

Bergslagen etapp 1

Proveniensstudier av sedimentära bergarter i Bergslagen med omgivning

Benno Kathol

juni 2018

SGU-rapport 2018:14



Omslagsbild: Provtagning vid Inlandsvägen i Orsa Finnmark.
Fotograf: Benno Kathol

Författare: Benno Kathol
Granskad av: Magnus Ripa
Ansvarig enhetschef: Ildikó Antal Lundin

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Inledning.....	4
Urval av provmaterialet och metodik	4
Provtagningsområden och bergarter.....	6
Naggen	6
Los-Hamra.....	6
Leksand-Falun.....	7
Gävle	8
Skärplinge	9
Grangärde-Ludvika	9
Hedemora-Garpenberg	10
Norberg-Fagersta.....	10
Sala-Tillberga	10
Grythyttan	11
Närkesberg-Hjortkvarn	12
Nykvarn-Mörkö.....	14
Utö.....	15
Referenser.....	16

INLEDNING

Paleoproterozoiska metasedimentära bergarter bygger upp en betydande del av berggrunden i Bergslagen med omgivning. Dessa bergarter är till olika grad metamorfoserade och omfattar både bergarter med väl bevarade primära strukturer och starkt omvandlade, migmatitiska varieteter. De tillhör den svekofenniska ytbergartssekvensen i den västra delen av den Fennoskandiska skölden (Stephens m.fl. 2009).

De flesta av de ovan nämnda metasedimentära bergarterna har avsatts, deformerats och metamorfoserats i samband med den svekokarelska orogenen men längst i väster förekommer bergarter av samma ålder som även påverkats av den svekonorvegiska orogenesen. Eftersom alla nedan beskrivna bergarter är metamorfa, utelämnas för enkelhetens skull i det följande prefixet ”meta” för de provtagna bergarterna.

Paleoproterozoiska sedimentära bergarter från Finland och Sverige har tidigare varit föremål för proveniensanalyser (Claesson m.fl. 1993), och två av deras prover härstammar från det här beskrivna området. Stephens & Andersson (2015) har daterat detriska zirkoner i paragnejser från Uppland och Mälardalen (Stephens & Andersson 2015).

Dessutom har det gjorts proveniensanalyser av de 1882–1850 miljoner år gamla kvartsiterna i Västerviksområdet (Sultan m.fl. 2005) och av den jotniska Dalasandstenen i Dalarna (Lundmark & Lamminen 2016).

URVAL AV PROVMATERIALET OCH METODIK

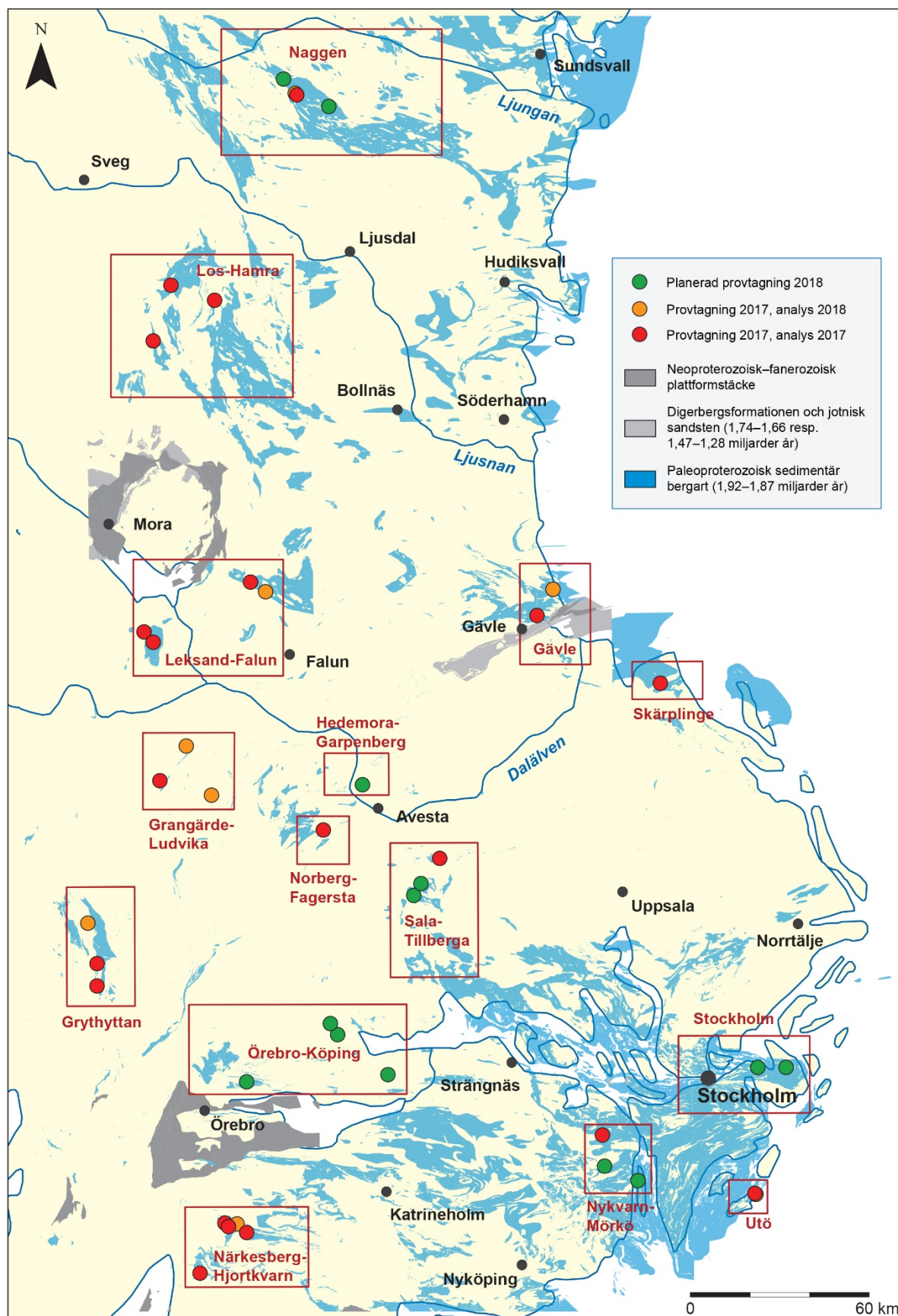
Undertecknad har ägnat två veckor under hösten 2017 för att samla in bergartsprover för proveniensstudier av paleoproterozoiska sedimentära bergarter i Bergslagen med omgivning. Provtagningsområdet sträcker sig från Naggen väster om Sundsvall i norr till Hjortkvarn i söder, och från Grythyttan i väst till Utö i öst (fig. 1).

Det har samlats in 29 prover vid 28 olika lokaler. Lokalerna har valts ut i förväg med utgångspunkt från berggrundskartdatabasen i skala 1:50 000 till 1:250 000 och databasen över berggrundsobservationer vid SGU. Vid urvalet har det beaktats att metamorfosgraden ska vara relativt låg, dessutom har det tagits hänsyn till kornstorleken som med undantag för Grythytteskiffern har varit finsand eller grövre. I ett första steg har femton områden (fig. 1) med lämpliga bergarter valts ut för vidare undersökning. I varje område har sedan ett antal lämpliga provtagningsplatser tagits fram med hjälp av berggrundsobservationsdatabasen (halldb) och fastighetskartan för lokalernas tillgänglighet. Dessutom har kartbladsbeskrivningar och relevant litteratur utnyttjats, speciellt för att få fram uppgifter om de stratigrafiska förhållandena i och mellan vissa områden. Vid fördelningen av provtagningspunkterna har det, om möjligt, tagits hänsyn till att få ett så brett spektrum över de sedimentära lagerföljderna som möjligt.

Vid varje provtagningsplats har det tagits separata prover för zirkonanalys, litokemisk analys och tunnslipstillverkning. Dessutom har provtagningsplatserna beskrivits enligt ”Bgdata”-modellen och foton har tagits av bergarterna på provtagningsställena.

Områden som inte har provtagits under hösten 2017 (Hedemora-Garpenberg, Örebro-Köping och Stockholm) planeras att provtas sommaren 2018. Kompletterande provtagning är också planerad i områdena Naggen, Sala-Tillberga och Nykvarn-Mörkö.

Proverna har skickats till De nationale geologiske undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) för analys av zirkoninnehållet med *Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry* (LA-ICP-MS).



Figur. 1. Sedimentära bergarter av olika åldrar i Bergslagen och omgivningen. Provtagningsområdena och -punkterna i de paleoproterozoiska, 1,92–1,87 miljarder år gamla, sedimentära bergarterna är markerade.

PROVTAGNINGSMRÅDEN OCH BERGARTER

Beskrivningen av provmaterialet i detta avsnitt baserar enbart på iakttagelser i fält. En enkel sammanställning av de provtagna bergarterna ges i tabell 1. Relevant information från tidigare kartering och litteratur har bifogats.

Tabell 1. Provtagna bergarter i de olika områdena.

Område	Bergart	Stratigrafiskt läge
Naggen	Arkosisk arenit	Naggengruppen
Los-Hamra	Kvartsarenit och kvartsit	Losformationen
Leksand-Falun	Kvartsarenit och arenit	Leksandsformationen
Leksand-Falun	Kvartsit	Ärtknubbsformationen
Gävle	Kvartsit-kvartsarenit	
Skärplinge	Arenit-kvartsarenit	
Grangärde-Ludvika	Gråvacka, kvartsarenit och vulkanit	
Norberg-Fagersta	Kvartsarenit-kvartsit	Igeltjärnsformationen
Sala-Tillberga	Kvartsarenit	
Grythyttan	Arenit, lerskiffer och kvartsit	Torrvarpenformationen
Närkesberg-Hjortkvarn	Gråvacka	Vintergölsformationen
Närkesberg-Hjortkvarn	Arenit	Närkesbergsformationen
Nykvarn-Mörkö	Paragnejs	
Utö	Arenit och gråvacka	

Naggen

I Naggenområdet längst i norr har det tagits två prover av en massiv, omkristalliserad, ljus gråbrun arkosisk arenit med kornstorlek fin- till mellansand. Båda proverna härstammar från ungefär samma stratigrafiska nivå. På grund av tidsbrist och pågående älgjakt i området kunde inte fler prover från olika stratigrafiska nivåer samlas in, men som nämnts ovan planeras kompletterande provtagning sommaren 2018.

Bergarten betecknas som Naggenarkos av Delin & Aaro (1994). Den ligger i en öppen synklinal-struktur ovanpå omgivande gråvackor, det vill säga den bildar den översta delen av den sedimentära sekvensen i Naggenområdet. Lundegårdh (1960) beskriver bergarterna i Naggenområdet under namnet Naggengruppen som ruditiska och arenitiska med vanligen välbevarade primära sedimentära strukturer. Omvandlingsgraden av de sedimentära bergarterna i Naggenområdet ökar starkt mot öster till migmatitiska (Lundegårdh 1967, Albrecht 2011). Enligt Lundegårdh (1960, 1967) bildades dessa bergarter genom frostvittring i ett kyligt klimat med efterföljande avlagring genom starka strömmar såsom floder. Lundqvist (1987) och Lundqvist m.fl. (1990) ansåg att bildningen av Naggenarkosen, och andra areniter och arkoser i södra Norrland förutsätter att ett granitiskt, arkeiskt eller proterozoiskt underlag i sydväst varit exponerat för erosion. Ett sådant underlag kunde dock inte identifieras i regionen.

Los-Hamra

De sedimentära bergarterna i Losområdet uppträder i en synklinal med argillitiska bergarter med inlagringar av arenit i botten, stratigrafiskt uppåt följda av kvartsit och kvartsarenit samt ryolit och basalt i synklinalens kärna (Lundqvist 1968, 1987; Delin & Aaro 2000). Metamorfosgraden i de argillitiska bergarterna varierar från grönskifferfacies till övre amfibolitfacies, ställvis förekommer även partiell uppsmältning med bildning av ådergnejs och migmatit.

Ett prov av en lagrad, ljus brungrå kvartsarenit med kornstorlek fin- till mellansand har tagits i närheten av Värmlandsströmmen i Voxnan. Provlokalen ligger i en inlagring av arenit i den argillitiska delen av lagerföljden. Vid den här lokalen överlagrar areniten den understa delen av argillitlagerföljden. Detta innebär att provet stammar från den undre till mellersta delen av den ovan nämnda synklinalen, det vill säga den undre till mellersta delen av Losformationen. I närheten av provlokalen togs tidigare ett prov, och detritiska zirkoner daterades för proveniensanalys av Claesson m.fl. (1993). De analyserade zirkonerna i det här provet ligger i åldersintervallet 1,89–1,82 miljarder år, inga arkeiska zirkoner observerades i provet.

Det andra provet i Los-Hamraområdet har tagits vid Karlsberg söder om Los i en lagrad, grå kvartsarenit med kornstorlek finsand och som uppvisar muskovit och sericit på lagringsytorna. Den här bergarten tillhör den kvartsit- och kvartsarenitenheten som överlagras av ryolit och följaktligen ligger överst i den sedimentära sekvensen av Losformationen.

Det tredje provet, en massiv, grå, mycket finkornig kvartsit, har tagits i närheten av Vässmasmägg vid Inlandsvägen. Provlokalen ligger i förekomsten av kvartsarenit och arenit mellan Noppikoski och Tandsjöborg. Denna förekomst överlagras av en ställvis ignimbritstrimmig ryolit (Lundqvist 1987) som vid Noppikoski har daterats till 1867 ± 9 miljoner år (Welin 1987).

Leksand-Falun

Vid både Fänriksbo och Fjällgrycksbo norr om Falun har det tagits ett prov av en massformig, omkristalliserad, tät, sprickig och ljus grå tät eller finkornig kvartsit (fig. 2) med sulfidmineral som uppträder som dissemination. Vid Fjällgrycksbo finns även intrusioner av en massformig, medel- till grovkornig, röd granit i kvartsiten. Kvartsiten tillhör Ärtknubbsformationen som överlagrar Marnäsformationen och därmed föreställer den översta delen i den sekvens av sedimentbergarter som underlagrar vulkanitsekvensen i Leksand-Falunområdet (Kresten & Aaro 1987b).



Figur 2. Massiv tät kvartsit. Fänriksbo, ca 10 km norr om Bjursås (6744231/524435). Foto: Benno Kathol.

Sydväst om Leksand finns en förekomst av kvartsareniter med inslag av konglomerat som av Kresten & Aaro (1987a) betecknas som Leksandsformationen och som enligt författarna överlagrar vulkanitsekvensen i Leksand-Falunområdet. I den sydöstra, undre delen av Leksandsformationen har söder om Balkbodarna ett prov tagits av en massiv, omkristalliserad, grå kvartsarenit med kornstorlek fin- till mellansand.

Det andra provet som tagits i Leksandsformationen stammar från en lagrad, omkristalliserad, mörkt grå arenit med kornstorlek fin- till mellansand. Provtagningslokalen vid Skallskog ligger i den nordvästra, övre delen av lagerföljden i Leksandsformationen.

Gävle

Den ena provtagningslokalen i Gävleområdet ligger i norra änden av en ca 250 m lång vägsränning av gamla E4 vid Persbacka norr om Gävle. Bergarten är en folierad, gnejsig och ådrad, grå kvartsit till kvartsarenit, den är omkristalliserad, mycket finkornig och innehåller upp till 1 cm stora granater (fig. 3). Den förekommer i en bergartssekvens som på berggrundskartan har markerats som metagråvacka (Bergman m.fl 2005), och som uppvisar en minimi-ålder genom en åldersbestämning av en intrusiv metagranodiorit som väster om Engesberg, ca 3,8 km nordost om provtagningslokalen gav en ålder på 1865 ± 14 miljoner år (Bergman m.fl. 2005).

Vid Eskörönningen nordost om Gävle har en folierad, gnejsig och ådrad, mörkt grå kvartsit till kvartsarenit provtagits. Bergarten är omkristalliserad och kornstorleken fin- till mellansand tolkas inte vara den primära kornstorleken. Bergarten innehåller granat och upp till 1 mm stora biotitflak. Även den här provtagningslokalen ligger i den ovan nämnda sekvens av metagråvacka.



Figur 3. Gnejsig kvartsarenit med granat. Vägsränning vid gamla E4, ca 2 km norr om Strömsbro (6733040/618922). Foto: Benno Kathol.

Skärplinge

Öster om Skärplinge finns det ett område där berggrunden består av dacit-ryolit, gråvacka och kvartsarenit i dess centrala del, där den senare provtagits i en flathäll vid Barknåre. Bergarten i hällen är en lagrad och veckad, omkristalliserad, mörkgrå arenit till kvartsarenit med kornstorlek finsand. Den innehåller ställvis tunna kvarts-fältspatådror som antingen är parallella med lagringen eller står vinkelrätt mot den. I det senare fallet är de veckade. Hällen består till största delen av pegmatit.

Grangärde-Ludvika

Norr om Norhyttan och vid Grangärdes Hästberg finns det vardera en mindre inlagring av sedimentära bergarter i en större lagerföljd av felsiska vulkaniter som sträcker sig från Skattlösberget i sydväst till Tuna-Hästberg i nordost. Inlagringen norr om Norhyttan består av lagrad och folierad, mörkgrå, omkristalliserad gråvacka med biotit i grundmassan och sericit på förskiffringsytorna. Andalusitporfyroblaster förekommer i bergarten i området (Ripa & Kübler 2005a). Enligt författarna är fältförhållandena mellan gråvackan och vulkaniterna oklara. Kornstorleken vid provtagningspunkten norr om Södra Gåstjärnen är finsand och det finns en växellagring i 2–5 cm-skala mellan ”finare” finsand och ”grövre” finsand.

I den norra delen av inlagringen vid Grangärdes Hästberg uppträder en massiv, omkristalliserad, grå kvartsarenit med kornstorlek mellan- till grovsand. Trots omkristalliseringen finns det primära strukturer bevarade; bergarten är dåligt sorterad med rundade till kantiga kvartskorn. Den har provtagits vid Lindbastmora norr om Grangärdes Hästberg. Enligt Ripa & Kübler (2005b) finns det fragment av vulkanit i kvartsareniten vilket visar att den överlagrar åtminstone en del av den vulkaniska sekvensen. Detta innebär sannolikt också att den här kvartsareniten inte kan korreleras med kvartsarenit till kvartsit i Larsboserien (Hjelmqvist 1938) från Solfallet vid Norberg (se nedan).

Vid Håksbergsgruvan norr om Ludvika förekommer en starkt deformerad, omkristalliserad, folierad och lagrad, mörkgrå till svart bergart (fig. 4a). På färsk yta ser den ut som en gråvacka, men på vittrad yta syns fältspatströkorn. Bergarten består av biotit och hornblände, kvarts saknas helt eller förekommer enbart underordnat. Detta utesluter troligen gråvacka eller sandsten som protolit. En kaliumhalt på ca 3 procent tyder på en intermediär sammansättning av bergarten. Sammanfattningsvis uppfattas bergarten som en vulkanoklastisk, intermediär vulkanit.

Det verkar så att de starkt förskiffrade, mörkt grå partierna ligger i en skjuvzon. Dessa partier uppvisar höga susceptibilitetsvärden. Ca 100 m sydväst om platsen med de starkt förskiffrade partierna uppvisar bergarten lagring samt 1–10 cm tjocka, lagringsparallella kvarts-fältspatådror och 1–10 cm stora kvarts-fältspatkörtlar. Här syns också fältspatströkorn som tyder på hela bergartssekvensens vulkaniska karaktär (fig. 4b). Provet har tagits i de starkt förskiffrade, mörkt grå partierna.



Figur 4. A. Starkt förskiffrad vulkanoklastit. **B.** Lagrad sekvens i vulkanoklastit med fältspatströkorn. Bilden är tagen mot nordväst. Håksberg, ca 5 km norr om Ludvika (6673448/511177). Foto: Benno Kathol.

Hedemora-Garpenberg

Ambros (1986) anger ett område med kvartsit som angränsar till ett större stråk av felsiska vulkaniter som sträcker sig från Dalälven till Garpenberg och längre mot nordost. På en senare berggrundskarta över Bergslagen (Stephens et al. 2007) är hela området markerat som felsisk vulkanit. Inga hållar enligt kartan och kartdatabasen vid Skinnarbo sydost om Grådö har hittats och inga prover har således tagits av denna bergart.

Norberg-Fagersta

Geijer (1936, 1967) beskrev två förekomster av kvartsit i området nordväst om Norberg. Han tolkade förekomsterna som basala lager i Larsboserien (Hjelmqvist 1938), vilken enligt honom överlagrar vulkanitsevensen. Denna åldersrelation reviderades sedan av Ambros (1986, 1988) som ansåg Larsboserien vara äldre än vulkaniterna i det här området. Detta stratigrafiska förhållande övertogs senare, och bevisades på andra ställen av Persson (1997) och Stephens m.fl. (2009).

Den södra kvartsitförekomsten är blottad i den vägsärning vid Solfallet varifrån Geijer (1967) beskrev ett ”järnsandslager” innehållande rikligt med magnetit och zirkon. I vägsärningen anstår en folierad, svagt deformerad, omkristalliserad, mörkgrå kvartsarenit till kvartsit med starkt varierande magnetisk susceptibilitet vinkelrätt mot foliationen som bedöms vara mer eller mindre parallell med lagringen. Provet härstammar från den högmagnetiska delen vars höga susceptibilitet troligen orsakas av magnetit i dissemination. Detritiska zirkoner från troligen samma vägsärning analyserades av Claesson m.fl. (1993), och provet innehöll både arkeiska och paleoproterozoiska zirkoner.

Sala-Tillberga

Vid Nötbo öster om Broddbo har ett prov tagits i en lagrad och folierad, omkristalliserad, grå kvartsarenit. Bergarten uppvisar korsskiktning, den är något sorterad, kornstorleken är finsand och partiklarna är kantavrundade (fig. 5). Flera uppåtbestämningar med hjälp av korsskiktning som gjorts i området (Persson 1997, egna observationer) visar att sedimentbergartssekvensen underlagrar vulkanitsekvensen i det här området. Provet är taget ganska nära toppen av den sedimentära lagerföljden i närheten till kontakten till vulkanitsekvensen.



Figur 5. Korsskiktning med erosionsyta i kvartsarenit. Bilden är tagen mot sydost. Öster om Broddbo, ca 9 km nordnordväst om Sala (6652242/587058). Foto: Benno Kathol.

En ryolit av den basala delen av den överlagrande vulkanitsekvensen daterades ca 70 m sydost om provtagningslokalen till 1906 ± 3 miljoner år (Stephens m.fl. 2009), vilket ger en minimi-ålder för kvartsareniten vid Broddbo.

Kvartsareniten vid Broddbo räknas till en sekvens markerad som gråvacka och som uppträder i mindre förekomster mellan Ludvika och Sala, och som traditionellt betecknats som Larsboserien (Hjelmqvist 1938) eller Larsboformationen (Strömberg & Nisca 1983).

Grythyttan

Alla tre proverna från Grythytteområdet härstammar från Torrvarpenformationen som representerar den översta formationen i grönskifferfaciesområdet enligt Lundström (1995), och som delas in i Hälgsnäsledet, bestående av skiffer, gråvacka och konglomerat, samt Grythyttanledet och Hälleforsledet, båda bestående av skiffer. Proverna har tagits i den enhet som av Lundström (1995) betecknades som Hälgsnäsledet, även om provet från vägs kärningen vid Torrvarpssund i det här projektet har bedömts vara skiffer som snarare tillhör Hälleforsledet eller Grythyttanledet. Torrvarpenformationen med Hälgsnäsledet som basal enhet överlagrar den siltstensdominerade Älgenformationen som i sin tur överlagrar Sångenformationen som för det mesta består av felsiska vulkaniter. Kontakterna mellan Sången-, Älgen- och Torrvarpenformationerna betecknades av Lundström (1995) som konkordanta, men på många håll strukturellt störda. En åldersbestämning av en ryolit i Älgenformationen, som gav en ålder på 1897 ± 6 miljoner år (Stephens m.fl. 2009) tolkades av författarna att representera slutfasen av den vulkaniska utvecklingen. Även om kontakten mellan Älgenformationen och Torrvarpenformationen i närheten av dateringslokalen är en deformationszon, anses åldern av den daterade ryoliten ge en maximi-ålder för sedimentbergarterna i Torrvarpenformationen.

Det nordligaste provet som har tagits i Hälgsnäsledet vid Lill-Sången norr om Hällefors är en folierad, omkristalliserad, grå arenit med kornstorlek silt till mycket fin sand.



Figur 6. Lerskiffer eller starkt deformerat konglomerat? Bilden är tagen mot sydsydost. Vägskärning, ca 2 km söder om Grythyttan (6616730/473282). Foto: Benno Kathol.

I en vägskärning på östra sidan vägen vid Torrvarpssund söder om Grythyttan har det provtagits en förskiffrad och linjerad, grå lerskiffer med kornstorlek lera till silt (fig. 6). Den utpräglade förskiffringen är i 1–10 mm-skala och det uppträder 1–5 cm långa, i foliationen utdragna karbonatlinser och 1–2 cm tjocka karbonatådror, som klipper förskiffringen. På berggrundskartan (Lundström 1991) är provområdet markerat som konglomerat i Hälgsnäsledet. Eftersom det inte har observerats några, om än utdragna konglomeratbollar, anses det här oklart om provlokalen ligger i Hälgsnäs-, Grythyttan- eller Hälleforsledet.

Det sydligaste provet i Grythyttanområdet är en folierad, omkristalliserad, tät, mörkgrå kvartsit med kornstorlek lera till silt. Den provtagna, mycket finkorniga kvartsiten föreställer egentligen grundmassan i ett matrixstött konglomerat med starkt utdragna klaster. Provlokalen ligger vid Yxhammarshöjden norr om Loka, och bergarten räknas till Hälgsnäsledet i Torrvarpen-formationen.

Närkesberg-Hjortkvarn

De paleoproterozoiska (svkofenniska) ytbergarterna i sydvästra Bergslagen, i området Närkesberg-Hjortkvarn, beskrevs i detalj av Wikström & Karis (1991), som urskiljde en Hjortkvarnsgrupp, bestående av den vulkaniska Igelforsformationen och den flodavsatta Grytformationen. Författarna ansåg inbördesrelationerna mellan de övriga ytbergartsförekomsterna för osäkra och beskrev dem därför per område utan en inbördes stratigrafi.

Kumpulainen m.fl. (1996) sammanfattade ytbergarterna i området under namnet Emmegruppen, en grupp som består av stora volymer av felsiska vulkaniska bergarter samt arkoser och gråvackor med kontinentalt ursprung. Ytbergarterna avsattes enligt författarna längs en aktiv kontinentalkant. Emmegruppen delas in i, räknat stratigrafiskt nerifrån, Igelforsformationen, Närkesbergsformationen motsvarande Grytformationen av Wikström & Karis (1991), de vulkaniska Mariedamms- och Godegårdsenheterna och överst Vintergölsformationen.



Figur 7. Graderad skiktning i arenit av Närkesbergsformationen. I bilden syns två sandiga baser i bilden, varav den övre ligger ca 2 cm ovanför pennan. Ca 7 cm ovanför den undre sandiga basen uppträder ett lager med belastningsmärken (load casts). Bilden är tagen mot sydväst. Mellan Siggetorp och Laggarfall, ca 1,7 km nordost om Närkesberg (6530485/515673). Foto: Benno Kathol.

Närkesbergsformationen är enligt Kumpulainen m.fl. (1996) ca 5 km mäktig och består till övervägande del av arkoser med kontinentalt ursprung, som avsattes i en fluvial miljö. Vintergölsformationen uppfattades däremot ha en annorlunda karaktär jämfört med de andra sedimentära bergarterna i Emmegruppen och tolkades som resultatet av turbiditiska avsättningar som representerar en snabb sättning av avlagringsområdet.

I Närkesbergsformationen har det tagits fem prover på fyra olika lokaler. Mellan Siggetorp och Laggarfall nordost om Närkesberg uppträder lagrad, omkristalliserad, grå arkosisk arenit som uppvisar korsskiktning, convolute bedding, belastningsmärken (load casts) och graderad skiktning (fig. 7). Kornstorleken är fin- till mellansand, och partiklarna är kantiga till kantavrundade, och bergarten är något sorterad. Uppåt i lagerföljden har bestämts som åt sydväst. På den här lokalen har det tagits två prover, ett från en lagrad del och det andra från ett något grovkornigare, mera massivt lager.

Provlokalen för det tredje provet ligger mellan Linnerud och Stensätter öster om Närkesberg. Bergarten där är en lagrad, omkristalliserad, grå arenit med kornstorleken finsand. Belastningsmärken (load casts) och graderad skiktning (fig. 8) tyder på att lagerföljden blir yngre åt sydväst. Provlokalerna vid Siggetorp-Laggarfall och Linnerud-Stensätter ligger i den undre delen av Närkesbergsformationen.

Två ytterligare prover har tagits väster om Haddebo mellan Rönneshytta och Hjortkvarn samt vid Lilla Fågelhult mellan Hjortkvarn och Grytstorp. Det första består av en lagrad och folierad, omkristalliserad, mörkgrå arenit med kornstorlek finsand, det andra av folierad, omkristalliserad, grå, mycket finkornig arenit.

En åldersbestämning av en subvulkanisk ryolit som intruderat vulkanitsekvensen i Igelforsformationen gav en ålder av 1901 ± 18 miljoner år, vilken kan betraktas som en minimi-ålder för Igelforsformationen. Det är dock oklart om liknande intrusioner är begränsade till Igelforsformationen eller om de också finns i den överlagrande Närkesbergsformationen.



Figur 8. Lagring och belastningsmärken (load casts) i arenit av Närkesbergsformationen. Uppåt i bilden och stratigrafin är mot sydväst. Mellan Linnerud och Stensätter, ca 2,7 km öster om Närkesberg (6529500/516869). Foto: Benno Kathol.



Figur 9. Gråvacka med växellagring av leriga-siltiga och sandiga lager av Vintergölsformationen. Provet är taget i det sandiga lagret till vänster om och parallellt med hammaren. Bilden är tagen mot nordost. Öster om Vintergölen, ca 6 km sydsydost om Zinkgruvan (6513731/507471). Foto: Benno Kathol.

Ett prov från Vintergölsformationen har tagits vid Grissjötorp nordväst om Godegård i en lagrad och folierad, omkristalliserad, grå gråvacka med kornstorlek fin- till mellansand. Vid provtagningspunkten förekommer en växellagring av sandiga och siltiga-leriga lager i dm-skala. Provet är taget i ett ca 15 cm tjockt sandigt lager (fig. 9). Provlokalen ligger i den lågmetamorfa delen av sedimentområdet Bredsjö, öster om Hökaförkastningen (Wikström & Karis 1991).

Nykvarn-Mörkö

Provområdet Nykvarn-Mörkö ligger i den västra delen av ett större område med sedimentära bergarter i sydöstra Bergslagen som uppvisar högre metamorfosgrad än de hittills beskrivna områdena med undantag för området Gävle. Sedimentbergarterna föreligger här som paragnejser eller metatexiter och ådergnejser. Vid Udden sydost om Nykvarn har det tagits ett prov av en folierad, omkristalliserad, mörkgrå, inte ådrad paragnejs som består till ca 50 procent av kvarts och 50 procent av biotit (fig. 10). Kvartskornen har kornstorlek finsand och biotitkornen mellansand. Det är dock tveksamt om det är originalkornstorlekar.



Figur 10. Paragnejs, bestående av ca 50 % kvarts och 50 % biotit. Vid Udden, ca 3,4 km sydost om Nykvarn (6559820/640941). Foto: Benno Kathol.

Utö

Även Utö ligger i det ovan nämnda större område av sedimentbergarter i sydöstra Bergslagen, men här i den östra delen är bergarterna betydligt bättre bevarade än i väst. Enligt Stålhös (1982) finns de bäst bevarade delarna av den sedimentära lagerföljden på nordöstra Utö. Gavelin m.fl. (1976) delade in denna lagerföljd i en enhet med gråvackor som uppvisar en växellagring i dm-skala av ljusa, sandiga lager och mörka, mera siltiga-leriga lager som innehåller rikligt med andalusit- och cordieritporfyroblaster. Gråvackorna följs åt nordväst av en enhet av arenit (Gavelin m.fl. 1976), men flera meter tjocka lager av massiv arenit förekommer även i gråvackesekvensen. Graderad skiktning i gråvackorna och korsskiktning i de överlagrande areniterna tyder på att lagerföljden blir yngre åt nordväst och att den överlagras av en sekvens av felsiska vulkaniter och kalksten (Gavelin m.fl. 1976, Stålhös 1982). En ignimbritisk ryolit av den överlagrande vulkanitsekvensen från Nasknäsudd ca 1,8 km nordost om provtagningsplatserna gav en bildningsålder av 1904 ± 4 miljoner år (Lundström m.fl. 1998), vilket blir en minimi-ålder för gråvackesekvensen. Utvecklingen från gråvackesedimentation över avsättning av tjockare arenitlager till bildning av ignimbritiska vulkaniter tolkades av Gavelin m.fl. (1976) och Lundström m.fl. (1998) som en övergång i avsättningsmiljön från djupt till grunt vatten.

I området har två prover tagits, ett vid ett gammalt värn på udden norr om Rävstavik och ett nedanför rastplatsen i slutet av stigen från Gruvbyn. Det första provet är en lagrad och folierad, omkristalliserad, grå arenit. Provet är taget från ett flera meter tjockt sandigt lager i gråvackesekvensen. Det andra provet togs i en lagrad och folierad, omkristalliserad, grå gråvacka med kornstorlek finsand. Provtagningsplatsen ligger nära kontakten till de överlagrande felsiska vulkaniterna.

REFERENSER

- Albrecht, L., 2011: Beskrivning till berggrundskartan 17G Ljungaverk. *Sveriges geologiska undersökning K 313*, 6 s.
- Ambros, M., 1986: Berggrundskartan 12G Avesta SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 153*.
- Ambros, M., 1988: Beskrivning till berggrundskartorna Avesta NV och SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 152, 153*, 84 s.
- Bergman, S., Karis, L. & Söderman, J., 2005: Berggrundskartan 13H Gävle NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 33*.
- Claesson, S., Huhmaa, H., Kinny, P.D. & Williams, I.S., 1993: Svecofennian detrital zircon ages – implications for the Precambrian evolution of the Baltic Shield. *Precambrian Research* 64, s. 109–130.
- Delin, H. & Aaro, S., 1994: Berggrundskartan 17F Ånge SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 83*.
- Delin, H. & Aaro, S., 2000: Berggrundskartan 15F Voxna NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 140*.
- Gavelin, S., Lundström, I. & Norström, S., 1976: Svecofennian stratigraphy on Utö, Stockholm archipelago. Correlation with Finland and Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 719*, 44 s.
- Geijer, P., 1936: Norbergs berggrund och malmfyndigheter. *Sveriges geologiska undersökning Ca 24*, 162 s.
- Geijer, P., 1967: The Precambrian quartzite in the Norberg district, central Sweden, and its iron-sand bed with some aspects of the evolution of the Fennoscandian supracrustals in central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 619*, 36 s.
- Hjelmqvist, S., 1938: Über Sedimentgesteine in der Leptitformation Mittelschwedens. Die sogenannte "Larsboserie". *Sveriges geologiska undersökning C 413*, 39 s.
- Kresten, P. & Aaro, S., 1987a: Berggrundskartan 13E Vansbro NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 13*.
- Kresten, P. & Aaro, S., 1987b: Berggrundskartan 13F Falun NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 16*.
- Kumpulainen, R.A., Mansfeld, J., Sundblad, K., Neymark, L. & Bergman, T., 1996: Stratigraphy, Age, and Sm-Nd Isotope Systematics of the Country Rocks to Zn-Pb Sulfide Deposits, Åmmeberg District, Sweden. *Economic Geology* 91, s. 1009–1021.
- Lundegårdh, P.H., 1960: The miogeosynclinal rocks of eastern central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 570*, 68 s.
- Lundegårdh, P.H., 1967: Berggrunden i Gävleborgs län. Med separat karta i två blad i skala 1:200 000 samt inhäftad karta i skala 1:75 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 22*, 303 s.

- Lundmark, A.M. & Lamminen, J., 2016: The provenance and setting of the Mesoproterozoic Dala Sandstone, western Sweden, and paleogeographic implications for southwestern Fennoscandia. *Precambrian Research* 275, s. 197–208.
- Lundqvist, T., 1968: Precambrian geology of the Los-Hamra region central Sweden. With one map. *Sveriges geologiska undersökning Ba 23*, 255 s.
- Lundqvist, T., 1987: Early Svecofennian Stratigraphy of Southern and Central Norrland, Sweden, and the Possible Existence of an Archaean Basement West of the Svecokareliides. *Precambrian Research* 35, s. 343–352.
- Lundqvist, T., Gee, D.G., Kumpulainen, R., Karis, L. & Kresten, P., 1990: Beskrivning till berggrundskartan över Västernorrlands län. *Sveriges geologiska undersökning Ba 31*, 429 s.
- Lundström, I., 1991: Berggrundskartan 11E Filipstad SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 177*.
- Lundström, I., 1995: Beskrivning till berggrundskartorna Filipstad SO och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 177*, 185, 218 s.
- Lundström, I., Allen, R.L., Persson, P.-O. & Ripa, M., 1998: Stratigraphies and depositional ages of Svecofennian, Paleoproterozoic metavolcanic rocks in E. Svealand and Bergslagen, south central Sweden. *GFF* 120, s. 315–320.
- Persson, L., 1997: Beskrivning till berggrundskartorna Avesta SO och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 189*, 197, 69 s.
- Ripa, M. & Kübler, L., 2005a: Berggrundskartan 12E Säfsnäs NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 29*.
- Ripa, M. & Kübler, L., 2005b: Berggrundskartan 13F Ludvika NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 30*.
- Stephens, M.B. & Andersson, J., 2015: Migmatization related to mafic underplating and intra- or back-arc spreading above a subduction boundary in a 2.0–1.8 Ga accretionary orogen, Sweden. *Precambrian Research* 264, s. 235–257.
- Stephens, M.B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 2007: Regionala geologiska och geofysiska kartor över Bergslagen med omgivning: Berggrundskarta. *Sveriges geologiska undersökning Ba 58:1*.
- Stephens, M.B., Ripa, M., Lundström, I., Persson, L., Bergman, T., Ahl, M., Wahlgren, C.-H., Persson, P.-O. & Wickström, L., 2009: Synthesis of the bedrock geology in the Bergslagen region, Fennoscandian Shield, south-central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ba 58*, 259 s.
- Strömberg, A.G.B. & Nisca, D., 1983: Beskrivning till berggrundskartan Ludvika SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 128*, 99 s.
- Stålhös, G., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NO/SO. Utö med omgivande skärgård. *Sveriges geologiska undersökning Af 138*, 124 s.

Sultan, L., Claesson, S. & Plink-Björklund, P., 2005: Proterozoic and Archaean ages of detrital zircon from the Palaeoproterozoic Västervik Basin, SE Sweden: Implications for provenance and timing of deposition. *GFF* 127, s. 17–24.

Welin, E., 1987: The depositional evolution of the Svecofennian supracrustal sequence in Finland and Sweden. *Precambrian Research* 35, s. 95–113.

Wikström, A. & Karis, L., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Finspång NO, SO, NV, SV. *Sveriges geologiska undersökning Af* 162–165, 216 s.