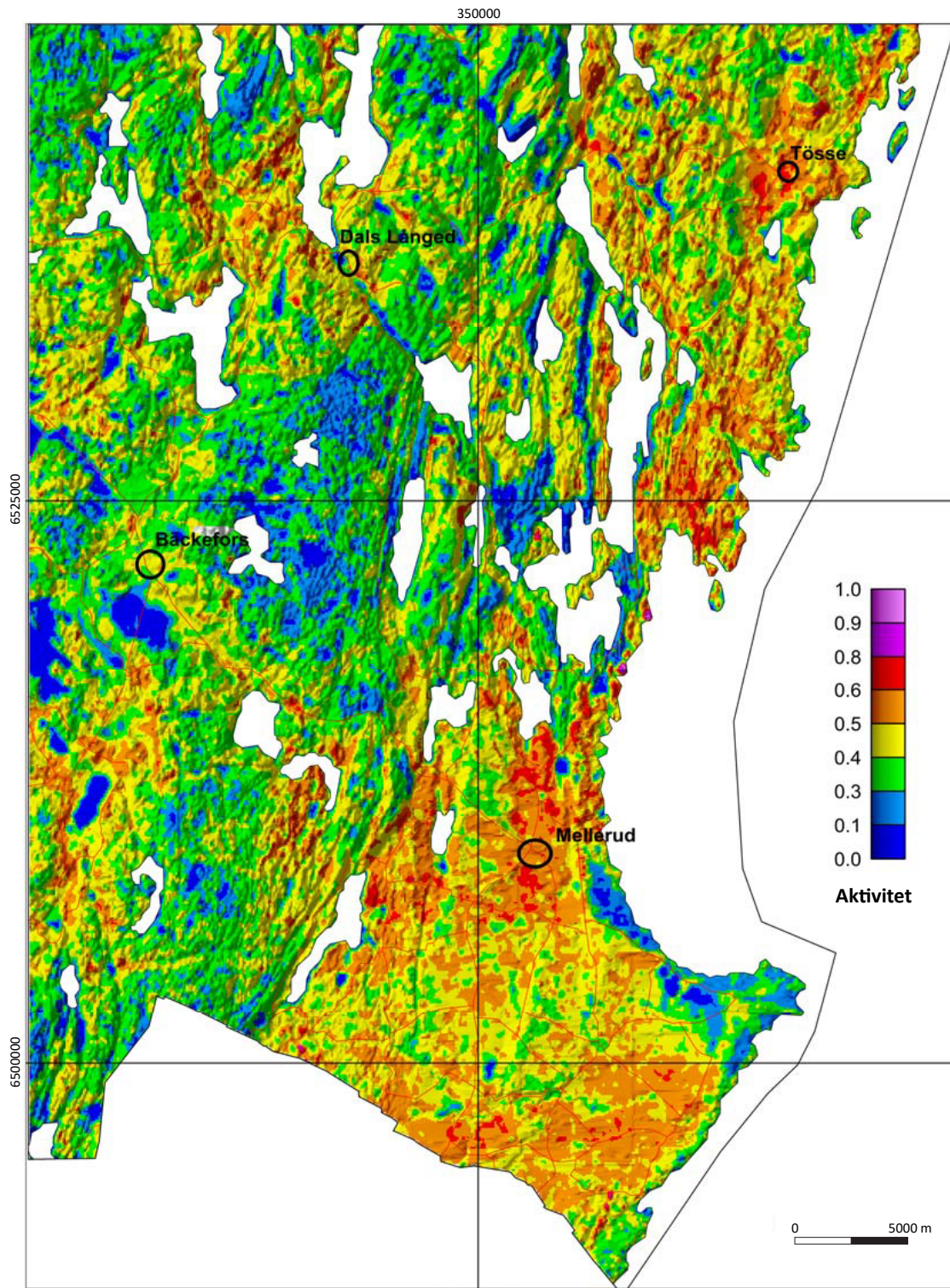
Figurerna 6, 7 och 8 visar hur magnetiska egenskaper och densitet varierar inom de olika litologiska enheter som beskrivs i avsnitt *Bergartsbeskrivning*.



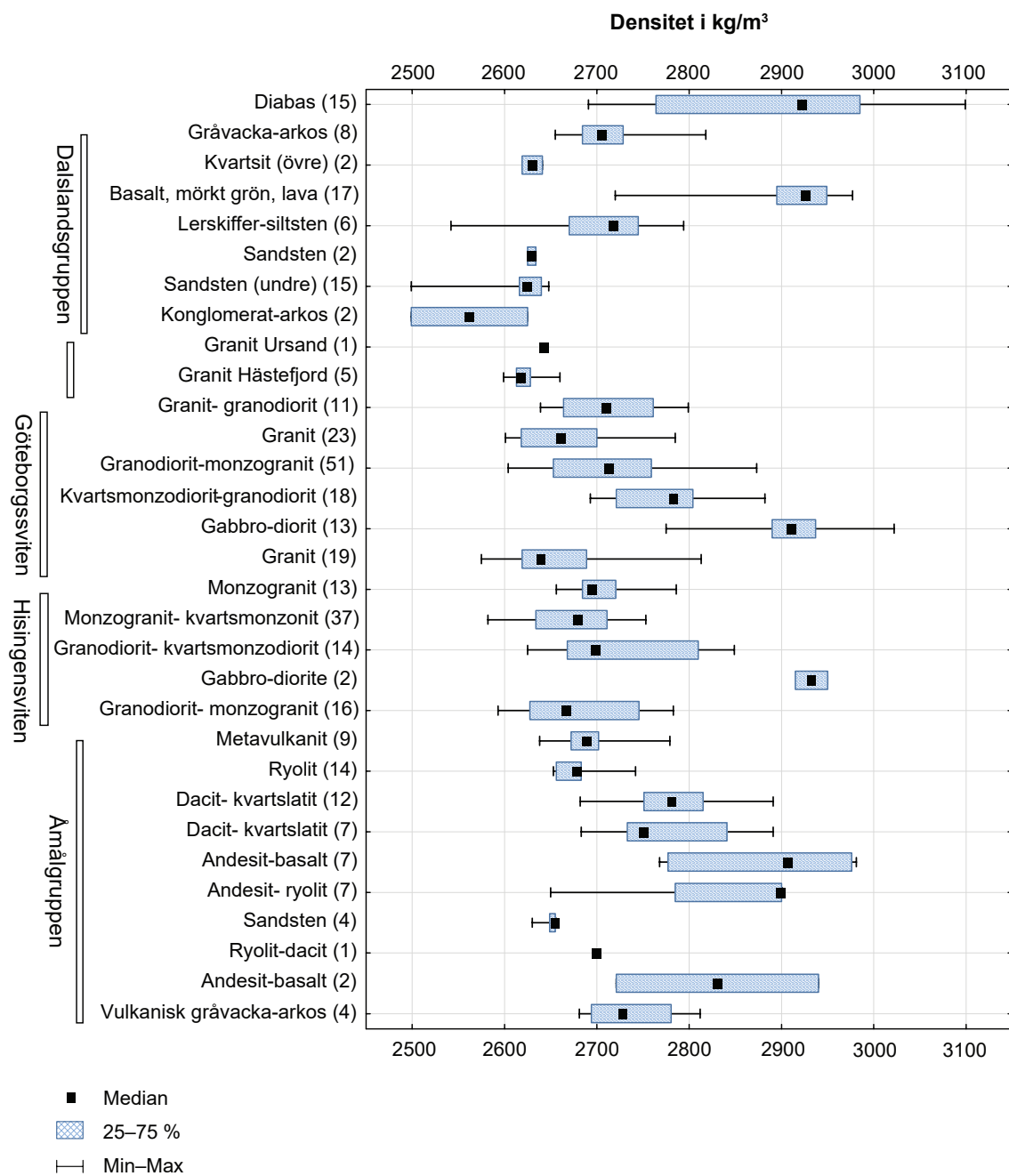
Figur 3. Resistivitetskarta över projektområdet. (skala 1:500 000).



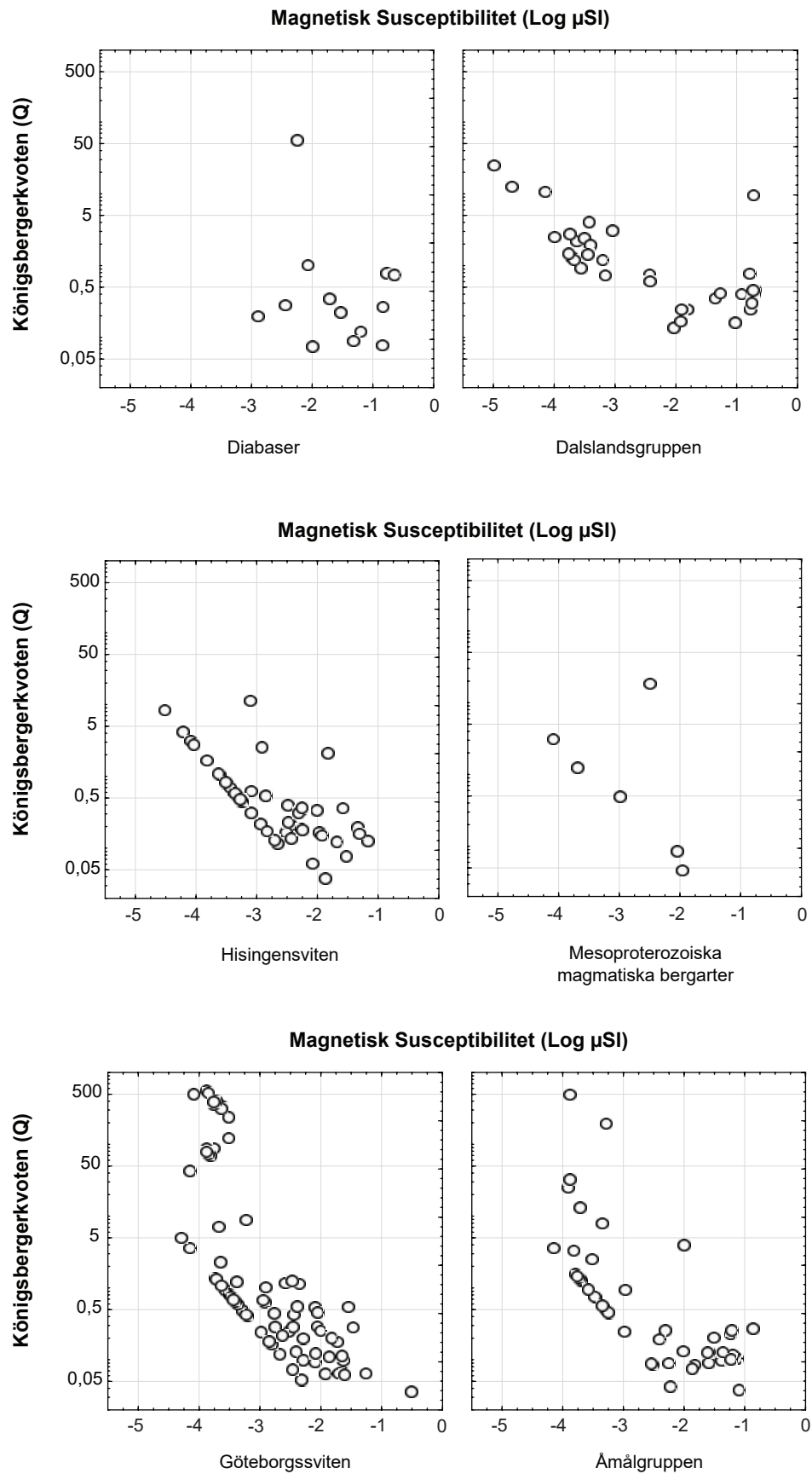
Figur 4. Höjdreliëfkarta över projektområdet (skala 1:500 000). Genom terrängskuggning visas de relativa höjdskillnaderna inom området. Kartan baseras på Lantmäteriets digitala höjddatabank med 50 meters rutnät.



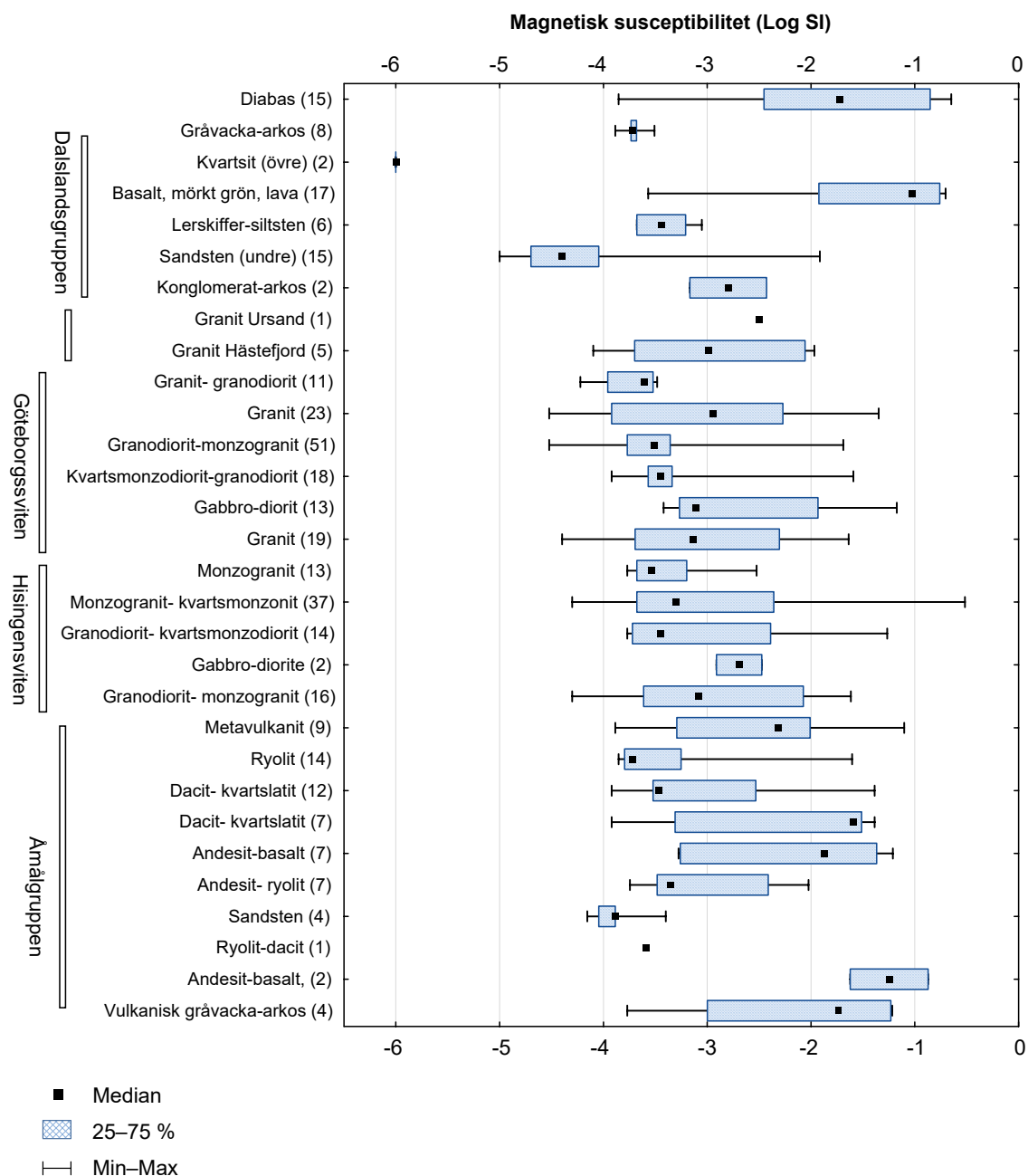
Figur 5. Karta över markens radioaktiva strålning över projektområdet (skala 1:500 000). Kartan visar aktivitetsindex beräknat från flygmätta data. Aktivitetsindex är ett mått på den totala gammastrålningen som avges från ett material. Kartan baseras på flygburna mätningar utförda på 60 m flyghöjd (förutom längst i söder där flyghöjden var 30 m) med ett linjeavstånd av 200 m och en ost–västlig flygriktning.



Figur 6 . Graf över normalfördelningen och medianvärde för de olika bergarternas densitet. Inom parentes anges antal mätta prov för respektive bergartstyp.



Figur 7. Diagram över sambandet mellan susceptibilitet och Königsbergkvoten för olika bergartsenheter.



Figur 8. Graf över normalfördelningen och medianvärde för de olika bergarternas susceptibilitet. Inom parentes anges antal mätta prov för respektive bergartstyp.

Vad är aktivitetsindex och radiumindex?

Aktivitetsindex är ett mått på den totala gammastrålningen som avges från ett material. Beräkningen av aktivitetsindex sker med formeln $CK/3000 + CRa/300 + CTh/200$. CK är koncentrationen kalium-40, CRa är koncentrationen radium-226 och CTh är koncentrationen torium-232, alla i enheten Bq/kg. Aktivitetsindex bör för byggnadsmaterial vara mindre än 2 (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000).

Radiumindex är ett mått på mängden radium, som ingår i ett material. Detta index ska för byggnadsmaterial vara mindre än 1,0 (BFS 1990:28). Radiumindex = 1,0 motsvarar ca 16 ppm uran eller 200 Bq/kg radium-226. Angivet radiumindex och aktivitetsindex baseras på regionalt spridda mätningar och redovisas som medelvärde och standardavvikelse. Lokala variationer kan förekomma, varför kompletterande mätningar i vissa fall kan bli aktuella. Mer information kan fås från SGU.

Tabell 1. Aktivitets- och radiumindex för bergarter inom respektive bergartsenhet i projektområdet. m = medelvärde, s = standardavvikelse.

Kod	Bergart	Antal mätningar	Aktivitetsindex		Radiumindex	
			m	s	m	s
<i>Dalslandsgruppens bergarter (1,3–1,1 miljarder år)</i>						
33_406	Gråvacka-arkos (Lianeskifferformationen)	18	0,57	0,09	0,17	0,05
32_405	Kvartsit (övre kvartsitformationen)	7	0,11	0,02	0,02	0,01
31_403	Basalt	46	0,16	0,04	0,05	0,02
29_402	Lerskiffer-siltsten (lerskifferformationen)	36	0,79	0,36	0,34	0,47
28_404	Sandsten (delar av lerskifferformationen)	4	0,07	-	0,01	-
27_401	Sandsten (undre kvartsitformationen)	36	0,29	0,10	0,06	0,03
26_400	Konglomerat till arkos (undre kvartsitformationen)	7	0,80	0,07	0,16	0,04
<i>Mesoproterozoiska magmatiska bergarter (1,65–1,3 miljarder år)</i>						
25_1020	Granit (Ursandsgranit)	0	-	-	-	-
24_1030	Granit (Hästefjordengranit)	18	1,54	0,39	0,37	0,13
<i>Hisingensviten (1,52–1,58 miljarder år)</i>						
23_1208	Granit till granodiorit (Tingvallagranit)	24	0,73	0,12	0,13	0,06
22_1210	Granit (Lanegranit)	49	1,17	1,12	0,22	0,17
20_1230	Granodiorit till monzogranit (Kroppefjällsgranit)	127	0,69	0,22	0,16	0,09
34_1240	Kvartsmonzodiorit till granodiorit	45	0,56	0,22	0,14	0,09
18_1250	Gabbro till diorite (Ultramafisk)	17	0,21	0,07	0,04	0,04
<i>Göteborgssviten (1,58–1,64 miljarder år)</i>						
16_1310	Granit	45	1,29	0,55	0,46	0,44
17_1311	Granit	7	0,94	0,20	0,23	0,13
15_1315	Monzogranit (Tössegranit)	35	0,80	0,17	0,22	0,07
14_1320	Monzogranit till kvartsmonzonit (Gåsögranit)	108	0,94	0,40	0,31	0,31
13_1330	Granodiorit till kvartsmonzodiorit (Åmålgranit)	36	0,69	0,30	0,23	0,13
12_1350	Gabbro-diorit	0	-	-	-	-
1_1325	Granodiorit till monzogranit (Kabbosjöngranit)	64	0,80	0,19	0,15	0,07
<i>Åmålgruppens vulkaniska och sedimentära bergarter (1,61–1,64 miljarder år)</i>						
10_1400	Metavulkanit, ospec; ryolitisk-dacitisk	20	0,79	0,13	0,18	0,05
11_1405	Metavulkanit, ospec; dacitisk-andesitisk	0	-	-	-	-
9_1410	Ryolit	25	0,90	0,12	0,20	0,05
8_1415	Dacit till kvartslatit	17	0,69	0,08	0,16	0,04
7_1420	Andesit till basalt	11	0,27	0,10	0,06	0,02
6_1425	Vulkanisk-sedimentär bergart; andesit- ryolit	14	0,54	0,18	0,13	0,04
5_1430	Sandsten	11	0,81	0,18	0,19	0,06
2_1435	Ryolit till dacit (Kappeboformationen)	0	-	-	-	-
3_1440	Andesit till basalt (Kappeboformationen)	3	0,22	-	0,03	-
4_1445	Vulkanisk gråvacka till arkos (Kappeboformationen)	7	0,56	0,12	0,12	0,02

Tabell 2. Radiometriskt bestämda halter av kalium, uran och torium för bergarter inom respektive bergartsenhet i projektområdet. Halterna av kalium, uran och torium redovisas i massandelar, som procent för kalium och miljondelar (ppm) för uran och torium. Halterna kan omräknas till Bq/kg enligt sambanden 1 % K = 313 Bq/kg, 1 ppm U = 12,35 Bq/kg och 1 ppm Th = 4,06 Bq/kg.

Kod	Bergart	Antal lokaler	Kalium (%)			Uran (ppm)			Torium (ppm)		
			min	max	median	min	max	median	min	max	median
Dalslandsgruppens bergarter (1,3–1,1 miljarder år)											
33_406	Gråvacka-arkos (Lianeskifferformationen)	8	1,5	4,0	3,0	1,4	4,1	2,7	4,8	11	7,9
32_405	Kvartsit (övre kvartsitformationen)	3	0,3	0,6	0,4	0,1	0,5	0,4	1,9	3,0	2,4
31_403	Basalt	17	0,1	1,5	0,8	0,2	1,6	0,8	1,1	3,9	2,3
29_402	Lerskiffer-siltsten (lerskifferformationen)	17	0,8	5,6	3,3	1,4	42	3,7	0,8	19	10
28_404	Sandsten (delar av lerskifferformationen)	1	-	-	0,3	-	-	0,2	-	-	1,4
27_401	Sandsten (undre kvartsitformationen)	17	0,0	3,0	1,6	0,3	2,4	0,9	1,9	8,6	4,2
26_400	Konglomerat till arkos (undre kvartsitformationen)	3	4,0	5,9	4,8	1,7	3,6	2,4	8,4	11	9,4
Mesoproterozoiska magmatiska bergarter (1,65–1,3 miljarder år)											
25_1020	Granit (Ursandsgranit)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24_1030	Granit (Hästefjordengranit)	5	3,5	4,7	4,2	2,9	11	5,7	20	71	36
Hisingensviten (1,52–1,58 miljarder år)											
23_1208	Granit till granodiorit (Tingvallagranit)	10	2,2	5,1	3,6	0,4	5,2	2,2	8,4	23	13
22_1210	Granit (Lanegranit)	16	2,8	6,1	4,3	0,7	12	2,9	4,7	186	15
20_1230	Granodiorit till monzogranit (Kroppefjällsgranit)	45	1,0	5,5	3,1	0,0	8,5	2,6	2,9	35	13
34_1240	Kvartsmonzodiorit till granodiorit	14	1,1	4,3	2,1	0,3	6,0	1,9	3,0	41	8,2
18_1250	Gabbro till diorite (Ultramafisk)	6	0,6	2,0	1,4	0,0	2,3	0,6	0,3	6,1	1,5
Göteborgssviten (1,58–1,64 miljarder år)											
16_1310	Granit	15	3,0	5,6	4,5	1,0	40	5,0	8,7	50	21
17_1311	Granit	3	4,1	4,8	4,4	1,9	7,3	2,8	9,8	24	15

Tabell 2. Fortsättning.

	Bergart	Antal lokaler	Kalium (%)			Uran (ppm)			Torium (ppm)		
			min	max	median	min	max	median	min	max	median
15_1315	Monzogranit (Tössegranit)	14	2,6	6,9	3,4	1,9	7,0	3,2	6,5	20	13
14_1320	Monzogranit till kvartsmonzonit (Gåsögranit)	108	1,7	5,9	4,1	0,9	29	3,4	6,3	43	14
13_1330	Granodiorit till kvartsmonzodiorit (Åmålgranit)	13	1,7	4,5	2,7	1,2	8,3	3,2	3,5	32	9,9
12_1350	Gabbro-diorit	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1_1325	Granodiorit till monzogranit (Kabbosjöngranit)	19	1,9	5,4	3,6	0,6	5,4	2,2	2,3	44	16

Åmålgruppens vulkaniska och sedimentära bergarter (1,61–1,64 miljarder år)

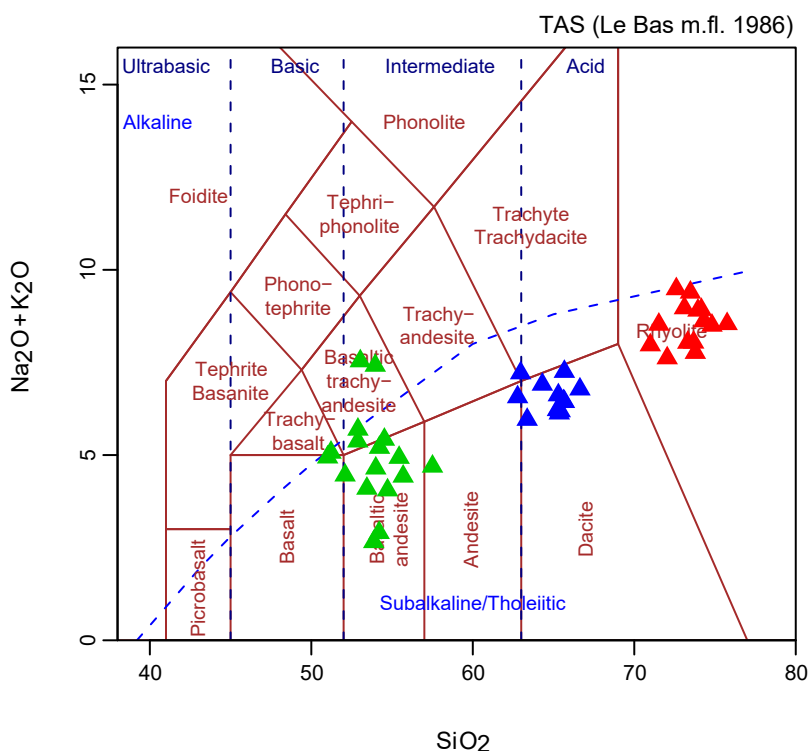
10_1400	Metavulkanit, ospec; ryolitisk-dacitisk	5	2,2	5,3	4,1	1,3	3,9	2,9	10	16	13
11_1405	Metavulkanit, ospec; dacitisk-andesitisk	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9_1410	Ryolit	9	3,2	6,8	4,8	1,1	4,4	3,2	9,0	18	14
8_1415	Dacit till kvartslatit	8	2,6	3,8	3,1	0,8	3,3	2,5	9,6	19	12
7_1420	Andesit till basalt	4	0,6	2,5	1,2	0,3	1,5	1,1	0,8	6,0	3,3
6_1425	Vulkanisk-sedimentär bergart; andesit- ryolit	5	1,3	5,8	2,7	1,0	3,0	2,2	4,1	17	8,8
5_1430	Sandsten	4	2,8	4,9	4,3	1,5	4,3	3,5	6,2	18	15
2_1435	Ryolit till dacit (Kappeboformationen)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3_1440	Andesit till basalt (Kappeboformationen)	2	0,8	1,9	1,2	0,2	1,2	0,3	1,9	6,0	2,0
4_1445	Vulkanisk gråvacka till arkos (Kappeboformationen)	2	2,2	3,8	2,7	1,4	2,5	2,0	6,5	12	10

BERGARTSBESKRIVNING

Åmålgruppen

I Tösseområdet, beläget i de nordöstra delarna av projektområdet, förekommer texturellt välbevarade vulkaniska och sedimentära bergarter av varierande sammansättning, som ingår i den så kallade Åmålgruppen. Åmålgruppens vulkaniter uppvisar tre distinkta sammansättningsgrupper: ryolit, dacit och basalt till andesit. Alla tre grupperna kännetecknas av relativt höga kaliumhalter (proven ligger nära den blå, streckade linjen som indikerar alkalina bergarter med höga kaliumhalter i figur 9), vilket ger en antydning om att bildningsmiljön motsvarar vulkanismen i dagens Anderna. Vulkaniska texturer visar att bergarterna bildats som domformade lavaflöden eller subvulkaniska intrusioner och som fragmentförande, askhaltiga vulkaniska bildningar (vulkanoklastiter). Generellt sett har vulkaniterna avsatts på land (det finns s.k. ignimbriter, fig. 10) eller på grunt vatten (vulkaniska sandstenar med graderad skiktning). De är normalt kvarts- och fältspatporfyriska. Sedimentära bergarter, t.ex. fältspatsandsten och kvartsit (fig. 11), har bildats av sediment som avsatts samtidigt med vulkaniterna under ett senare skede av vulkanismen.

Den strukturella överpräglningen i dessa vulkaniska och sedimentära bergarter är normalt begränsad till en förskiffring. Vulkaniska bergarter av liknande typ uppträder som små, isolerade förekomster i Tössebältets förlängning åt söder eller i ett stråk vid Laxsjön. I dessa



Åmålgruppen

- ▲ Ryolit
- ▲ Dacit-kvartslatit
- ▲ Andesit – basalt

Figur 9. Geokemiskt TAS-diagram (Le Bas m.fl. 1986) för vulkaniska bergarter i Åmålgruppen. Data från SGUs databaser.

förekomster är den strukturella överpräglningen större och förskiffringen åtföljs av en omkristallisation, som helt eller delvis döljer de vulkaniska texturerna. På kartan har dessa bergarter betecknats som metavulkaniter.

En kvartsporfyrisk ryolit vid Kroken (IML092027, SWEREF 6532993/363436) har åldersbestämts inom projektet och fått en ålder av $1\,610 \pm 6$ miljoner år, vilket ligger i linje med tidigare åldersbestämningar av Åmålgruppens bergarter i området (Lundqvist & Skiöld 1993, Åhäll & Connelly 2008). Ryoliten är en del av en lokal stratigrafi dominerad av ryolitiska vulkaniter, som till stor del tolkas ha bildats som lavar eller subvulkaniska lavadomer eller intrusioner, vilket antyder en bildningsmiljö i ett centralt, kraternära läge.

Vid Tösse finns en skärgård där mycket välbevarade bergartsled i Åmålgruppen kan studeras. Här exponeras Åmålgruppens stratigrafiskt översta delar som innehåller sedimentära



Figur 10. Vulkanisk bergart tillhörande Åmålgruppen. Kvartsporfyrisk ryolit, med tydlig eutaxitisk ignimbrittextur. N. Klöven (PNY090007, 6535107/361429). Foto: Per Nysten.



Figur 11. Sedimentär bergart tillhörande Åmålgruppen. Sandsten med korsskiktning. Rolfskärr (PNY090055, 6535272/264952). Foto: Per Nysten.

bergarter av olika karaktär, samt breccior och konglomerat som innehåller klaster av graniter. Fältspatsandstenar med varierande glimmerinnehåll dominerar den här enheten, men vid flera lokaler ingår ett rödfärgat, mycket finkornigt och homogent ryolitiskt askmaterial, vilket kan tolkas som att den ursprungliga sedimentbassängen utgjort ett mer distalt, grundmarint läge som fyllts på genom vulkanutbrott från de mer kraternära miljöerna åt väster. Längre åt söder vid Rolfskärr och Ustön (fastighetskarta 65D 3gS) domineras den sedimentära enheten av kvarts-fältspatrika sandstenar, vilket indikerar en mer mogen deltamiljö (fig.11). Vidare åt söder, t.ex. vid Gäddeviksholmen (fastighetskarta 65D 2gN), finns ett markant innehåll av ett omlagrat andesitiskt material. I denna vulkanogena och sedimentära enhet uppträder också lavar eller subvulkaniska intrusioner av ryolitisk till dacitisk sammansättning, både på fastlandet och på små skär i Vätern. Sannolikt är dessa bergarter den yngsta delen av Åmålgruppen inom projektområdet.

Kappeboformationen

Väster om Dals Rostock (fastighetskarta 65D 1eS) uppträder ett nord-sydligt stråk med Kappeboformationens sedimentära och underordnat vulkaniska bergarter. Dessutom uppträder Kappeboformationens bergarter i små isolerade förekomster åt väster och söder, t.ex. vid Svingsjön (fastighetskarta 65D 0dN) och vidare in på kartbladsområdet Vänersborg NO (Gorbatshev 1987).

Kappeboformationen karaktäriseras av en komplex samling sedimentära bergarter, främst omogna sandstenar med ett tillskott av omlagrat, vulkaniskt material (askor, pimpstenar och litiska fragment) tillsammans med mer granitiska komponenter som grova mikroklin- och kvarts-xenokrister. Ofta kan bergarten karaktäriseras som en gråvacka. Lokalt ser man att bergarten bildats som massflöden med tydliga uppåtstrukturer. Ett typiskt inslag är relativt små (1–5 cm), rundade klaster av en fint medelkornig, ljus röd granit som förekommer i det omlagrade materialet (fig. 12). I några fall uppträder rena konglomerat (Åhäll 1993).

I de stratigrafiskt övre delarna av Kappeboformationen ökar det vulkaniska inslaget, dels i form av andesitiska till basaltiska sandstenar, porfyrisk lavar och lagergångar, dels som



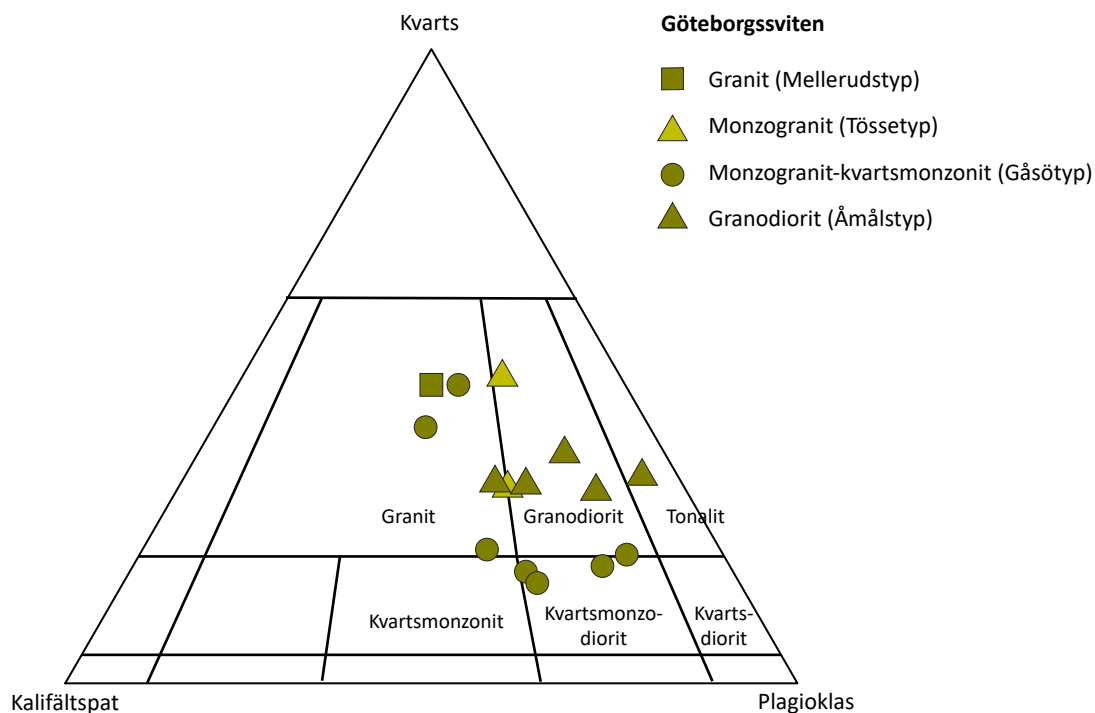
Figur 12. Vulkanisk-sedimentär bergart tillhörande Kappeboformationen. Arenit eller gråvacka med vulkanisk prägel och med granitbollar. Kabbo (UJB100114, 6510928/344127). Foto: Ulf Bergström.

ryolitiska lavaflöden och askavsättningar. En sådan ryolitisk lava omgiven av olika askflöden vid Kabbo (fastighetskarta 65D 1eS) har blivit åldersbestämd av Åhäll & Connelly (2008) till $1\,631 \pm 3$ miljoner år. Detta innebär att Kappeboformationen kan utgöra underlag för den något yngre Åmålgruppens vulkaniska bergarter, och kan räknas in som en undre enhet i Åmålgruppen. Dessa Kappebovulkaniter motsvarar troligen de så kallade Ellenövulkaniterna som uppträder längre söderut i kartområdet Vänersborg NO (Gorbatshev 1987).

Liksom i Åmålgruppens bergarter är den strukturella överpräglningen av Kappeboformationen sedimentära och vulkaniska bergarter begränsad till en förskiffring som kan variera i intensitet. Längs ytterkontakterna av stråket med Kappeboformationen bergarter ökar deformationsgraden med kraftigare utbildad förskiffring, omkristallisation och veckstrukturer.

Göteborgssviten

Göteborgssviten är mycket heterogen med avseende på utseende, sammansättning och petrologiska associationer. De olika bergartsvarianterna som identifierats har fått bergartsnamn genom en sammanvägning av den mineralogiska och den geokemiska sammansättningen (fig. 13 och 16). Den vanligaste typen består av rödgrå, mikroklinporfyriska monzograniter till kvartsmonzoniter (Dessa har kallats Gåsögranit efter typlokalen på Gåsö, Törnebohm 1870a). Dessa har en medelkornig grundmassa och mikroklinmegakrister i storleksordning 1–3 cm (fig. 14). På många platser är megakristerna omkristalliserade, t.ex. i anslutning till deformationszoner. En mikroklinporfyrisk monzogranit vid Hallandsberg i undersökningsområdets norra delar har åldersbestämts till $1\,611 \pm 6$ miljoner år (PNY090082, 6542856/358904). Denna granitintrusion ligger nära kontakten till Åmålgruppens vulkaniter och är rik på xenoliter.



Figur 13. Modalsammansättning för de olika intrusivbergarterna i Göteborgssviten. Terminologi enligt Le Maitre (2002).



Figur 14. Intrusivbergart i Göteborgssviten. Porfyrisk Gåsögranit. Drängholmen (UJB100040, 6539729/367485). Foto: Ulf Bergström.

Normalt sett är Gåsögraniterna ganska enhetliga med avseende på sammansättning och geofysiska egenskaper, men mer strålande typer finns längs Vänerkusten. På ögruppen Kräklingarna finns både en grå och en röd variant av Gåsögraniten (JJR100037, 6517392/360828). Den grå liknar till utseendet graniten vid Yttre Bodane (JJR091030, 6522621/360007) och har strålningsmässigt liknande sammansättning (ca 4 % kalium, 4 ppm uran och 16 ppm torium). Strålningsvärdena för den röda varianten, som finns rikligt på Kräklingarna, skiljer sig avsevärt från den grå typen (ca 5,3 % kalium, 16 ppm uran och 33 ppm torium). Vid två lokaler på Kräklingarna (JJR100035, 6516268/360910, och JJR100037, 6517392/360828) uppmättes uranhalter på i medeltal mer än 16,2 ppm uran vilket motsvarar radiumindex högre än 1.

Till den äldre Göteborgssviten räknas också jämnkorniga, rödgrå monzograniter till granodioriter med varierande kornstorlek (fin- till medelkorniga), som ofta förekommer tillsammans med Åmålgruppens vulkaniter. Dessa kallas Tössegranit (eller Tössegnejs) av Törnebohm (1870a). Vid ett flertal lokaler förekommer denna Tössegranit som små plutoner omgivna av Åmålgruppens vulkaniska bergarter. En gråröd, jämnkornig monzogranit (CPN090148, 6528244/362950) vid Vingens hamn är ett exempel på denna granittyp. En åldersbestämning med U-Pb-metoden på zirkon gav en ålder på $1\,621 \pm 7$ miljoner år, vilket är inom felmarginalen med åldern för den ovan nämnda Gåsögraniten. Tössegranit är en ljusare version av den varietet inom Göteborgssviten som kallas Åmålsgranit, och som oftast är grå, medelkorniga, jämnkorniga till ojämnkorniga granodioriter till kvartsmonzogranodioriter (fig. 15). Åmålsgranit förekommer regionalt över hela projektområdet, bland annat



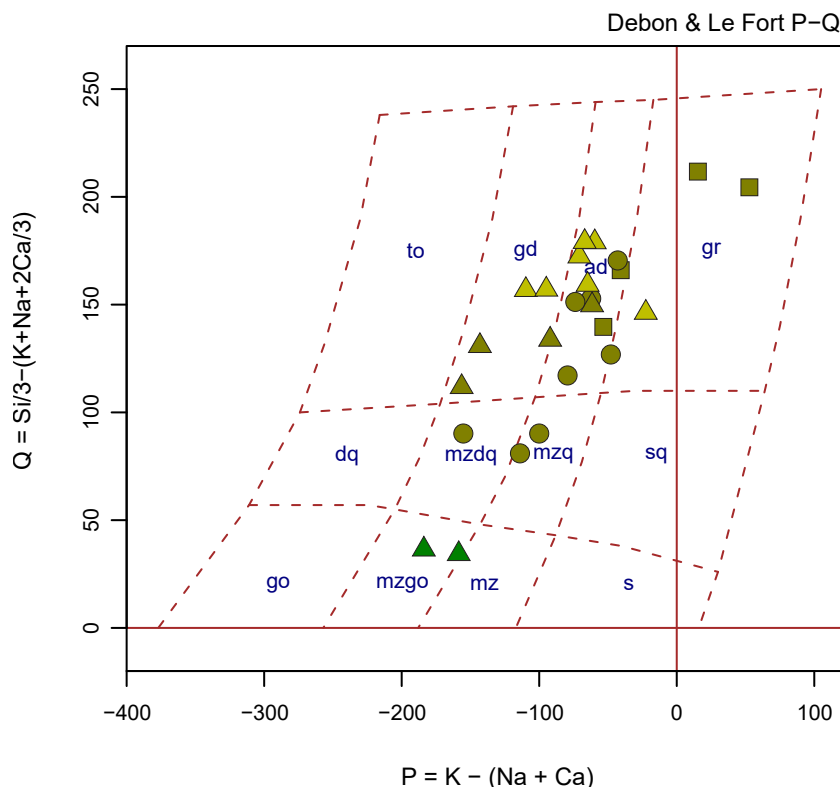
Figur 15. Intrusivbergart i Göteborgssviten. Åmålsgranit. Torsbyn (UJB092052, 6543337/367084). Foto: Ulf Bergström.

i en pluton i projektområdets nordöstra hörn (mot Åmål), i anslutning till det som Welin & Gorbatshev (1978b) anser vara typlokalen för denna variant. Flera intrusioner med Åmålsgranit finns också i de södra delarna av projektområdet, t.ex. vid Hälleback sydväst om Mellerud (fastighetskarta 65D 0eS). Preliminära resultat från en åldersbestämning av denna bergart ger en ålder av $1\,618 \pm 6$ miljoner år (DLL103020, 6502247/347862).

I undersökningsområdet förekommer också en ljus röd till rödgrå, jämnkornig granit som gångar och små intrusiva massiv inom Göteborgssvitens bergarter. Den varierar en del i kornstorlek men är vanligen finkornig och ofta aplitisk. Gåsö- och Åmålbergarterna förekommer generellt som xenoliter i denna granit. De ljusröda graniterna har sin främsta utbredning i områdena runt Mellerud (denna granitvariant kan kallas Mellerudsgranit) och söderut, där de täcker stora områden. Generellt har den här graniten relativt låg strålning (tabell 2), men på vissa platser är den betydligt mer högstrålande. I projektområdets sydöstra del, ca 2,5 km sydöst om Bolstad (fastighetskarta 64D 9fS), finns ett långsmalt område som är ca $2 \times 0,25$ km i nordnordostlig till sydsydvästlig riktning där granitens uran- och toriumhalter når 40 ppm respektive 50 ppm (JJR100050, 6494064/355859). Det här stråket med högre uran- och toriuminnehåll följer riktningen på en deformationszon (fig. 5).

Intrusioner av gabbro till diorit har en underordnad ställning i Göteborgssviten inom projektområdet. De förekommer t.ex. som små, isolerade kroppar i kontakterna till vulkaniterna i Åmålgruppen och uppträder tillsammans med Tössegraniten. Dessa gabbrobergarter är normalt mörkt gröna, medelkorniga och ofta texturellt välbevarade.

Liksom Åmålgruppens vulkaniter är Göteborgssvitens graniter generellt kaliumrika (fig. 16), och dominerade av monzogranitiska till kvartsmonzodioritiska sammansättningar (fig. 13).



Götterborgssviten

- Granit (Mellerudstyp)
- Monzogranit-kvartsmonzonit (Gåsötyp)
- ▲ Monzogranit (Tössetyp)
- ▲ Granodiorit (Åmålstyp)
- ▲ Gabbro

Figur 16. Geokemisk sammansättning för de olika intrusivbergarterna i Götterborgssviten, enligt P-Q-diagram (Debon & Le Fort 1983). Fälten i diagrammet är to = tonalit, gd = granodiorit, ad = adamellit (motsvarar monzogranit), gr = granit, dq = kvartsdiorit, mzqd = kvartsmonzodiorit, mzq = kvartsmonzonit, sq = kvarts-syenit, go = gabbro, mzgo = monzogabbro, mz = monzonit och s = syenit. Data från SGUs databaser.

Äldre porfyrisk granodiorit-granit (ögongnejs)

En grovporfyrisk granodiorit till granit som ligger centralt i de södra delarna av området och omger Hästefjordsgraniten vid Örsjöns sydspets (fastighetskarta 65D 0eS) utgör en specifik geologisk enhet. Bergarten är mörkt grå, relativt kvartsrik och har 2–10 cm stora mikroklinögon som blivit omkristalliserade i varierande omfattning (fig. 17). Bergarten är kraftigt folierad, särskilt den västra delen av plutonen och i anslutning till Kroppefjällsförkastningen. Beteckningen ögongnejs har använts om liknande bergarter söder om projektområdet (Wik m.fl. 2002), och på de äldre kartbladen (från 1870) har bergarten beskrivits som Kroppefjällsgranit. Även denna bergart har gångar av aplitisk granit som påminner om de finkorniga Mellerudsgraniter som ingår i Götterborgssviten. I plutonens nordspets (fastighetskarta 65D 1eS) får den ett utseende som påminner om en mer normal, porfyrisk Gåsögranit med 1–3 cm stora mikroklinströkorn och en svagare utvecklad foliation. Här förekommer också xenoliter av finkorniga bergarter som påminner om vulkaniska och sedimentära bergarter tillhörande Åmålgruppen. Denna porfyrisk granodiorit är daterad vid Katteberg (DLL103050, 6501963/343104) till $1\,631 \pm 4$ miljoner år.



Figur 17. Ögongnejs (Kabbosjögranit). Katteberg (DLL103050, 6502116/343194). Succptibilitetsmätarens längd är 10 cm. Foto: Ulf Bergström.

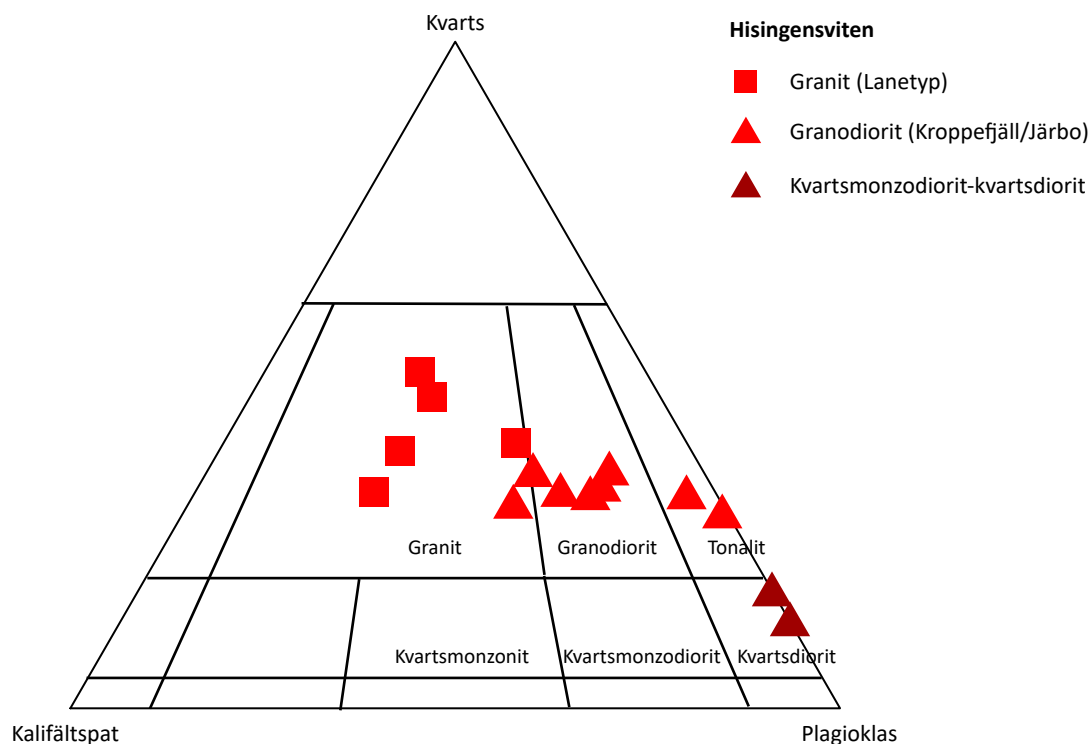
I de mer högmetamorfa granitiska bergarterna i projektområdets sydöstra delar finns mindre områden med ögongnejs. Vid Björnås genomfördes en åldersbestämning som preliminärt gav en ålder på ca $1\,635 \pm 6$ miljoner år (TEN114083, 6495546/ 350967). Här är den porfyrisk texturen nästan helt utsuddad och bergarten är mycket svår att identifiera. Bergartens utbredning är därför mycket svår att uppskatta på kartan.

Åhäll & Connelly (2008) redovisade en datering av en mikroklinporfyrisk granit, kallad Kabbosjögranit, till $1\,634 \pm 3$ miljoner år. Denna bergart förekommer väster om Kroppefjällsförkastningen och Kappeboformationens utbredningsgräns och är mycket lik ögongnejsen vid Örsjön. Sannolikt är dessa två graniter identiska, men åt väster har bergarten blivit intruderad av bergarter tillhörande den yngre Hisingensviten och där förekommer endast begränsade delar. En viss strukturell skillnad kan möjligen iakttas mellan de västra delarna av Kabbosjögranit och de östra ögongnejserna. Väster om Kroppefjällszonen är bergarten främst kraftigt folierad, medan den öster om förkastningen karaktäriseras av rekristallisation och tillväxt av ögonen. Söder om karteringsområdet identifierade Gorbatshev (1979) en porfyrisk granit som han tolkade vara den äldsta geologiska enheten och som också tillhör denna geologiska enhet. Bollar av grovporfyrisk granit förekommer i vissa konglomeratiska delar av Kappeboformationen. Dessa bollar kommer sannolikt från Kabbosjögranit som utgjort underlag för de understa delarna av Kappeboformationen. Åldersbestämningarna av de här bergartsleden antyder att den geologiska utvecklingen med granitintrusion, erosion, sedimentavsättning och vulkanism har ett snabbt och dynamiskt förlopp.

Hisingensviten

Hisingensviten är mycket heterogen med avseende på texturer, strukturer och sammansättning, och bergarter från Göteborgs- och Hisingensviterna kan vara svåra att skilja från varandra i fält. Kontakt mellan bergarter från dessa två sviter är inte observerade i Dalsland. De två sviterna har främst särskiljts med hjälp av dateringar (Åhäll & Connelly 2008) eller utifrån strukturella kriterier, t.ex. i kartområdet Vänersborg NO (Gorbatshev 1980) och kartområdet Göteborg NO (Samuelsson 1985). I det senare området skär porfyrisk granodiorit tillhörande Hisingensviten en äldre migmatitiserad granit tillhörande Göteborgssviten.

Hisingensvitens bergarter karaktäriseras mineralogiskt i figur 18 och geokemiskt i figur 19, och har fått bergartsbenämningar efter en sammanvägning av dessa egenskaper. Hisingensviten består av ojämnkorniga (småporfyrisk till jämnkorniga), rödgrå granodioriter till monzograniter. Mikroklinströckornen har ofta en storlek på 0,5–1 cm och visar tecken på omkristallisation. Grundmassan är medelkornig och ofta glimmerrik vilket ger bergarterna ett förskiffrat intryck. De jämnkorniga typerna kallas Järbogranit efter typlokalen vid Järbo kyrka (fastighetskarta 65D 1dS). En datering av en jämnkornig granodiorit nordväst sjön Erve (UJB092128, 6529236/346003) har gett en preliminär ålder av $1\,564 \pm 5$ miljoner år. Porfyrisk granodiorit till monzogranit är till utseendet mycket lik den Kabbosjöngranit som är beskriven ovan och båda har betecknats som Kroppefjällsgranit (Törnebohm 1870c). Detta gör att utbredningen av megaxenoliter av Kabbosjöngranit i ögonförande granodioriter till monzograniter tillhörande Hisingensviten är mycket svår att utreda. I kartdatabasen visas endast mindre områden med Kabbosjöngranit, men det oroliga och oregelbundna mönstret i området på den flygmagnetiska kartan (fig. 1) antyder att utbredningen av Kabbosjöngranit

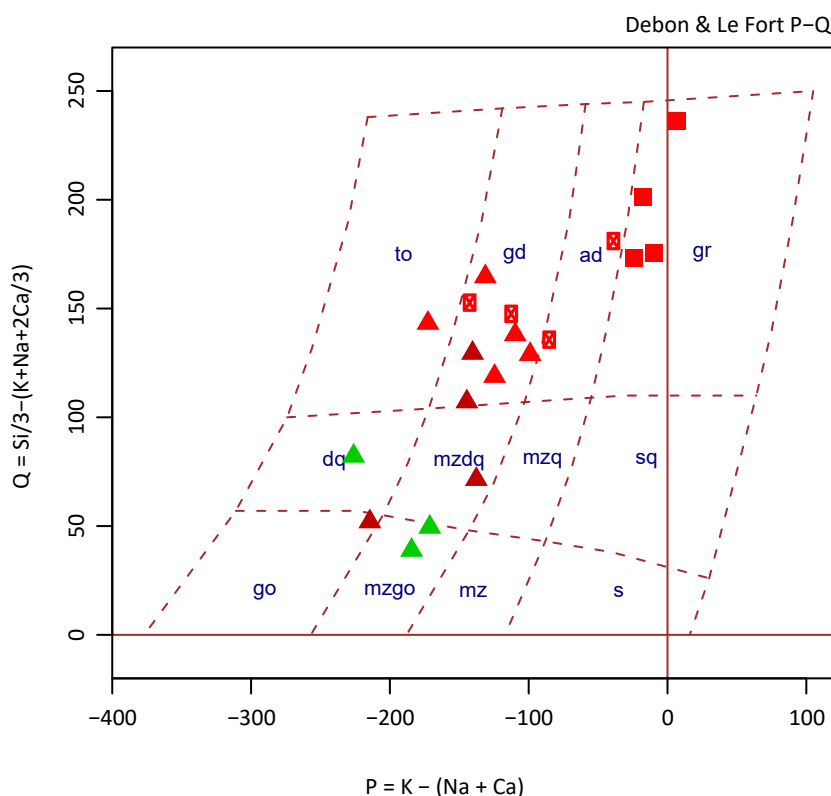


Figur 18. Modalsammansättning för de olika intrusivbergarterna i Hisingensviten. Terminologi enligt Le Maitre (2002).

kan vara mycket större. I det här området finns också finkorniga xenoliter som tolkas som vulkaniter tillhörande Kappeboformationen.

I Hisingensviten förekommer också jämnkorniga till ojämnkorniga, medelkorniga, rödgrå till mörkgrå granodioriter till kvartsmonzodioriter. En datering av en sådan bergart finns redovisad av Åhäll & Connelly (2008) från en lokal nära Bäckeforsmasten (fastighetskarta 65D 2dS). Åldersbestämningen gav en ålder av $1\,561 \pm 2$ miljoner år. Kvartsmonzonitiska sammansättningar har också observerats i Hisingensviten, framför allt i projektområdets nordvästliga delar.

Bergarter med mafisk sammansättning uppträder ofta i Hisingensviten. De mafiska bergarterna förekommer dels som enklaver i decimeterskala i graniterna, dels som små isolerade kroppar inom och längs kontakterna till de granodioritiska och granitiska plutonerna. De små kropparna förekommer också som gångar. I ett stenbrott nära Högsäter (fastighetskarta 65D 0dS), ser man ett exempel på detta. Där har en mafisk magma (idag en 10 m bred amfibolitgång) intruderat en Järbogranit med Kappeboxenoliter. Många mafiska bergarter har genomgått magmablandningsprocesser, och de kvartsmonzodioritiska bergarterna kan ha bildats genom ett betydande inslag av sådana processer. En del mer gångbetonade mafiska intrusioner kan möjligen också tillhöra en yngre gångsvärm (se avsnitt *Gångbergarter*).



Hisingensviten

- Granit (Tingvalla)
- Granit (Lanetyp)
- ▲ Granodiorit (Kroppefjäll/Järbo)
- ▲ Kvarztmonzodiorit-kvartsdiorit
- ▲ Gabbro

Figur 19. Geokemisk sammansättning för de olika intrusivbergarterna i Hisingensviten, enligt P-Q-diagram (Debon & Le Fort 1983). Fälten i diagrammet som i figur 16. Data från SGUs databaser.

I Hisingensviten finns också så kallade Lanegraniter som beskrivits av Gorbatshev (1975), Welin & Gorbatshev (1978a) och Holme (2001). Dessa har främst studerat några typplutoner inom kartområdet 8B Vänersborg NO (Gorbatshev 1987). Lanegraniterna är röda, jämnkorniga och medelkorniga, och saknar i viss utsträckning den kraftiga foliation som annars kännetecknar Hisingensvitens bergarter i projektområdet (fig. 20). En datering gjordes på en röd, medelkornig, jämnkornig granit vid Dals Långed (UJB092204, 6532917/345548) och denna karaktäristiska granitpluton fick en ålder på $1\,564 \pm 7$ miljoner år, vilket gör den till en del av Hisingensviten.

Lanegraniterna kan lokalt uppvisa anomala gammastrålningsegenskaper, främst med avseende på deras toriuminnehåll. Vid mätningar på en granit ca 3 km väster om Dals Långed (JJR091006, 6533936/341949) uppmättes i medeltal 5,6 % kalium, 9,2 ppm uran och 174 ppm torium. Det här högstrålande partiet av Lanegraniten (aktivitetsindex 4,5) syns tydligt i flygmätta gammastrålningsdata som ett relativt litet, toriumanomalt område som är 250 m i diameter. Detta har markerats på kartan som ett område med aktivitetsindex större än 2.

I projektområdets västligaste delar, från Tingvallamossen i söder till Grann i norr, uppträder en separat granitintrusion kallad Tingvallagranit, som utgör en yngre del av Hisingensviten. Tingvallagraniten är huvudsakligen jämnkornig, ljus grå-röd och glimmerfattig. Underordnat finns grå, granodioritiska varianter och mer porfyrisk granit men bergarterna är vanligen finkorniga till medelkorniga. Associerade gångbergarter, ofta pegmatiter, är vanliga. Dessa olika texturella varieteter förekommer ibland tillsammans i olika skalor ned till samma håll i ett bandat eller lagrat mönster, t.ex. i en stor vägskärning strax väster om Grann (fastighetskarta 65D 3dN). Graniten där har daterats av Åhäll & Connelly (2008) till $1\,530 \pm 18$ miljoner år.

Hisingensvitens bergarter skiljer sig sammansättningsmässigt något från Göteborgssvitens bergarter genom att generellt vara något mindre kaliumanrikade (fig. 19). De domineras av granodioritiska sammansättningar (fig. 18) medan många av de olika bergartstyperna i Göteborgssviten är monzograniter och kvartsmonzoniter. Lanegraniterna är de enda bergarterna med uteslutande granitisk sammansättning inom Hisingensviten.



Figur 20. Intrusivbergart i Hisingensviten. Röd, jämnkornig Lanegranit. Pöltjärnarna (UJB100160, 6506933/337121). Foto: Ulf Bergström.

Yngre graniter

Den yngre granitgenerationen är 1 300–1 340 miljoner år gammal och uppträder som mer eller mindre distinkta plutoner (Holme 2001) i ett bälte från Kungsbackatrakten till Värmland. Dessa graniter visar i varierande grad sammansättningsvariationer och strukturell överprägling och även dessa graniter kan i fält vara svåra att skilja från de äldre graniterna inom Göteborgs- och Hisingensviterna. Inom projektområdets södra del, vid Torbjörbyn nära Örsjöns sydspets (fastighetskarta 65D 0eS), finns den så kallade Hästefjordsplutonens norra spets i form av en röd, fint medelkornig, ojämnkornig granit. Hästefjordsgraniten är daterad av Piontek m.fl. (1998) till $1\,334 \pm 7/-3$ miljoner år söder om det aktuella projektområdet. Hästefjordsgraniten har generellt högre innehåll av torium än graniterna inom Göteborgs- och Hisingensviterna medan uranhalterna är i stort sett desamma (tabell 2).

Längre åt sydost finns den likåldriga, porfyrisk så kallade Ursandsgraniten (Piontek m.fl. 1998, Holme 2001). Inom projektområdet har inga hållar lokaliserats som skulle kunna vara någon form av randfacies av Ursandsplutonen, utan kontakten är belägen strax utanför. Omgivningen här består av gnejsiga, jämnkorniga, ljus röda-grå graniter, som är en del av Göteborgssviten.

Dalslandsgruppen

Centralt i projektområdet förekommer den så kallade Dalslandsgruppen som består av sedimentära bergarter, t.ex. kvartsit, skiffer och arkos, samt inlagrade, basaltiska vulkaniter. Dessa sedimentära bergarter är bildade av material som avsatts på en erosionsyta senare än 1 300 miljoner år sedan. Dalslandsgruppen är yngre än Hästefjordengraniten som har eroderats före avsättningen av Dalslandsgruppen (Lundqvist m.fl. 2003). Mansfeld & Kumpulainen (2000) redovisar en undersökning av detritiska zirkoner i Dalslandsgruppen där de yngsta zirkonerna i gruppens översta del (Lianeskiffen) är ca 1 220 miljoner år gamla, vilket innebär att Dalslandsgruppens avsättning är yngre än så (Alm 2000). Dalslandsgruppens bergarter blev i likhet med övriga bergarter i området deformerade under den svekonorvegiska orogensen för ca 1 000 miljoner år sedan.

Dalslandsgruppens sedimentära bergarter varierar avsevärt i fråga om lagrens tjocklek och struktur från område till område, men en generell stratigrafi har ändå fastslagits sedan man började undersöka bergarterna på 1800-talet. Bland äldre studier av Dalslandsgruppens bergarter kan särskilt nämnas Overeem (1948) och Heybroek (1950). Dalslandsgruppen kan indelas i ett antal stratigrafiska enheter eller informella formationer (Lundberg 1973, Alm 2000, Wik 2002).

De bergarter som dominerar de stratigrafiskt undre delarna av Dalslandsgruppen består av konglomerat, arkos och sandsten. På ett flertal lokaler har man noterat att underst uppträder en arkosliknande bergart, som består av komponenter från det granitiska underlaget och som kan vara svår att skilja från det granitiska underlaget. Annars förekommer mest konglomerat i botten av den sedimentära enheten närmast graniten. Bollmaterialet är rundat (fig. 21) men på grund av deformationen så är bollarna nu närmast elliptiska. Konglomeratet och arkosen överlagras av ljus röda och rödgrå sandstenar (fig. 22) som bildar en formation med upp till flera hundra meters mäktighet (Wik 2002). Genom metamorfos och omkristallisation har sandstenen utvecklats till en kvartsit med över 90 % kvarts. Lager av konglomerat finns i sandstenslagren med kvartsit som den dominerande bergarten i bollmaterialet. I sandstensenheten finns ofta fina sedimentära texturer, t.ex. böljeslagsmärken väster om Dalskog (fastighetskarta 65D 1eN), och uppåtbestämningar är lätta att göra. De stratigrafiskt undre delarna dominerar i fält i den södra och västra delen av Dalslandsgruppen men de uppträder också som tektoniska linser i granitberggrunden väster om det huvudsakliga utbredningsområdet.



Figur 21. Dalslandsgruppen. Polymikt bottenkonglomerat. Flat (UJB110169, 6542694/ 349698). Fotografiets bredd motsvarar ca 1,5 m. Foto: Ulf Bergström.



Figur 22. Dalslandsgruppen. Ljust röd sandsten från den undre sandsten-kvartsitfomationen. Skurvåsen (UJB110174, 6516532/ 340821). Foto: Ulf Bergström.

I det stratigrafiska intervallet där den undre sandstensenheten övergår till den stratigrafiskt yngre lerskifferenheten (Wik 2002), uppträder på några ställen en finkornig sandstensiltsten som innehåller betydande mängder sulfider, främst kopparkis. Mineraliseringen uppträder bunden till ett distinkt lager som kan vara mycket uthållig längs strykningsriktningen. Lagret är normalt mycket tunt, bara 2–3 m, men kan på några ställen vara mäktigare, t.ex. vid Dingelvik (fastighetskarta 65D 3eN). Det mineraliserade lagret finns bara i de områden där basaltiska lavar saknas på den här stratigrafiska nivån, vilket är av betydelse för prospektering. Större delen av de observerade och undersökta mineraliseringarna finns i de nordvästra delarna av Dalslandsgruppens utbredningsområde.

Basaltiska lavar uppträder normalt tillsammans med lerskiffer i den mellersta delen av Dalslandsgruppens stratigrafi, men åt söder kan basalterna förekomma också i den översta delen av den undre sandstensenhetsen. Detta har observerats t.ex. i Skållerudstrakten (fastighetskarta 65D 1fN) där en mäktig ansamling isoklinalveckade lavaflöden är delvis växellagrade med sandsten. Basalterna är finkorniga och ofta mörkt gröna beroende på att de domineras av de metamorfa mineralen klorit och epidot. På en del platser uppvisar basalterna gasblåsor som sannolikt bildats i de översta delarna av lavaflödet (fig. 23). Gasblåsorna är fyllda av sekundära mineral som epidot, kalcit och kvarts.

De basaltiska lavorna visar geokemiskt en kontinental karaktär och tolkas vara bildade under en period av extension (Alm 2000).

Den mellersta delen av Dalslandsgruppen består av lerskifferenheten. Den består främst av mörkt grå, finkorniga och bandade bergarter. Bandningen består av tunna primära lager med varierande sammansättning, s.k. laminering. Denna överpräglas av en axialplansförskiffring som uppträder med en varierande vinkelskillnad mot den primära lagringen (fig. 24) beroende på var man är i veckstrukturen. Förskiffringen klyver upp bergarten i tunna skivor på ett karaktäristiskt sätt. Detta har utnyttjats på ett antal platser, där skiffer brutits som plattor till tak och väggfasader, t.ex. i Dalskog–Dals Rostockområdet. De välbevarade, kalkfria skifferar som var lämpade för skifferbrytning återfinns normalt stratigrafiskt lågt i lerskifferenheten. Karbonat är annars en viktig beståndsdel i lerskifferenhetens olika bergarter. Så kallade kalklerskifferar förekommer över stora områden, t.ex. vid Teåkerssjön–Dalskog, och bildar där olika breccieliknande bergarter och ibland rena kalkstensbankar. Vid sjön Kolungen (fastighetskarta 65D 1eS) kan man observera karbonatsliror och karbonatådror i lerskiffer. Dessa ådror har sannolikt bildats genom att kalk, som bildats synsedimentärt i skiffern, har blivit mobiliserad under senare deformation. Det kan också finnas kalk som är resultat av hydrotermal omvandling. På flera ställen uppträder omvandlingszoner där lerskiffern blivit kraftigt rödfärgad, t.ex. väster om Dalskog och vid Billingsfors (fastighetskarta 65D 4eS).

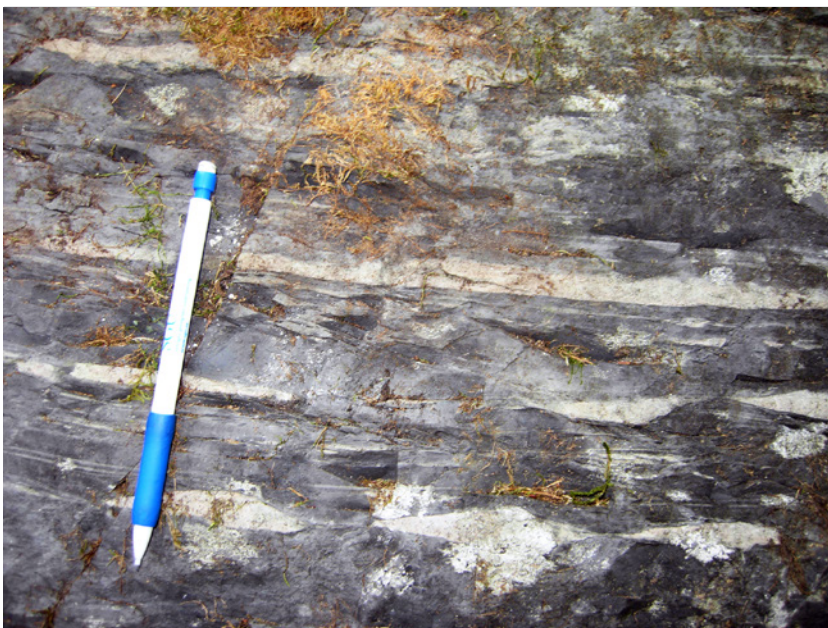
Tunna sandstenslager i centimeterskala är vanliga i skiffern, särskilt nära den stratigrafiska gränsen till den underliggande sandstenen. I omgivningarna runt sjön Erve uppträder bitvis betydande sandstenslinser som påminner om den undre sandstenen i lerskiffern. I området finns också flera uthålliga lager med basaltlavor som växellagrar med lerskiffer och sandsten. Sandstenslinser har observerats även i andra områden, om än i mindre skala, och även konglomerathorisonter finns noterade. På några ställen uppträder torksprickor i skifferlagren. Tillsammans leder dessa observationer till tolkningen att vattendjupet sannolikt inte har varit så stort under avsättningen av lerskifferenheten.

Lerskifferenheten är lokalt urananrikad, och sådana små områden kan i vissa fall lätt identifieras i radiometrisk data som lokala anomalier. Ett exempel på detta är i skifferbrottet vid Halängen (fastighetskarta 65D 1eN) någon kilometer väster om Dalskog. En annan lokal urananomali i lerskiffer påträffades på Björkö (JJR100015, 6519326/353864). Den omgivande lerskiffern innehåller i medeltal ca 3 ppm uran men på Björkö uppmättes som högst 42 ppm uran i ett metertjockt lager. Uranprospektering under 1970- och 1980-talet lokaliserade ett flertal platser med förhöjda uranhalter i lerskiffer.

De övre delarna av Dalslandsgruppen består av de övre kvartsit- och Lianeskifferenheterna. De har sitt utbredningsområde i två stora synklinaler centralt i Dalslandsgruppens utbredningsområde och sin sydligaste utbredningsgräns vid Dals Rostock. Den övre kvartsitenheten utgörs av en omkristalliserad, vit till ljus grå, ren kvartsit som kan uppvisa en del sedimentära strukturer som till exempel lagring. Här och var förekommer inlagringar av gråvackeliknande bergarter som troligtvis kan jämföras med de bergarter som förekommer



Figur 23. Dalslandsgruppen. Basaltlava med blåsrum, fyllda av kalcit. (UJB10142, 6513300/346050). Foto: Ulf Bergström.



Figur 24. Dalslandsgruppen. Lerskiffer med inlagrade bankar av sandsten eller kvartsit. En tydlig förskiffring med liten vinkel mot lagringsytorna är utvecklad endast i skiffern. Källsviken (UJB100131, 6514290/342071). Foto: Ulf Bergström.

högre upp i stratigrafen i Lianeskifferenheten. De stora mängder ren kvartsit som finns i den övre kvartsitenheten har lett till en betydande exploatering av kvartsit för användning som ugnsfodring och fluxmedel. Stora stenbrott har varit och är aktiva i området nordost om Håverud (fastighetskarta 65D 2fS) och vid Fröskog (fastighetskarta 65D 4fS).

Lianeskiffern, som utgör den yngsta enheten i Dalslandsgruppen, består främst av grå fältspatsandstenar med varierande innehåll av glimmer. Historiskt sett har den beskrivits som arkos eller gråvacka. Lianeskiffern är ofta mer kvartsrik i kontaktzonen mot den övre kvartsiten medan den i sina mer finkorniga varianter blir lik lerskiffern. Lianeskiffern uppvisar ofta svagt utvecklade lagringsytor och uppåtstrukturer.

Gångbergarter: granit, aplit, pegmatit och diabas

Gångbergarter uppträder i många former, sammansättningar och åldrar inom projektområdet. Finkorniga, jämnkorniga, ljus röda apliter är vanliga men har en oklar åldersställning. Grovkorniga pegmatiter är också vanliga gångbergarter. Många pegmatiter är troligtvis kopplade till höjdpunkten av den svekonorvegiska bergskedjeveckningen, då ökande temperaturer i jordskorpan lett till uppsmältning av berggrunden. Dessa smältor har bildat voluminösa mängder ådror och gångar av både granit och pegmatit i den granitiska berggrunden längs Vänerkusten i projektområdets sydöstra delar.

Finkorniga till medelkorniga, granitiska till granodioritiska gångar är mycket vanliga. En del av dessa är åldersmässigt relaterade till Göteborgssvitens bergarter. De gångar som är finkorniga, ljus röda och jämnkorniga tolkas ha samband med de liknande granitplutoner som är särskilt vanliga i Mellerudstrakten. Ibland kan dessa gångar öka i bredd till att bilda mindre massiv där det äldre sidoberget (i detta fall andra granodioritiska och porfyriska varianter av Göteborgssviten) förekommer som xenoliter.

I Göteborgssvitens bergarter uppträder också finkorniga, ställvis plagioklasporfyriskas diabasgångar. Dessa har observerats vid ett halvdussin lokaler längs stränderna vid Tösse skärgård, t.ex. vid Rolfshvins stugby (fastighetskarta 65D 3gN), och tolkas vara åldersmässigt och sammansättningsmässigt relaterade till de små gabbrointrusioner som finns i detta område.

Även i Hisingensvitens bergarter uppträder finkorniga granitiska gångar. I olika delar av Hisingensvitens utbredningsområde finns också relativt rikligt av mer grovkornig pegmatit, t.ex. inom den bergart som kallas Tingvallagranit (se avsnitt *Hisingensviten*). I Tingvallagraniten uppträder gångarna i ett diffust bandat eller lagrat mönster tillsammans med graniten. Även i Hisingensviten finns diabasgångar som sannolikt hör ihop med lite större gabbromassiv.

En yngre, mäktig diabasgång finns känd sedan länge i Billingsforstrakten (fastighetskarta 65D 4eS). Den uppträder som en 10–100 m bred gång i västnordväst–ostsydostlig riktning och skär de nord–sydliga svekonorvegiska strukturerna. Den är mörkt grå, fint medelkornig och har en massformig, gabbroid textur. Synlig deformation består endast av sprickzoner med omvandling som skulle kunna vara kopplad till det absolut senaste skedet av den svekonorvegiska deformationsfasen. Denna diabas har en riktning och sammansättning och ett uppträdande som påminner om Tivediabaserna i Göteborgstrakten. Denna har daterats av Hellström m.fl. (2004) till 935 miljoner år. Andra kända exempel på denna yngsta diabasgeneration är begränsad till en öst–västlig diabasgång vid den nedlagda koppargruvan vid Stora Strand (Johansson 1909, fastighetskarta 65D 3fN). På kartbladsområdet Värvik (Aa 187) norr om projektområdet har flera diabasgångar identifierats som sannolikt tillhör denna generation (Larsson & Sandegren 1956).

Mellan Bäckefors (fastighetskarta 65D 2dS) och sjön Erve (fastighetskarta 65D 2eS) finns ett antal mer eller mindre parallella magnetfältsanomalier i Hisingensvitens bergarter som är orsakade av diabasgångar. De är inte kontinuerliga utan ofta avbrutna eller med förtjockningar. I viss mån kan detta mönster vara förorsakat av flygriktningen vid datainsamlingen (i detta fall öst–västlig) i kombination med att de diabasgångar som orsakar anomalierna har liten bredd. Eftersom de omgivande granitoiderna i sig har mycket heterogena magnetiska egenskaper kan data från dessa diabasstråk lokalt ”drunkna” i bakgrundsfältet. Flera av dessa anomala områden undersöktes i fält och det visade sig att anomalierna är bundna till topografiska sänkor med riktningen västnordväst till nordväst. I några fall kunde finkornig, massformig diabas lokaliseras i fast klyft vid branta raviner och antyda ett samband mellan diabaser och senare sprickzoner. Tre kilometer öster om Bäckefors kan man i en traktorväg följa en 4–5 m bred diabasgång över ett tiotal meter. Gången har där riktningen 145 grader. Denna diabas

uppvisar den högsta remanenta magnetiseringen (12,5 A/m) och en ovanligt hög Königsbergkvot (56) vilken annars bara i enstaka fall når över 1. Bland de övriga diabaserna varierar susceptibiliteten från $1\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter till $22\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter (fig. 3) och även den remanenta magnetiseringen varierar. Denna diabasgeneration kan tolkas vara en sen fas av Hisingensvitens magmatiska bergarter, då de uppvisar metamorfa parageneser och ställvis kraftig deformation som motsvarar den i de omgivande bergarterna. Diabaserna kan också utgöra en separat gångsvärm som har en ålder som ligger mellan Hisingensvitens bergarter och den svekonorvegiska bergskedjeveckningen vid ca 1 000 miljoner år. Ett antal tidigare publicerade berggrundskartor över Idefjordenterrängen har urskiljt mafiska bergarter, ofta som linsformade gångar, som tolkas ha en ålder i det intervallet (se t.ex. Samuelsson 1978, Samuelsson 1985).

STRUKTURER OCH METAMORFOS

Berggrunden i området har genomgått deformation och metamorfos under den svekonorvegiska bergskedjeveckningen för ungefär 1 000 miljoner år sedan. Det som orsakade bergskedjeveckningen var att motsvarigheterna till de nuvarande europeiska och nordamerikanska kontinenterna krockade. Kontinentkollisionen innebar att de olika bergarterna försköts i förhållande till varandra, knycklades ihop och omvandlades och fick nya mineralinnehåll som var i jämvikt med de nya temperatur- och tryckförhållandena som då rådde. I bergarterna bildades förskiffring, gnejsighet, lineationer och andra strukturer. Spår av en äldre bergskedjeveckning för ca 1 540 miljoner år sedan finns i Idefjordenterrängens västra delar (Austin Hegardt m.fl., i Austin Hegardt 2010). Strukturer som kan relateras till denna händelse har inte med säkerhet kunnat urskiljas inom projektområdet, men borde, om de finns, uppträda tydligast i Tösseområdets vulkaniska och sedimentära bergarter.

Den inledande fasen av den svekonorvegiska bergskedjeveckningen karaktäriseras av överskjutningar från väster. De syns framför allt genom att Hisingensvitens bergarter skjutits upp på de yngre sedimentära bergarterna i Dalslandsgruppen, och att skivor av Dalslandsgruppens bergarter växellagrar med granodioritiska och granitiska skivor i några områden. Kontaktorna mellan Hisingensvitens och Dalslandsgruppens bergarter utgörs av kraftigt deformerade bergarter, s.k. myloniter, vilket antyder att enheterna har gnidits mot varandra. Dessa tektoniska kontakter kan uppträda i områden där det också finns bergarter tillhörande den sedimentära Dalslandsgruppen som avsatts primärt ovanpå Hisingensvitens bergarter, men i den situationen kan man se de basala arkoserna och konglomeraten närmast granitkontakten. Vid de tektoniska kontakterna är det andra bergarter i Dalslandsgruppen, t.ex. lerskiffer som i Dalskogstrakten, som ligger i kontakt med graniterna. Överskjutningarnas rörelsemönster är svåra att utröna i detalj, men många hällokaler i Hisingensvitens granitiska bergarter uppvisar lineationer med öst–västlig strykning och flacka stupningar på 10–20 grader åt väster, och dessa lineationer kan kopplas till överskjutningarnas rörelse. Överskjutningarna är svåra att följa och redovisas i kartbilden på ett delvis skissartat sätt eftersom det saknas information på många ställen.

Den svekonorvegiska bergskedjeveckningens huvudfas syns mest som en veckning av Dalslandsgruppens bergarter längs i princip nord–sydliga veckaxlar. Två större områden är utbildade som synklinalstrukturer där de yngsta enheterna i övre kvartsit- och Lianeskifferenheterna dominerar. De ligger öster om sjön Erve (fastighetskarta 65D 2eS) respektive mellan Håverud (fastighetskarta 65D 2fS) och Fröskog (fastighetskarta 65D 4fS). De primära lagringsytorna i Dalslandsgruppens bergarter kan följas runt i isoklinala veck vars veckaxlar stupar med moderat vinkel åt norr. Detta syns särskilt tydligt i fallet med basalerna

i Skållerudstrakten (se diskussion i avsnitt *Dalslandsgruppen*). I några fall, t.ex. vid skifferbrottet vid Halängen (fastighetskarta 65D 1eN), upptar överskjutna skivor av Hisingensvitens granitiska bergarter synklinalernas centrala delar. Veckbildningen har följts av betydande tektoniska rörelser i främst nord-sydlig riktning, framför allt i Göteborgssvitens bergarter öster om Dalslandsgruppens utbredningsområde. Dessa zoner uppvisar också ofta lineationer med moderat stupning åt norr och sinistral (vänstervriden) rörelse. I några fall blir dessa zoner mycket breda och bildar bälten med skjuvdeformation.

Åt väster (och utanför projektområdet) uppträder en betydande nord-sydligt orienterad deformationszon, Lerdalszonen (Park m.fl. 1991), som kan följas åt söder till Uddevalla. I de västliga delarna av projektområdet, väster om Dalslandsgruppens utbredningsområde, finns zoner som är parallella med Lerdalszonen, varav den mest betydande kallas Grannzonen (Park m.fl. 1991). Grannzonen tolkas som en del av en sekvens av överskjutningar från väster mot öster, dvs. som beskrivits i Dalslandsgruppens bergarter ovan, men i Hisingensvitens bergarter. Zonen begränsar i princip förekomsten av Dalslandsgruppens bergarter åt väster, och överskjutningarna följs tidsmässigt av en fas av brantare normalförkastningar (Park m.fl. 1991). Grannzonen finns blottad i hållar (fig. 25) vid sjöarna Grann (fastighetskarta 65D 3dS) och Iväg (fastighetskarta 65D 3dS) men också, med nord-sydlig riktning, mellan Bäckefors (fastighetskarta 65D 2dS) och Högsäter (fastighetskarta 65D 0cS). Dessa zoner framträder tydligt som ett antal parallellt löpande, halvmåne-liknande, svaga anomalier som kan följas över långa sträckor i magnetfältdata. I elektromagnetiska data bildar de ganska breda zoner med låg resistivitet (fig. 3).

Den avslutande fasen av den svekonorvegiska bergskedjeveckningen i Dalsland syns som markanta nordvästligt orienterade förkastningar som förskjutit bergarterna sinistralt, men också med en betydande komponent i stupningsriktningen. Dessa förkastningar är till stor del spröda strukturer och de är associerade med hydrotermal omvandling och malmbildning.

För att ingå i Idefjordenterrängen är berggrunden inom projektområdet unik med avseende på förekomsten av bevarade vulkaniska och sedimentära texturer, både i Dalslandsgruppen och i den äldre Åmålgruppen. Den metamorfa överprägling som kan observeras är också mycket låg jämfört med i andra delar av Västsverige. I stora delar av Dalslandsgruppen, framför



Figur 25. Grannzonen. Flackt liggande deformationszon i amfibolitisk bergart relaterad till överskjutningar från väster mot öster. Fälterud (UJB110052, 6540003/333002). Foto: Ulf Bergström.

allt i basalterna, karaktäriseras metamorfosen av förekomsten av mineralen epidot och klorit, vilket antyder en metamorfos i gränzonen mellan grönskifferfacies och epidot-amfibolitfacies. Även Åmål vulkaniterna i Tösseområdet uppvisar de här mineralparageneserna.

Mot sydost ökar den metamorfa överpräglningen till amfibolitfacies och bergarterna visar där en gnejsighet. Den metamorfa zoneringen verkar ske stegvis i anslutning till de nord-sydliga deformationszoner som nämnts ovan. Längst i sydost uppträder kraftigt förgnejsade bergarter och åderbildning. Här finns också en betydande andel av granit- och pegmatitgångar. Basiska bergarter kan i detta område innehålla mineralet granat. Magnetfältets signalement i området återspeglar den kraftiga deformationen av bergarterna som bland annat yttrar sig i ett utpräglat, nord-sydligt orienterat bandat anomalimönster (fig. 1). Magnetfältets utseende öster om en linje mellan Järn och Grinstad (fastighetskarta 65D 0fS), sydöst om Mellerud, styrs till stor del av förekomsten av blandmineralet titanohematit. En karaktäristisk magnetisk egenskap för detta mineral är en låg magnetiserbarhet (magnetisk susceptibilitet) men en mycket kraftig egen magnetisering (remanent magnetisering). Fenomenet är känt som lamellär magnetism (Fabian m.fl. 2008) och har rapporterats förekomma särskilt i granulitfaciesmiljö.

I väster dominerar amfibolitfaciesmetamorfos, och Hisingensvitens bergarter är ofta svagt förgnejsade med återkommande zoner med kraftig deformation beroende på överskjutningarna. De basiska bergarter som förekommer här är generellt sett amfiboliter.

NATURRESURSER

Dalsland har ett aktivt förflutet inom mineralhantering. Ett stort antal gruvor, stenbrott och mineraliseringar förekommer inom projektområdet.

Den vanligaste typen av mineralisering är hydrotermala kvartsgångar, kvartsådror och kvartsbreccior med körtlar och ansamlingar av sulfider (främst svavelkis, kopparkis och blyglans). Sådana förekommer både i Dalslandsgruppens bergarter och i underlaget till dessa bergarter. Förutom sulfider kan höga halter av ädelmetallerna guld och silver förekomma, men mycket sporadiskt och med ojämn fördelning. Halten ädelmetaller har därför sällan varit en bidragande orsak till gruvförsök i Dalsland. Mineraliseringarnas uppkomst är sannolikt relaterad till förkastningsrörelserna i slutfasen av den svekonorvegiska bergskedjeveckningen. Försök att ålderbestämma dessa mineraliseringar (Johansson 1985) har visat en ungefärlig ålder på ca 1000 miljoner år.

En annan mycket vanlig mineraliseringstyp är järn-mangan-oxidmineral (främst hematit, magnetit och olika manganoxider) som förekommer på ett sätt som påminner om sulfidmineraliseringarna ovan. Oxidmineralen kan förekomma tillsammans med kvartsgångar eller som sprickfyllnad, och kan uppvisa mycket raka malmzoner som skär över omgivande bergarters strukturer. Sprickfyllnader med hematit är något av ett karaktärsdrag för dessa delar av Dalsland och förekommer mycket allmänt. I de allra flesta fall är dessa mineraliseringar mycket små, men man kan ibland se järnmalmsskärpningar följa någon flera hundra meter lång sprickstruktur med mineraliseringar med ojämna mellanrum. Den ekonomiska framgången för gruvdrift i denna typ av mineralisering har sannolikt varit kopplad till halterna av mangan. I något fall är dessa mineraliseringar lite större, t.ex. vid Kesebol (fastighetskarta 65D 4fS) där den historiska malmfångsten kan räknas till några tusen ton med 33 % mangan (Wik m.fl. 2002, Hallberg m.fl. 2012). Kesebol är intressant också för att det i direkt anslutning till manganmalmen fanns en hematitmalm och en kopparkisrik del, vilket visar att sulfidmineraliseringarna och oxidmineraliseringarna har en strukturell och genetisk koppling till varandra.

I några fall finns mineraliseringar som innehåller komponenter utöver nämnda sulfid- och oxidmineral. I t.ex. Långvattnetmineraliseringen (fastighetskarta 65D 4eS) uppträder höga halter av uran, torium och vanadin tillsammans med sulfider i en järnmalmsskärpning. SGAB genomförde under 1970- och 1980-talet uranprospektering och kunde visa att uran i form av mineralet pechblände förekommer på ett flertal ställen. Många av dessa uppslag är knutna till de undre delarna av lerskifferenheten i Dalslandsgruppen.

En viktig malmtyp som finns i dessa delar av Dalsland är den stratiforma kopparmineralisering (främst som kopparkisimpregnation) som uppträder i kontaktzonen mellan den undre sandstensenheten och den överlagrande lerskifferenheten (fig. 26). Sulfidimpregnationen är finkornig och följs av kvarts, karbonater och svavelkis i tunna sprickfyllnader och ådror i malmhorisonten. Sulfidimpregnation utan koppar kan finnas i omgivande bergarter. Malmhorisonten varierar vanligen i tjocklek mellan 2 och 11 m (Alm 2000), men den mineraliserade horisonten kan följas mycket långt längs strykningsriktningen. På några ställen har omfattande borrhprogram av SGU, SGAB och NSG under 1980-talet avgränsat malmzoner där beräkningar av halter och tonnage kunnat genomföras. De mineraliseringar som verkar ha den bästa potentialen är Dingelvik (fastighetskarta 65D 3fN), som uppvisar ett tonnage på 21,2 miljoner ton med 0,83 % koppar (Thelander & Hammergren 1985) eller 27,5 miljoner ton med 0,77 % Cu (Hallberg m.fl 2012), och Hennevik (fastighetskarta 65D 3dN), som är beräknad till 2,35 miljoner ton med 1,05 % koppar (Wik m.fl. 2002). Till samma malmtyp räknas också kopparmineraliseringen Stora Strand (fastighetskarta 65D 3fN) som varit känd sedan 1800-talet (Johansson 1909). Stora Strand ligger inte i anslutning till de andra stratiforma fyndigheterna och dess styrande stratigrafiska nivå ligger högre upp i Dalslandsgruppens stratigrafi, inom lerskifferenheten och i anslutning till ett inlagrat kvartssitlager. Trots omfattande gruvförsök i början av seklet lades driften snart ner, troligen beroende på varierande kopparhalter. Malmberäkningar antydde en kopparhalt på 1,22 % längs en tunn malmhorisont som beräknades vara ca 20 km längs strykningsriktningen.

Även i kombination med denna stratiforma malmtyp kan förhöjda uranhalter förekomma, t.ex. i Åsnebo (fastighetskarta 65D 4eS) och Härserud (fastighetskarta 65D 4eS).



Figur 26. Stratiform kopparmineralisering i gränsskiktet mellan den undre sandstensformationen och lerskifferformationen blottad i en vägsgräns väster om Steneby. Sandsten med sulfidmineral i bildens mitt och lerskiffer syns åt vänster (6535598/335460). Foto: Ulf Bergström.

I Dalsland finns flera icke-metalliska råvarutyper av betydelse. Det största ekonomiska utfallet har brytningen av kvartsit från den övre kvartsitenheten i Dalslandsgruppen. Kvartsit bryts för en mångsidig användning inom flera olika typer av industri, t.ex. för framställning av eldfasta produkter som ugnsinfodring, för ferrolegering och för kemisk industri. Kvartsiten måste generellt vara mycket ren, med en SiO_2 -halt som är högre än 98 % och med låga halter av aluminium, järn och fosfor. De något sämre kvaliteterna kan användas som ett bra vägbeläggingsmaterial. Förekomst av glimmerrika skölar och sprickplan samt sekundär kvarts som gångar och ådror försämrar generellt kvartsitens renhet och därmed materialets kvalitet. Aktiva kvartsitbrott finns samlade i ett område nordöst om Håverud, t.ex. på Valön (fastighetskarta 65D 2fS) och i Ulerud och Känsbyn (fastighetskarta 65D 2fN). I omgivningarna finns också ett stort antal nedlagda och avslutade operationer (fig. 27).

I Dalsland bedrevs skifferbrytning för framställning av främst takplattor under 1800-talet och tidigt 1900-tal. Lämpliga kvaliteter återfinns stratigrafiskt långt ner i lerskifferenheten där man hittar välbevarad, mörkgrå, ler- till siltsten. Bergarten har blivit förskiffad och mineralkornen, främst finkornig glimmer, har parallellorienterats längs huvuddeformationsriktningen. Denna mineralorientering ger skiffern dess typiska spaltning. Skifferbrott finns t.ex. vid Hälängen och Källsviken (fastighetskarta 65D 1eS), men mindre stenbrottsförsök finns på flera platser.

Lianeskiffer har visat sig lämplig för framställning av kvarnstenar (Törnebohm 1870c), och brytning har förekommit i mindre skala på Lianefjället öster om sjön Erve (fastighetskarta 65D 2eS).

Med en ökande användning av krossat bergmaterial som byggmaterial som ett led i att minska uttaget från sand- och grustäkter har antalet krossbergstäkter blivit fler. En stor andel av överskottsmaterialet från kvartsitbrytningen i Dalsland går till vägmateriäl. Det finns också ett antal täkter där man bryter granitbergarter och vulkaniska bergarter från de äldre Göteborgs- och Hisingensviterna och från Åmålgruppen. Täkterna är relativt jämnt utspridda över projektområdet, delvis på grund av att bergmaterial av denna typ är oekonomiskt att transportera för långt. Goda kvaliteter av krossat bergmaterial kan fås från de finkorniga, texturellt välbevarade Åmålvolkaniterna i Tössetrakten, men också i finkorniga graniter.



Figur 27. Stenbrott för brytning av vit till ljusgrå kvartsit från den övre kvartsitformationen i Dalslandsgruppen. Livarebo stenbrott. (6525200/352100). Foto: Ulf Bergström.

REFERENSER

- Alm, E., 2000: *Sveconorwegian metallogenesis in Sweden*. Doktorsavhandling, Stockholms Universitet. 165 s.
- Austin Hegardt, E., Stigh, J., Cornell, D., Sjöström, H., Anczkiewicz, R., Page, L. & Finger, F., 2010: Relative and absolute temporal relationships between folding, foliation and metamorphism of the Stora Le-Marstrand Formation in the Sveconorwegian Province, Baltic Shield. I E. A. Hegardt: *Pressure, temperature and time constraints on tectonic models for southwestern Sweden*. Doktorsavhandling, Göteborgs universitet, 129 s.
- Bergström, U., Jönberger, J., Kübler, L., Lundqvist, I., Nysten, P. & Rasmussen, K., 2010: Dals Ed–Mellerud. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2009. *SGU-rapport 2010:2*, Sveriges geologiska undersökning, 7–16.
- Bergström, U., Eliasson, T., Jönberger, J., Kübler, L., Lundqvist, L., Nysten, P. & Rasmussen, K., 2011: Dals Ed–Mellerud. I S. Lundqvist (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2010. *SGU-rapport 2011:6*, Sveriges geologiska undersökning, 7–29.
- Debon, F. & Le Fort, P., 1983: A chemical-mineralogical classification of plutonic rocks and associations. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences* 73, 135–149.
- Delin, H. & Hammergren, P., 1981: Dalformationens bottenbildningar. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 81543*, 28 s.
- Fabian, F., McEnroe, S.A., Robinson, P. & Shcherbakov, V.P., 2008: Exchange bias identifies lamellar magnetism as the origin of the natural remanent magnetization in titanohematite with ilmenite exsolution from Modum, Norway. *Earth and Planetary Science Letters* 268, 339–353.
- Gorbatshev, R., 1975: Fundamental subdivisions of Precambrian granitoids in the Åmål mega-unit and the evolution of the south-western Baltic Shield, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 97:2, 107–114.
- Gorbatshev, R., 1979: The basement of the Åmål supracrustals, south-western Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 101:1, 71–73.
- Gorbatshev, R., 1980: The Precambrian development of southern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 102:2, 129–136.
- Gorbatshev, R., 1987: Berggrundskartan 8B Vänersborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 156*.
- Hallberg, A., Bergman, T., Gonzalez, J., Larsson, D., Morris, G. A., Perdahl, J. A., Ripa, M., Niiranen, T. & Eilu, P., 2012: Metallogenic areas in Sweden. I Eilu, P. (red.): Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia, *Geological Survey of Finland Special Paper* 53, 139–206.
- Hammergren, P., 1989: En sedimentknuten stratiform Cu-Ag mineralisering i Dalsland, Sverige. *Sveriges geologiska AB PRAP 89508*, 36 s.
- Hellström, F.A., Johansson, Å. & Larsson, S.-Å., 2004: Age and emplacement of late Sveconorwegian monzogabbroic dykes, SW Sweden. *Precambrian Research* 128, 39–55.
- Heybroek, P., 1950: The geology of the Dalskog-Dals-Rostock region, Dalsland, Sweden. *Leidse geoloische mededelingen, deel XVI*, 194 s.
- Holme, K., 2001: *Geochemical development of Proterozoic granites in the SW Baltic Shield*. Doktorsavhandling, Lunds Universitet, 123 s.
- Hummel, D. & Erdmann, E., 1870: Några ord till upplysning om bladet Baldersnäs. *Sveriges geologiska undersökning Aa 35*, 118 s.
- Johansson, H.E., 1909: Om kopparmalmsförekomsterna vid Stora Strand i Dalsland. *Sveriges geologiska undersökning C 214*, 36 s.
- Johansson, Å., 1985: The Dalslandian sulphide-bearing quartz veins of Dalsland and Värmskog, southwest Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 809*, 48 s.

- Karlsson, V., 1870: Några ord till upplysning om bladet Degeberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 38, 20 s.
- Karlsson, V. & Wahlqvist, A.H., 1870: Några ord till upplysning om bladet Rådanefors. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 39, 46 s.
- Larsson, W. & Sandegren, R., 1956: Beskrivning till kartbladet Vårvik. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 187, 166 s.
- Lind, B. & Samuelsson, L., 1981: Kvartär och berggrundsgeologisk guide över Dalsland. *Länsstyrelsen Älvsborgs län, Naturvårdsenheten* 1982:5, 127 s.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. & Zanettin, B., 1986: A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27, 745–750.
- Le Maitre, R.W. (red.), 2002: *Igneous rocks – A classification and glossary of terms*. Andra upplagan, Cambridge University Press, 236 s.
- Lundberg, B., 1973: Granite intrusions in the Dal Group, central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm förhandlingar* 95:1, 113–119.
- Lundqvist, I. & Skiöld, T., 1993: U-Pb zircon dating of volcanic rocks of the Åmål Group, western Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C* 823, 24–31.
- Lundqvist, I., Persson, L., Eliasson, T., Bastani, M. & Göransson, M., 2003: Projekt Norra Göteborgsregionen–Trestad. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2002. *Rapporter och meddelanden* 112, Sveriges geologiska undersökning, 72–84.
- Mansfeld, J. & Kumpulainen, R., 2000: Provenance ages of zircons in the Sveconorwegian Dal Group, Southwest Sweden. Abstract Volume, 24th Nordiske Geologiske Vintermöte, Trondheim. *Geonytt* 1, 116.
- Van Overeem, A. J. A., 1948: *A section through the Dalformation. A contribution to the geology of Dalsland, SW Sweden*. Doktorsavhandling, Leiden, 132 s.
- Park, R.G., Åhäll, K.-I. & Boland, M.P., 1991: The sveconorwegian shear-zone network of SW Sweden in relation to mid-Proterozoic plate movements. *Precambrian Research* 49, 245–260.
- Piontek, J., Connelly, J.N. & Åhäll, K.-I., 1998: 1.3 Ga anorogenic magmatism in southwestern Sweden. *Abstracts with programmes. Geological Society of America* 30:7, 293.
- Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 117, 86 s.
- Samuelsson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 136, 102 s.
- Streckeisen, A., 1976: To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews* 12, 1–33.
- Strålskyddsmyndigheterna i Danmark, Finland, Island, Norge & Sverige, 2000: *Naturally occurring radioactivity in the Nordic countries – recommendations*. The radiation protection authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 80 s.
- Thelander, T. & Hammergren, P., 1985: Prospekteringsarbeten inom projekt Dingelvik 1984 med tonnage- och haltberäkningar. *Sveriges geologiska AB PR AP* 85503, 19 s.
- Törnebohm, A.E., 1870a: Några ord till upplysning om bladet Åmål. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 34, 66 s.
- Törnebohm, A.E., 1870b: Några ord till upplysning om bladet Wingershamn. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 36, 14 s.
- Törnebohm, A.E., 1870c: Några ord till upplysning om bladet Upperud. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 37, 90 s.
- Welin, E. & Gorbatshev, R., 1978a: Rb-Sr age of the Lane granites in south-western Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm förhandlingar* 100:1, 101–102.

- Welin, E. & Gorbatshev, R., 1978b: An Rb-Sr age of the Åmål granite at Åmål, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm förhandlingar* 100:4, 401–403.
- Wik, N.-G., Lundqvist, I., Selinius, O., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wikström, A., 2002: Malmer, industriella mineral och bergarter i Västra Götalands län, inklusive kommunerna Habo och Mullsjö. *Rapporter och meddelanden* 108, Sveriges geologiska undersökning, 256 s.
- Åhäll, K.-I., 1993: Geologi i Dalsland. *Känn ditt Dalsland* 4, Dalslands Turistråd, 48 s.
- Åhäll, K.-I. & Connelly, J.N., 2008: Long-term convergence along SW Fennoscandia; 330 m.y. of Proterozoic crustal growth. *Precambrian Research* 163, 402–421.