Stockholm University

Bachelor Thesis

Degree Project in Geology 15 hp

Tryck- och temperaturbestämning av metamorfosen hos metasediment i Vetlandagruppen, Småland

Felix Makowsky

Stockholm 2013

Department of Geological Sciences
Stockholm University
SE-106 91 Stockholm

Tryck- och temperaturbestämning av metamorfosen hos metasediment i Vetlandagruppen, Småland

Sammandrag

Detta arbete är del av *Metamorphic map of Sweden*, ett samarbete mellan Institutionen för geologiska vetenskaper och Sveriges Geologiska undersökning , lett av Alasdair Skelton. Syftet med detta nationella projekt är att sammanställa tryck- och temperaturvärden för bergarter från hela Sverige för att få bättre överblick över Sveriges metamorfa historia.

Kartering och provtagning har genomförts i ett området väster om samhället Vetlanda, centrala Småland, i syfte att bestämma tryck- och temperaturförhållanden för metamorfosen i området. Granatförande metasediment ur Vetlandagruppen, vilken är en del av Oskarshamn-Jönköpingbältet, har legat till grund för projektet, där mikroskopi, elektronmikrosondanalys ("EMPA") samt beräkningar i mjukvarorna AX och THERMOCALC har gett P/T-uppskattningar på 604±15◦C och 3.5±0.5Kbar, baserat på ett vägt medelvärde av 12 tryck-/temperatur-bestämningar, motsvarande amfibolitfacies.

Det undetsökta området utgörs till stor del av metasediment, med enstaka magmatiska stråk av kvartsrika bergarter och kalciumrika epidotbärande band. En regional NV-V foliation är genomgående i området, som har en simpel strukturgeologi utan vare sig utmärkande förkastningar eller veck. Euhedrala granater med manganrik kärna och nedbrutna andalusitkristaller pekar på en bevarad prograd metamorf utveckling.

Detta indikerar att Oskarshamn-Jönköpingbältet har påverkats av en metamorf händelse som inte finns hos kringliggande bergarter tillhörande det Transskandinaviska Magmatiska Bältet och bör således betraktas som en separat enhet, sett ur ett petrogenetiskt perspektiv.

Abstract

This work is part of a national project called *Metamorphic map of Sweden*, with the goal to create a regional database of P/T-estimations to get a better overview of Sweden's metamorphic history. *Metamorphic map of Sweden* is a collaborative project between Sveriges Geologiska undersökning (Geological survey of Sweden) and the Department of Geological Sciences at Stockholm University, led by Alasdair Skelton.

Mapping and sampling has been performed in an area west of the city of Vetlanda in order to constrain pressure- and temperature conditions of metamorphism. The project has focused on garnet-bearing metasediment of the Vetlanda-supergroup, part of the Oskarshamn-Jönköping belt. Microscopy, analysis with electron microprobe and calculations with the software's AX and ThermoCalc have given pressure-/temperature-estimates of 604±15°C and 3.5±0.5Kbar. This is based on the weighted mean of 12 different P/T-estimations and places the rock in the amphibolite-facies, which is consistent with presence of andalusite in some of the samples.

The mapped area consists of mostly metasediment, with minor igneous rocks and epidote-bearing calcic belts. A regional foliation, striking N-NW, is apparent in an otherwise very simple area, structure-wise, devoid of any faults or folds. Euhedral garnet crystals with a manganese-rich core and broken down andalusite points toward a prograde metamorphic history.

This indicates that the Oskarshamn-Jönköping belt have been affected by a metamorphic event which has not been recorded in the surrounding TIB-rocks (Transscandinavian igneous belt), and should, therefore, be classed as a separate unit from a petrogenetic point of view.

Innehållsförteckning

Sammandrag 1
Abstract 2
Inledning 4
Syfte 4
Allmänt om Sveriges berggrund 4
Vetlandaområdet 7
Metod 7
Kartering 8
Provtagning 11
Tunnslip 11
Analys 11
Resultat 12
Kartering 12
Berggrundstolkning 13
Bergartsbeskrivning 15
Tunnslip 17
EMPA 21
Tryck- och temperaturuppskattning 21
Felkällor 23
Diskussion 23
Sammanfattning 26
Tack till 26
Källor 26
Artiklar 26
Appendix 29

Inledning

Syfte

I detta arbete har ett område väster om samhället Vetlanda (se Figur 1.) karterats och provtagits i syfte att ta reda på vilket tryck och temperatur som påverkat metasedimenten i området. Detta är del av ett större projekt, *Metamorphic Map of Sweden,* som är finansierat av Sverige geologiska undersökning (SGU) och lett av professor Alasdair Skelton. Projektets syfte är att sammanställa tryck- och temperaturförhållanden som gällt under bildandet av Sveriges berggrund.

Utöver detta mer vidsträckta mål ämnar denna uppsats även svara på huruvida metasedimenten i Vetlandagruppen har omvandlats av en regional, metamorf händelse, relaterat till den Svekofenniska orogenesen, eller en termal händelse, relaterat till intrusionen av det Transskandinaviska Magmatiska Bältet .

Figur 1. Karta över Sverige. Den röda pricken markerar Vetlanda, området där projektet genomfördes.

Allmänt om Sveriges berggrund

Sverige ligger i den Baltiska skölden och berggrunden kan delas in i ett antal större provinser. En generell trend med de äldsta bergarterna i nordöst och de yngsta i syd-sydväst förekommer (Gaál & Gorbatschev, 1987).

Längst upp i de norra delarna av Skandinavien finns den så kallade Arkeiska provinsen, som är daterad till 2.6-2.8 Ga. Enbart en liten utstickare från denna provins förekommer inom Sveriges gränser. Kraftigt omvandlade granitoider och andra intrusiva felsiska till intermediära bergarter är dominerande i denna provins (Lundqvist, J. Lundqvist, T. & Lindström, 2011).

Därefter råder det viss oenighet gällande både namngivning och omfattning av nästkommande provins.

Gaál & Gorbatschev (1987), samt Högdahl et al. (2004), förespråkar att följande provins, som sträcker sig från Boden i norr, ner till norra delen av Östergötaland, bör gå under namnet Svekofenniska domänen. Motiveringen för detta är att majoriteten av bergartena i området skulle, enligt datering och geologiska tolkningar, vara bildade under den Svekofenniska orogenesen (aktiv ca 1.88-186 Ga, bergarter omvandlade 1.85-1.78 Ga), vilket då exkluderar berggrund av karelskt ursprung, som är daterad till äldre än 2.0 Ga (Högdahl et al., 2004). Även stora delar av Finland täcks av denna domän. En alternativ namngivning är att kalla motsvarande område Svekokarelska provinsen, med den Svekofenniska provinsen som underordnad delprovins (Lundqvist et al., 2011). Enligt den senare namngivningen motsvarar "Svekofennisk" berggrund enbart bergarter äldre än 1.87 Ga (Wahlgren, Bergman, Lundström & Stephens, 1996). I denna uppsats kommer för enkelhets skull begreppet "Svekofenniska domänen" användas för att beskriva denna grupp.

Trolig bildningsmiljö för detta område är ett flertal öbågar och vulkanbågar som tryckts samman till en större enhet (Nironen, 1997), där det malmrika Skelleftefältet är i synnerhet utmärkande (Vivallo & Willdén, 1988).

Längs den västra och sydvästra kanten av Svekofenniska domänen ligger en serie extrusiva och intrusiva magmatiska enheter, i regel subalkalina ryoliter och daciter, av I- ("Igneous", magmatisk) eller A-(Anorogen) typ (Mansfeld, 1996; Gorbatschev, 2004), som tillsammans med underordnade bergarter bildar det Transskandinaviska Magmatiska Bältet (TMB). Längre norrut är bältet fläckvis blottad, dels som intrusioner i den Svekofenniska domänen, dels som underliggande berggrund under bergskedjan Skanderna (Figur 2). TMB sträcker sig vidare mot sydöst under Öland, men inga entydiga spår av TMB har funnits i borrkärnor från Gotlands prekambriska berggrund, vilket tyder på att bältet viker av söderut någonstans mellan Gotlands södra udde och Ölands norra udde (Sundblad, Gyllencreutz & Flodén, 1998). Undersökningar har gjorts för att försöka finna TMB:s östra och sydöstra gräns, men inga konkreta bevis för vart denna gräns är belägen har ännu funnits, varken under Östersjön eller i Baltikum (Fig. 1 i Skridlaite & Motuza, 2001).

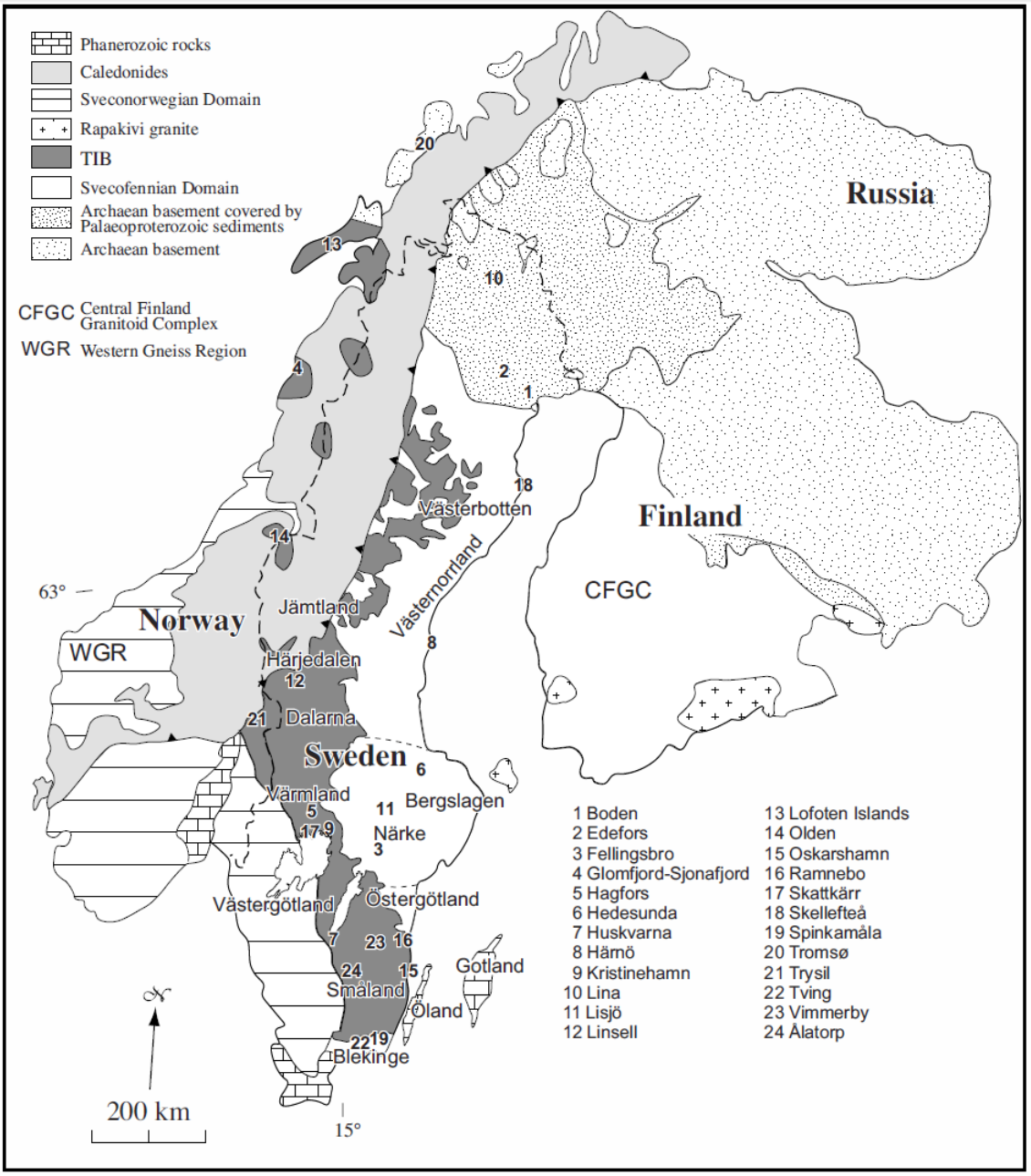
Baserat på litologiska skillnader och tektonik kan TMB delas in i tre regioner: Småland-Värmlandbältet (SVB) i de södra och västra delarna, Rätanbatoliten i mitten av Sverige samt Dalaprovinsen mellan de två tidigare nämnda regionerna. Revsundsgranitioden längre upp i norr har även räknats in i TMB av vissa författare (Gorbatschev, 2004). Det spekuleras huruvida en koppling mellan TMB och granitoider i norra Norge kan göras, och om TMB i sådanna fall sträcker sig betydlig längre norrut än vad som tidigare antagits (Andresen, 1980).

Åldern på bergarterna i TMB varierar mellan 1.67- 1.81 Ga. Tre generationer av magmatism har identifierats i området (ålder i miljarder år): TMB1:1.76-1.81, TMB2:1.69-1.71 samt TMB3: 1.65-1.67 (Larson & Berglund, 1992). Senare forskning indikerar att TMB2 och TMB3 kan ha bildats under en kontinuerlig process, så förslag att sänka minimiåldern för TMB2 till 1.65 och ta bort TMB3 som koncept har föreslagits av Högdahl et al. (2004). En fjärde generation, TMB0, med åldern 1.84-1.86 Ga, har även förordats (Persson & Wikström, 1993; Högdahl & Sjöström, 2001). Denna generation smältor, TMB0, kan markera övergången från en orogen kollisionzon till postorogen extension, där den senare processen skulle ge upphov till de yngre generationerna smältor i TMB (Ahl, Bergman, Bergström, Eliasson, Ripa & Weihed, 2001). Den äldsta delen av TMB ligger generellt sett vid kontakten till den Svekofenniska domänen.

Blekingedelen av det som Lundqvist et al. (2011) har valt att kalla Blekinge-Bornholmprovinsen, och som vanligtvis räknas in som en av Sveriges mindre geologiska enheter, är omdebatterad. Då Lundqvist pekar på att området skiljer sig från TMB genom en betydligt tunnare skorpa och är avskuren från övriga TMB-bargerter genom Småland-Blekinge-deformationszonen, menar istället Kornfält (1996) samt Johansson et al. (2006) att berggrunden i Blekingetrakten kan tolkas som en sydlig fortsättning av TMB, ej påverkad av den Svekonorvegiska orogenesen. Bland annat geokemisk likhet, med profyrer och granitoider som påvisar subduktionszonskaraktär, och närliggande åldersbestämning på 1.75-1.77 Ga talar för den senare klassificeringen.

Längst i sydväst finns den Sydvästskandinaviska provinsen, bestående till stor del av mer eller mindre kraftigt metamorfoserad, ibland helt uppsmält och omkristalliserad, berggrund med en ålder mellan 0.9-1.15 Ga (Lundqvist et al., 2011). I och med att detta område, som även täcker stora delar av sydvästra Norge, i regel begränsas av den svekonorvegiska orogens utbredning och påverkan, kan området även gå under namnet Svekonorvegiska domänen (Figur 2). Den geologiska utvecklingen i

Sydvästskandinaviska provinsen är yngre och inte relevant för syftet med detta arbete och kommer därför inte att behandlas vidare.



Figur 2. Geologisk karta över Skandinavien. Det undersökta området ligger mellan punkt 7, 23 och 24. Karta tagen från *The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution*, se Högdahl, Andersson & Eklund, 2004, Fig.1.

Vetlandaområdet

Under andra halvan av 1900-talet identifierades ett bälte mellan Oskarshamn och Jönköping, i Småland-Värmlandsbältet, som avviker från övrigt bergarter i TMB, både litologiskt och geokronologiskt (Åberg, 1978). Åldersbestämning av bergarter från detta område visar att Oskarshamns-Jönköpingbälte (OJB: Mansfeld, 1996), som området döpts till, har bildats ungefär 10-20 miljoner år tidigare än kringliggande porfyrer och granitoider i SVB; 1.82-1.83 Ga för OJB jämfört med 1.80 Ga för närliggande porfyrer (Mansfeld, 1996; Mansfeld et al., 2005). Isotopanalys, bland annat med hjälp av Sm-Nd och U-Pb, av material från OJB pekar på att bergarterna avsattes i en juvenil öbåge (Mansfeld, Beunk, & Barling, 2005) medan en rent geokemisk analys pekar på en mer utvecklad öbågemiljö, alternativt deponering i en kontinental vulkanbåge, likt det vi idag finner i bland annat Anderna (Åhäll, Connelly & Brewer, 2002). Detta skiljer även OJB från SVB, som har tolkats som resultatet av krustal extension (Ahl et al., 2001). Oberoende på exakt vilken depositionsmiljö som bildat OJB så verkar större delen av området söder och sydväst om Bergslagen vara uppbyggt av flertalet sammanslagna litologiska bälten, med de äldsta i de norra delarna och de yngsta mot söder (Beunk & Page, 2001).

OJB utgörs av Vetlandagruppen, bestående av metasediment (arkos och konglomerat, i huvudsak) samt extrusiva magmatiska bergarter (Röshoff, 1975). Även intrusiva bergarter med varierande kvartshalt förekommer, där tonaliter är den dominerade varianten (Persson, 1985). I Fröderyd, vid den sydvästra gränsen av OJB, finns en mafisk, extrusiv enhet med MORB-karaktär, vilken kan tolkas som resultatet av antingen en back-arc rift eller magmatism i en fore-arc-miljö, om man sätter det i relation till övriga bergarter i OJB (Sundblad, Mansfeld & Särkinen, 1997; Mansfeld et al., 2005). Sundblad et al. (1998) nämner att borrkärnor från den sydvästra delen av Gotlands prekambriska berggrund kan potentiellt korrelleras med OJB, men det är högst spekulativt.

Metod

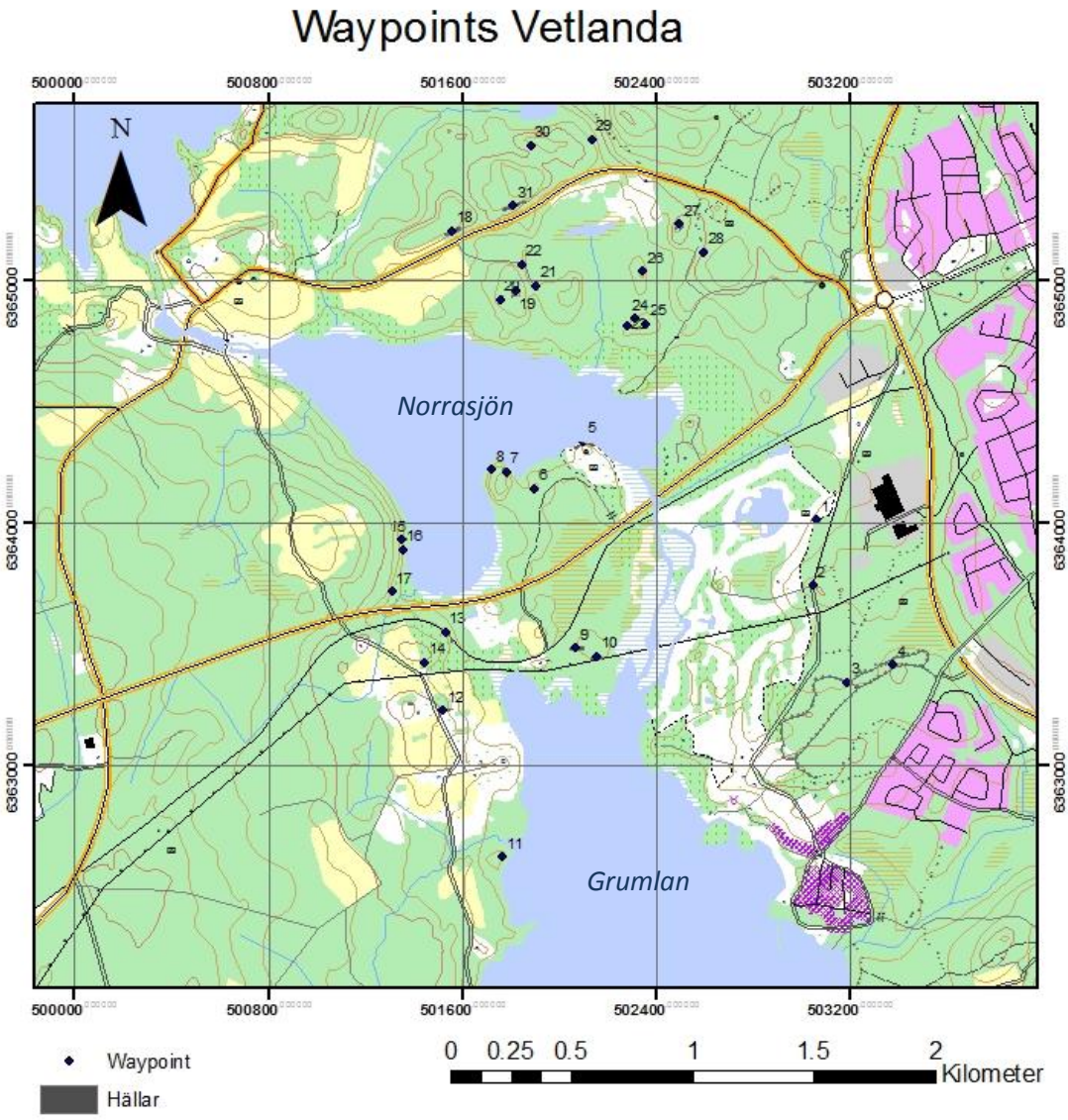
Kartering

Mellan den 20/8 och 28/8, 2013, genomfördes fältarbete i ett begränsat område väster om Vetlanda, Småland. Inledande två dagar användes för att få en bättre uppfattning om den regionala geologin, genom besök av lokaler med för området typiska bergarter. Ett antal historiska gruvor undersöktes även, i syfte att få en större bredd gällande mer ovanliga bergarter och mineral som finns i OJB.

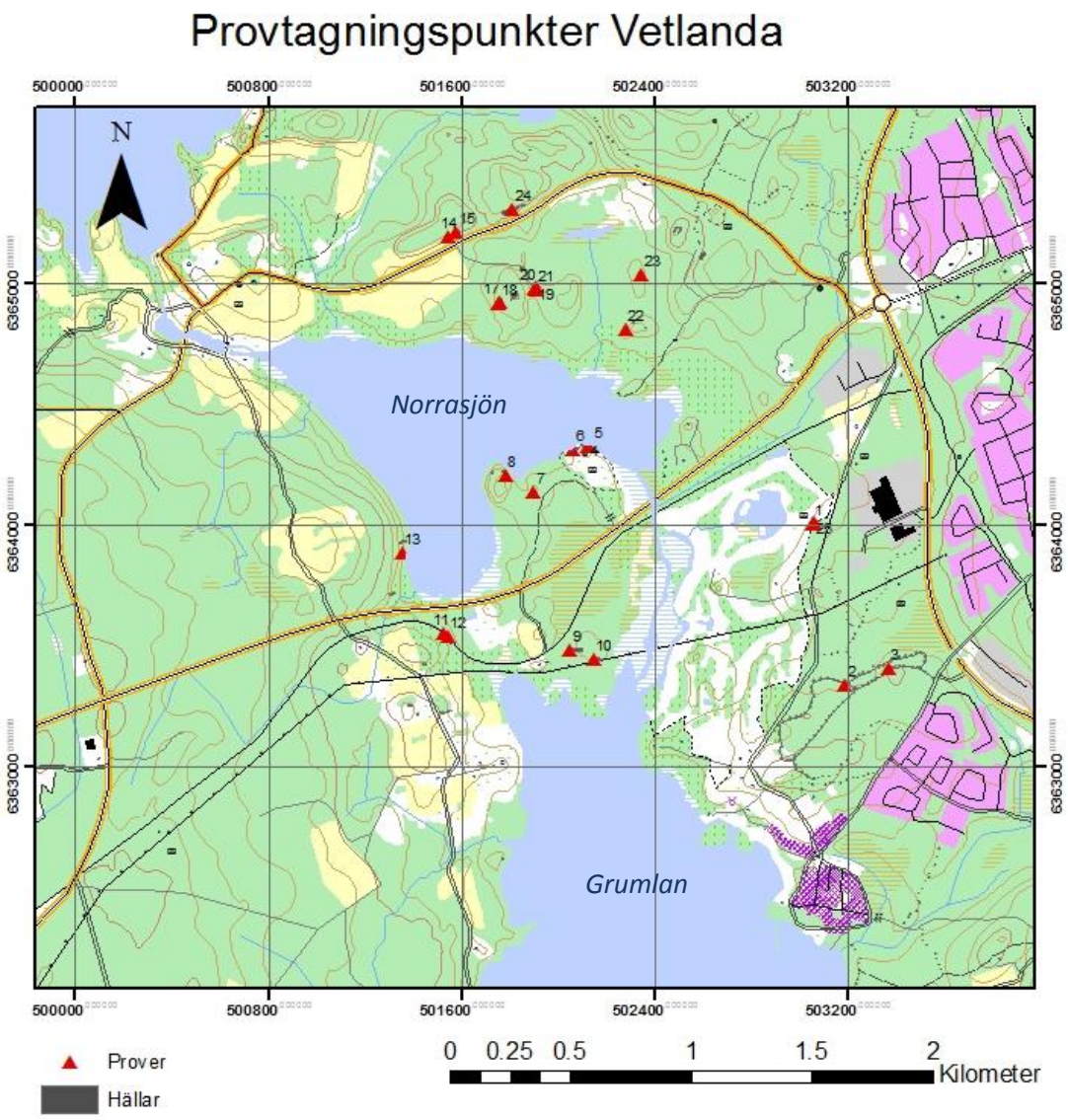
Då medhavd GPS fick ett allvarligt fel innan själva karteringen påbörjades har orientering och lokalisering gjorts med hjälp av karta och kompass. Samtliga kartor, både papperskartor i fält och digitaliserad tolkningar, är baserade på referenssystemet SWEREF 99.

Enligt SGU:s berggrundskarta från år 1989 skall ett band av metasediment med granater förekomma strax söder om väg 127, väster om samhället Vetlanda och öster om Vetlandavägen (Persson, 1989). Detta område prioriterades under karteringen, vartefter arbetet flyttades norrut. Områden med stora höjdskillnader användes som utgångspunkt för kartläggning, då väl exponerade hällar förekom oftare på dessa platser, vartefter mer flacka områden undersöktes med hjälp av transekter. Ett litet område strax nordväst om Lindåsasjön undersöktes även (Figur 3), då SGU hade rapporterat förekomsten av granater i detta område.

Sammanställning och visuallisering av inhämtad data gjordes i ArcGIS 10.3 med hjälp av ArcMap och ArcCataloge. Även berggrundstolkning gjordes med hjälp av dessa program. Kartdata som användes som bakgrund inhämtades från Lantmäteriet. För hantering och bearbetning av data användes Google Spreadsheets, för enkel åtkomst från olika datorer.



Figur 3. Karta över området väster om samhället Vetlanda. ”Waypoints” markerar platser där fältnoteringar har gjorts. Denna karta, med tillhörnade gridnät, samt provtagningskartan och berggrundstolkningen, är baserade på referenssystemet SWEREF99.



Figur 4. Karta över området väster om samhället Vetlanda med provtagningspunkter utmarkerade. De utmarkerade siffrorna motsvarar provtagningsnummret.

Provtagning

Med hjälp av en geologhammare av finsk modell, samt kil, insamlades sammanlagt 24 stuffer (Figur 4, Appendix: Tabell 2). I första hand provtogs hällar av metasediment, då dessa var fokus för arbetet, men även magmatiska hällar provtogs, för att täcka så stor del av bergarterna som möjligt. I den mån det var möjligt undveks vittrade hällar, för att få så representativa stuffer som möjligt, fria från sekundär omvandling. Då transportmedel, i form av hyrbil, fanns tillgänglig, var vikt inget problem, varför stuffer något större än rekommendationerna (lite större än en knuten näve), togs. Motivering för detta var att öka chansen att finna metamorfa mineral i stufferna för vidare analys. Prover märktes upp i fält och denna märkning förtydligades med korrigeringsvätska och märkpenna i slutet av varje fältdag.

Tunnslip

Av 24 stuffer valdes 10 ut för tunnslipstillverkning (Appendix: Tabell 4). I första hand valdes prover med synliga metamorfa mineral, men även stuffer med stor mineralogisk variation och avvikande texturer valdes. Proverna sågades till med diamantsåg till 35*20*12 mm rätblock, varpå de polerades med kiselkarbidkorn av grovheten 78.0 µm (gritnummer 180), i syfte att få bort spår från sågningen samt ta bort eventuella föroreningar. För att få så användabara tunnslip som möjligt sågades proverna tvärs mot foliationen och längs med den tydligaste lineationen, i den mån lineation var synlig. Proverna sändes iväg till Vancouver Petrographics Ltd för tillverkning av tunnslip med en tjocklek på 30 µm.

Analys

Mikroskopi

Mikroskopering av tunnslipen gjordes med hjälp av ett mikroskop av modellen Leica DM LSP. Polariserat och korspolariserat ljus användes för identifiering av majoriteten av de transparenta mineralen. Arbetet gjordes i första hand för att få en ungefärlig uppfattning av bergarternas sammansättning, samt för att identifiera och markera områden som är intressanta för vidare analys i elektronmikroskop (EMPA). Reflekterat ljus användes enbart för att skilja mellan olika oxider och var inte av hög prioritet för detta projekt.

EMPA

Analys med hjälp av EMPA (eng. “Electron Microprobe Analysis”, elektronmikrosondanalys) genomfördes vid Geocentrum, Uppsala Universitet. Instrumentet som användes var en Jeol Hyperprobe ZXA-8530F. Sammanlagd 3 tunnslip (FMP12, FMP21 och FMP25) undersöktes med denna metod. Innan analys genomfördes applicerades ett tunt lager kol på tunnslipen, något som gjordes i en särskild vakuumbehållare under kontrollerade former för att en viss tjocklek hos kolskiktet skulle uppnås. Syftet med denna process är att “jorda” proverna, och på så vis avleda elektroner och förindra uppladdning under analysprocessen, något som inte vore nödvändigt om slipen i sig kunde agera strömledare. Fokus för analysen lades på två prover med välbevarade granater (FMP12, FMP25, se Figur 3), då granatsammansättningen är en viktig komponent i geotermometriberäkningarna.

För att effektivisera analysprocessen hade tunnslipskartor, med utmarkerade intressanta områden, skapats. Även bilder tagna med hjälp av mikroskop användes för att kunna identifiera enskilda mineral, exempelvis granat, enbart med hjälp av kristallform i slipet.

EMPA är en nästintill icke-destruktiv analysmetod där fasta prover bombarderas med elektroner, vilket får elektronerna i atomerna i provet att bli exciterade och flytta längre ifrån kärnan. När elektronerna sedan faller tillbaka till sin ursprungliga bana frigörs en viss mängd energi, specifikt för

varje grundämne, i form av röntgenstrålning. Genom att analysera våglängd, och således även mängden frigjord energi, kan enskilda grundämnen identifieras. Detta görs genom att stålarna får passera igenom kristaller med specifika refraktionsegenskaper. Elementens relativa koncentration kan även uppskattas, genom jämförelse av intensiteten hos strålarna som avges från provet och intensiteten hos strålarna från ett prov med en sedan tidigare känd sammansättning (Reed, 2005).

Geotermometri och geobarometri

Teorin bakom geotermometri och geobarometri bygger på att mineral inkorporerar snarlika grundämnen i olika utsträckning beroende på vilket tryck- och temperaturförhållande som råder under bildningsprocessen. Tack vare empiriska undersökningar, till exempel på granat och biotit av Ferry & Spear (1978), finns formler tillgängliga för att översätta just [Mg/Fe] i granat och biotit till bildningstemperatur för mineralen. För att begränsa spannet av möjliga förhållanden ytterligare kan fler mineralfaser mätas, men även fler distributationsförhållanden, så som [Na/Ca] i plagioklas, bör inkluderas i beräkningarna för optimalt resultat.

För uppskattning av bildningstryck och temperatur användes programvarorna AX och THERMOCALC.

AX är ett beräkningsprogram, framtaget av Tim Holland, som beräknar aktiviteten hos olika mineral, exempelvis anortit-albit i plagioklas, beroende på den kemiska sammansättningen av mineral undersökta i exempelvis EMPA. Resultaten från dessa beräkningar kan sedan användas vidare, i bland annat THERMOCALC.

THERMOCALC är ett program skrivet av Roger Powell och Tim Holland. Programmet bygger på en databas som även den är framtagen av Powell och Holland, och innehåller nödvändig information för bland annat termodynamiska beräkningar och distributionsfördelning i mineral under olika tryck- och temperaturförhållanden (Holland & Powell, 1998). Med THERMOCALC kan bland annat grundvärden för fasdiagram räknas ut, ungefärliga tryck/temperaturförhållanden samt samtliga reaktioner mellan två mineral redogöras.

Resultat

Kartering

Större delen av det karterade området består av granskog, kalhyggen och kulturlandskap (bland annat en golfbana), i vilket exponerade hällar tyvärr inte är vanligt förekommande. En hel del sumpmark, i synnerhet i området mellan Norrasjön och Grumlan, förekommer även. Utbyggnaden av samhället Vetlanda har troligtvis minskat mängden exponerade hällar sedan1980-talet då senaste den karteringen genomfördes i området. Hällar som blev exponerade när nya vägar och tomter förbereddes har i dagens läge vuxit över, ofta nästan helt. I enskilda fall kunde en närmare studie av väl exponerade hällar ej göras med hänsyn till de boskap som betar i trakten (WPT12, se Figur 3).

Sammanlagt har 31 hällobservationer gjorts (Figur 3 , Appendix: Tabell 2). Uppskattningsvis täcker ytan karterad häll <1 % av den totala ytan karterat område. Området norr om Norrasjön, på båda sidor av väg 202, är betydligt rikare på häll. Detta innebär att interpolering mellan observationspunkter är betydligt säkrare i detta område.

Dominerade bergart i det karterade området är metasediment, med totalt 19 observationen. Strax norr om väg 202 tar felsiska, magmatiska bergarter över, med en oklar kontaktzon (Figur 5). I närheten av denna kontakt påträffas flertalet svärmar av kvartsgångar. Partier där konglomeratklaster är tydligt synliga i metasediment förekommer på flera platser i området (7 observationer). I de norra delarna kan smala partier med klaster spåras mellan flera separata hällar genom interpolering, i huvudsak längs foliationens riktning. En tydlig epidotomvandling, som stryker längs med folitationen, förekommer även i smala band strax söder om kontaktzonen (WPT19-21, WPT27 och WPT28, Figur 3 samt ”Epidotband” i Figur 5). Dessa band verkar vara begränsade till de klastförande delarna av hällen, även om ingen direkt koppling mellan klaster och epidot är synlig i fält. Svärmar av kvartsgångar, samtliga med unison strykning, som är subparallella till foliationen, förekommer även i metasedimenten närmare den magmatiska kontakten.

En regional foliation är tydlig i nästan samtliga metasediment. Strykningen ligger, med ett fåtal avvikelser, mellan NV-V. Stupningen varierar mellan 35 och 90 grader, dock är 70-90 grader vanligast förekommande (Appendix: Tabell 2).

Berggrundstolkning

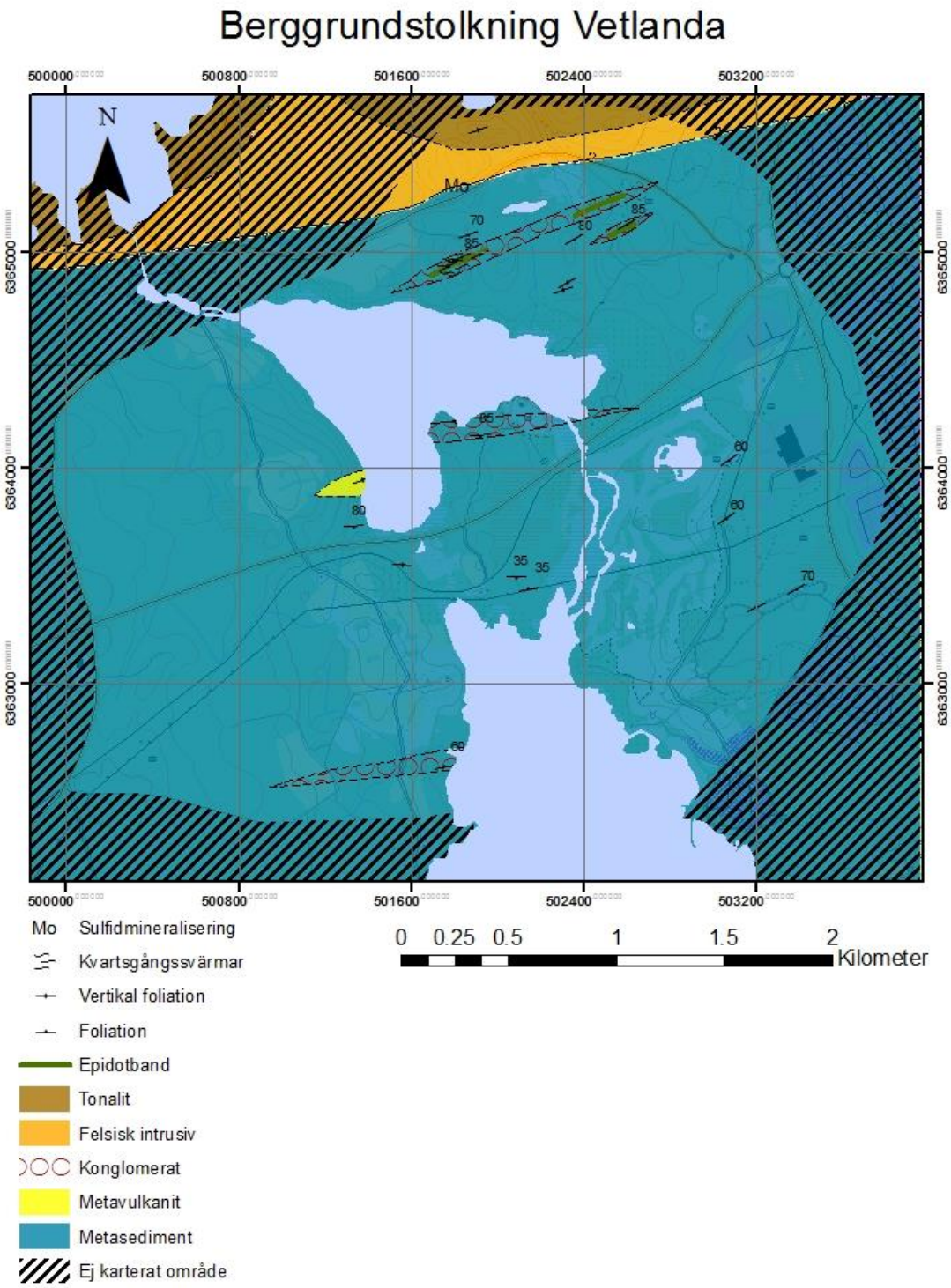
För att kunna extra- och interpolera berggrunden mellan och utanför de observerade hällarna har ett antal antaganden gjorts:

-De allmänna geologiska dragen, alltså kropparnas utformning och tendenser, följer den regionala foliationen (antagen som S1).

-SGU:s berggrundskarta över området (Af nr 170, Berggrundskartan, 6 F VETLANDA SV) är något så när riktigt och kan användas i områden där ingen kartering har gjorts för detta projekt.

-Inga större, ej upptäckta strukturella formationer skär igenom området och förskjuter på så vis de geologiska kropparna i förhållande till varandra.

Ingen av de metavulkaniska kroppar som Persson (1989) har beskrivit i vid Grumlans norra kant har kunnat identifierats i fält, varför dessa har exkluderats ur denna berggrundstolkning. Dock har en annan kropp av vulkaniskt ursprung noterats vid Norrasjöns sydvästra strand, strax norr om väg 27 (Figur 5). Tonaliternas utbredning i norr tränger längre söderut in i metavulkaniten än vad som tidigare indikerats, men exakt hur dessa kroppars kontakt ter sig är ännu okänt. I övrigt sammanfaller både granat- och konglomeratfält väl mellan Perssons berggrundskarta och observationer gjorda i fält, likaså metasedimentens utbredning.



Figur 5. Berggrundstolkning över området väster om samhället Vetlanda. Streckad kontakt indikerar osäkerhet kring kontaktens placering. Streckad kontakt med korta streck indikerar osäkerhet kring både kontaktens natur och placering. "?" längs en kontakt indikerar osäkerhet kring vilka bergarter som ligger vid kontakten (förekommer enbart mellan metasedimentet och den felsiska, instrusiva bergarten). Strukturdata som är använd i denna karta finns tillgänglig i Appendix: Tabell 3.

Bergartsbeskrivning

Perssons (1989) beskrivning till berggrundskartan har använts som riktlinje för klassifikation av bergarterna.

Metasediment

De bergarter som faller in under benämningen “metasedimenten” i det undersökta området påvisar alla en tydlig foliation, dock har inga övertygande lagringsstrukturer observerats i fält. Tre typer av metasediment har indentifierats: metafyllit, glimmerskiffer samt konglomerat.

Metafylliten är mörk, både på vittringsytor och färska ytor, den senare med en lätt gulaktig sammetsglans. Kornstorleken är medel- till finkornig. Foliationen är ganska tydlig, men varierar beroende på kornstorlek och hur mycket glimmermineral som finns i bergarten. Runda, både svarta och röda, kristaller förekommer i flertalet hällar, vilka tolkas som oxider, baserat på analys i mikroskop. Röda kristaller är även synliga i nederoderade bulor (WPT1, se Figur 3). Vittrade ytor är släta till lätt skrovliga, ljusgrå till blågrå i färgen, ibland genomskurna av kvartsgångar. Tunnslip FMP2, FMP5, FMP10 samt FMP14 är av denna bergart.

Glimmerskiffer är svår att skilja från metafylliten på eroderade ytor. Färska ytor har en len och lätt glansig yta, ibland med bulor och bucklor, och är ljusgrå i färgen. Bergarten är fin- till medelkornig och består till stor del av biotit och muskovit. Glimmerskiffern är betydligt mer porös än metafylliten och faller oftare isär längs med foliationen. Små, mörka och resistenta mineral, i första hand oxider och granat, är vanligt förekommande i vissa hällar. Tunnslip FMP12 och FMP25 är av denna bergart.

Konglomeraten återfinns som band i metafylliten och är en mindre vanligt förekommande bergart i området. Konglomeraten är i första hand identifierbara tack vare de linsformade håligheter som bildas när konglomeratklasten eroderas bort, men bevarade klaster finns även synliga på eroderade ytor. Genomgående för samtliga konglomerat i området är kraftigt utplattade klaster, från diskusformade till platta skivor, av lätteroderat material, vanligtvis av en ljusare färg än omgivande berg. Klasterna är i regel även grövre i kornstorlek än omgivande bergarter. En hel del mörka mineral är även synliga i klasterna. Klasterna följer den regionala foliationen som är uppmätt i fält. I övrigt är bergarten lik andra metasediment i området gällande kornstorlek, färg och vittringsyta. I konglomeraten på de norra delarna av området (WPT19-21, WPT28, se Figur 3) är både likriktade kvartsgångssvärmar samt tryckskuggor vanligt förekommande strukturer i häll (Figur 6). Det är även i dessa hällar som de epidotrika banden återfinns. Tunnslip FMP7, FMP8

Figur 6. Tryckskuggor i form av kvartsutfällning i konglomerat vid WPT20.

samt FMP17 är av denna bergart.

Epidotbärande bergart

I konglomeratet vid WPT20-21 samt WPT27-28 finns 5-20 cm smala band av en gröngul bergart. Tjockleken hos banden varierar kraftigt och de nyps även av på vissa ställen. Banden kan följas mellan flera olika hällar och följer den generella foliationen i de norra delarna av det undersökta området (väst-sydväst). Från tunnslip (FMP21) noteras att den distinkta färgen kommer från en hög andel epidot i bergarten (Appendix: Tabell 4). Kontakten till konglomeratet är relativt skarp. Kvartsgångar förekommer vanligt i närheten av bergarten. Vid WPT20 syns ovala till platta och rundade klaster, rosa och massiva i karaktär, i de epidotrika banden, något som även är vanlig i de metafyllitiska delar av hällen (Figur 7). Tunnslip FMP21 är av denna bergart.

Figur 7. Epidotband med konglomeratklaster från WPT20.

Felsisk extrusiv

Två områden med finkorniga bergarter av magmatiskt ursprung har indentifierats i området: En långsmal kropp av okänd utbredning som sträcker sig i Ö-V, strax norr om väg 202, samt en mindre kropp av okänd form och utbredning, exponerad på Norrasjöns västra strand. Enbart bitar av den norra kroppens södra kant är känd, där den verkar ha upphettat närliggande metasediment (WPT18, WPT31,

se Figur 3). Bergarten är ljusrosa och massiv, i vissa fall med kvartsgångar som skär igenom hällen. Exponerade ytor är kantiga, då berget faller isär längs med raka linjer, något som kan uppfattas som foliation. Enbart en strukturmätning har dock gjorts på denna bergart, så huruvida den följer den regionala foliationen eller ej är ännu inte säkert.

Figur 8. Kantigt sönderfallande hällyta av den felsiskt extrusiva bergart som noterats. WPT15.

Kontakten till metasedimenten i de norra delarna av det karterade området är kaotisk och svårtydd. Skarpa kontakter har observerats, men ingen tydlig linje kan dras mellan de två bergarterna. Utöver glimmerskiffer och de massivt rosa partierna har även grovkorniga granitoider observerats i kontaktzonen. Pegmatit- och kvartsgångar är vanligt förekommande, där den senare ibland även innehåller sulfidmineralisering i form av molybdenglans (Figur 5) (1.2 % Mo uppmätt med handhållen XRF (eng. “X-Ray fluorescence”, röntgenfluoressens), utöver höga halter titan).

Tunnslip

FMP2

Fältspat, muskovit och kvarts är dominerande, med lägre andel biotit, mikroskopiska granatkorn och opaka oxider. Grönblå, euhedral turmalin förekommer även, men i liten utsträckning. Glimmermineral uppvisar en tydlig bandning som går subparallelt med provets långsidor. En kvartsgång stryker diagonalt

längs provet, och en liten mineralogisk skillnad märks på båda sidor om gången, med en högre koncentration av biotit på ena sidan och mer kvarts på den andra. Inga tydliga reaktionsmönster är synliga i provet.

FMP5

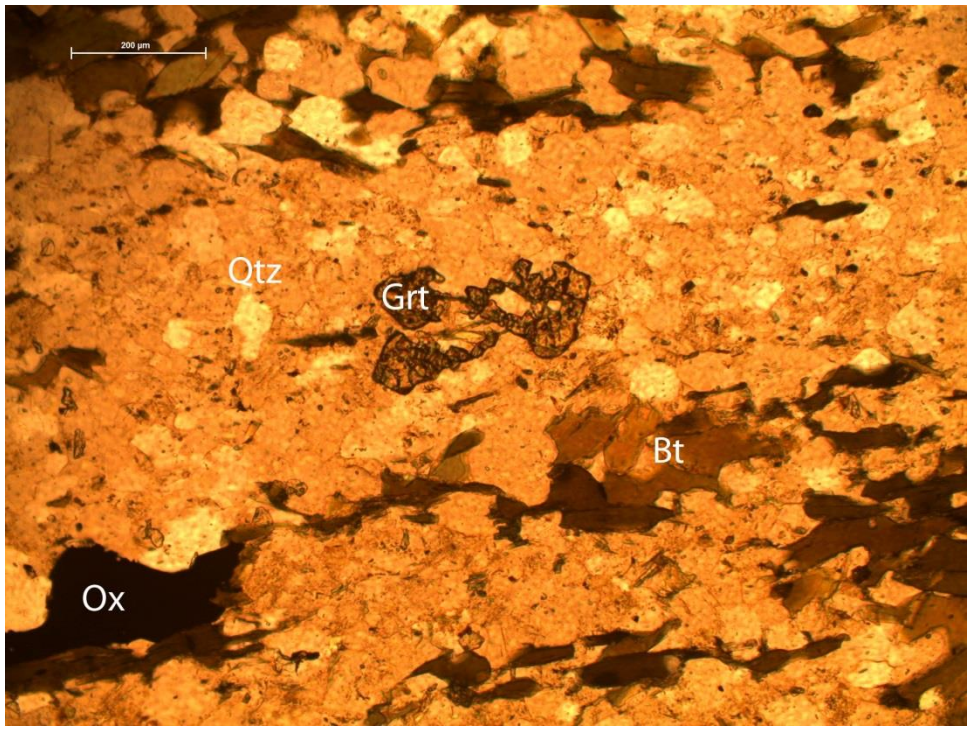
Provet består till största del av kvarts, fältspat och muskovit. Klorit, opaka oxider och biotit förekommer även, samt enstaka turmalinkristaller. En vågig bandning är tydlig, med varierande lager med dominerande kvarts (ljust) respektive oxider och biotit (mörkt). Glimmermineral uppvisar även en foliation. Omvandlingstexturer i provet inkluderar fältspat som konsumeras av sericit samt klorit som bildar bland annat oxider.

FMP7

Kvarts och muskovit är dominernade mineral, med biotit, mikroklin och klorit som mindre vanligt förekommande mineral. Hematit förekommer även i liten utsträckning. Klorit och biotit uppvisar en tydlig bandning som går parallellt med provets långsidor. En tydlig zonering syns, med växlande biotitrika band, kvartsrika band samt ett band rikt på muskovit. Kristaller av mikroklin har ett tydligt tartar-mönster i korspolariserat ljus. På flera ställen i slipet omvandlas fältspater till oxider och klorit, alternativt klorit och sericit. Biotit som omvandlas till klorit förekommer även.

FMP8

Provet har en stor andel kvarts, koncentrerat i tjocka band. Biotit är även vanligt förekommande, tillsammans med mindre delar fältspat, opaka oxider samt enstaka turmalin, subhedrala, nedbrutna granater och klorit (Figur 9). Turmalinkristallerna är i regel euhedrala till subeuhedrala. Oxiderna är koncentrerade i tre ovaler, samtliga inom de kvartsrika delarna av provet, där de även är märkbart större än den genomsnittliga kristallstorleken. I särskilda områden bildar biotiten betydligt större kristaller. Flertalet omvandlingstexturer har noterats: biotit → granat, biotit → klorit, fältspat → sericit samt oxid → biotit.



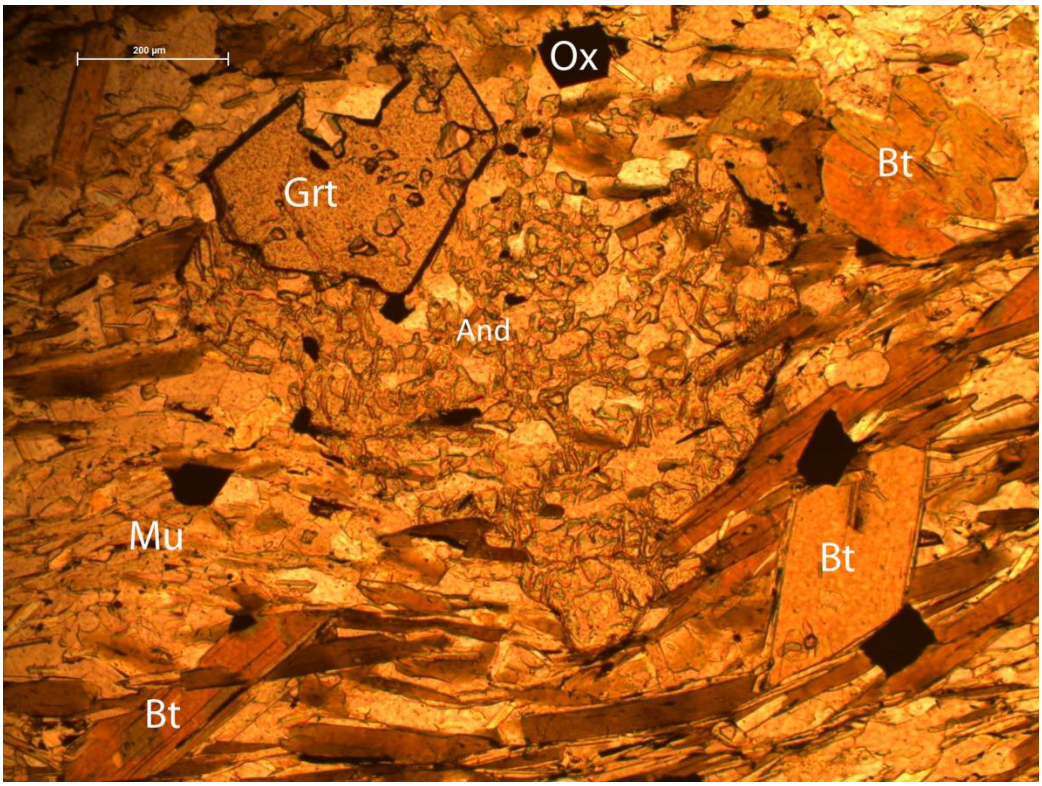
Figur 9. Tunnslip FMP8 sett i enkelpolariserat. Den gulaktiga tonen är inte närvarande i något av de faktiska proven. Skalstrecknet uppe i högra hörnet motsvarar 200 µm. ”Qtz” = kvarts, ”Grt” = granat, ”Ox” = oxid, ”Bt” = biotit.

FMP10

Kvarts och muskovit är de vanligast förekommande mineralen, med mindre mängd biotit samt enstaka turmalin, opaka oxider och klorit, där den senare är koncentrerad längs med en spricka som löper genom provet. Kloriten verkar i första hand vara resultatet av nedbrytning av biotit. Turmalinen verkar ha växt över bland annat muskovit, där de överväxta partierna av muskoviten har en färgsignatur i enkelpolariserat ljus som är snarlik muskovitens färgsignatur i korspolariserat ljus, med skiftande kraftigt blått och gul-orange ljus. Muskovit verkar även omvandlas till biotit i provet. Turmalinkristallerna växer ofta vinkelrätt mot muskoviten, vilket indikerar att olika tryckförhållanden har gällt under de båda mineralernas bildningsprocess.

FMP12

Kvarts och musokvit dominerar, med lägre andelar biotit, opaka oxider, granat, andalusit och turmalin. Andalusiten har nästan blivit helt omvandlad till kvarts och biotit, vilket gör identifiering i mikroskop komplicerat. Granatkristallerna är euhedrala, bitvis nästan perfekta, koncentrerade kring andalusit och har inneslutningar av både kvarts och oxider (Figur 10). Kvartsinneslutningar förekommer även i biotit. Glimmerbandning är ett genomgående drag i provet. Kristaller av andalusit ligger som lager, tillsammans med kvarts och oxider, i några av de mer utmärkande glimmerbanden, vilket indikerar en prograd reaktionsserie där muskovit blir överlagrad av andalusit, som senare bitvis blir omvandlad till granat, kvarts och biotit.



Figur 10. Tunnslip FMP12 sett i enkelpolariserat ljus. Kraftigt nedbruten andalusit med flertalet kvartsinklusioner. Skaltecknet uppe i högra hörnet motsvarar 200 µm. ”Qtz” = kvarts, ”Grt” = granat, ”Ox” = oxid, ”Bt” = biotit, ”Mu” = muskovit, ”And” = andalusit.

FMP14

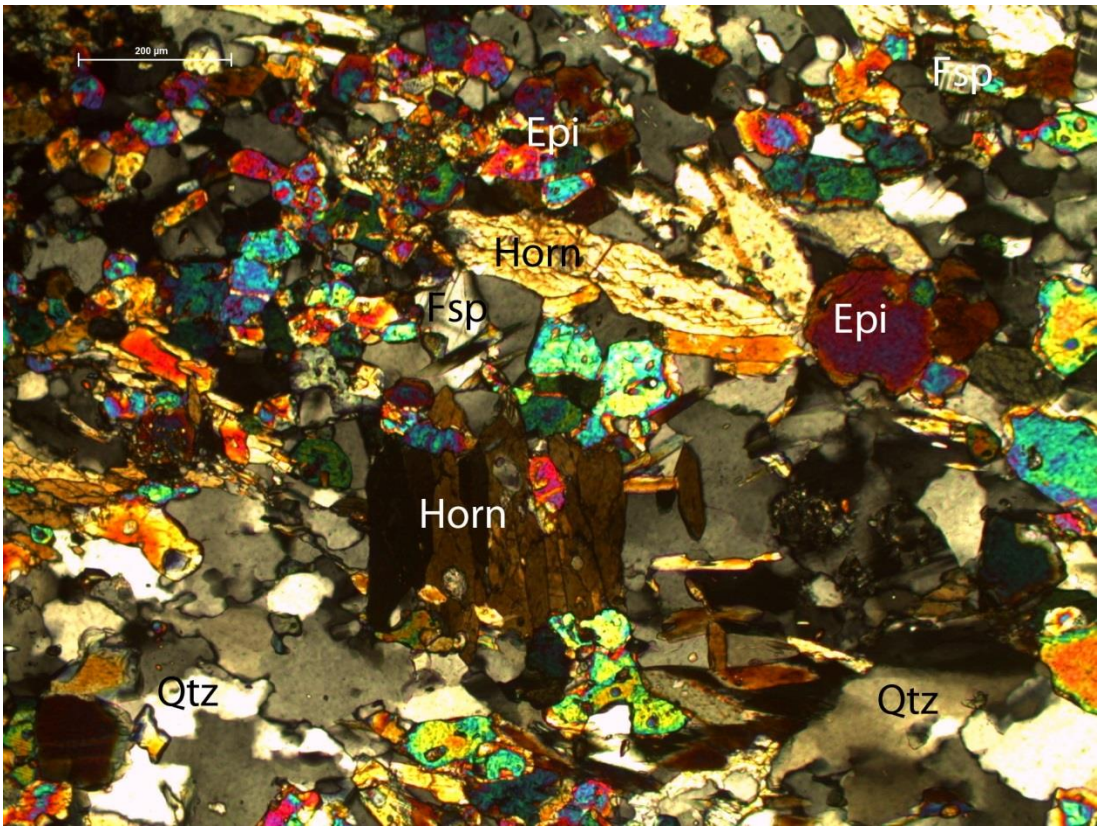
Kvarts är det dominerande mineralet i provet, med enstaka kristaller som är synliga även utan mikroskop. Muskovit och fältspat förekommer även relativt frekvent, samt enstaka biotitflagor och oxider. Vissa oxider har inneslutningar av biotit. Både peritisk textur samt tvillingbildning är tydlig i fältspaterna. Magnetit i provet är på väg att omvandlas till både hematit och biotit. Trolig bildningsordning i kronologisk ordning är oxid → fältspat → muskovit.

FMP17

Större delen av provet består av fältspat som har blivit omvandlat till sericit. Kvarts, rena fältspater samt oxider förekommer även. Kvarts förekommer i första hand som stora kristaller. Ett oidentifierad mineral med 90 gradig spaltning och hög relief, samt enstaka röda oxider, har noterats. Fältspater som inte har blivit omvandlad till sericit påvisar tvillingbildning. Utöver fältspat som omvandlas till sericit syns inga tydliga reaktionstexturer.

FMP21

I tunnslipet är kvarts och epidot dominerande mineral. Bitvis nedbruten aktinolit, samt oxider, biotit och fältspat förekommer även i mindre mängd. Enstaka, relativt välbevarade, hornbländekristaller förekommer i vissa delar av tunnslipet (Figur 11). En del större oxidkristaller har kvartsinneslutningar. Epidot omvandlas till fältspat, som i sin tur, i vissa fall, omvandlas vidare till sericit. Uppskattad bildningsordning är hornblände → fältspat, epidot → oxider, fältspat (mikroklin).



Figur 11. Tunnslip FMP21 sett i korspolariserat ljus. Två relativt välmående hornblände, omgärdade av i första hand kvarts och epidot, samt fältspat. Mineralsammansättningen är betydligt kalciumrikare än övriga prover. Skaltecknet uppe i högra hörnet motsvarar 200 µm. ”Qtz” = kvarts, ”Fsp” = fältspat, ”Horn” = hornblände, ”Epi” = epidot.

FMP25

Vanligaste mineral i provet är kvarts och muskovit, följt av mindre andelar biotit, oxider, granat, turmalin och andalusit. Granaterna är euhedrala, ofta med inneslutningar av kvarts, om än bitvis nedbrutna. Andalusiten är kraftigt nedbruten, ofta i sällskap av flertalet närliggande granater. Utöver en generell glimmerbandning syns även en till två relikta foliationer i form av biotit och muskovit, enhetligt orienterade, dock enbart bevarade i före detta klast. Även utan mikroskop kan antydan till en eller flera foliationer utrönas. Turmalin verkar bildas som resultat av konsumtion av både granat och biotit samt oxid och biotit.

EMPA

I FMP12 gjordes analys av 6 grupper, bestående av närliggande kristaller av granat, plagioklas, biotit samt muskovit. En 50-punkters granatprofil gjordes även på detta slip.

I FMP25 gjordes analys av 9 grupper, där, utöver tidigare nämnda mineral, även klorit förekom i två av grupperna. En 100-punkters profil av granat gjordes även på detta slip.

I FMP21 gjordes tre analyser, i första hand för att identifiera ett antal okända mineral, varav en visade sig vara amfibol (FMP21-Amf6-host), troligtvis hornblände (utifrån mikroskopi), och de andra två förblir okända (FMP21-Amf6-inclu, FMP21-Unk1).

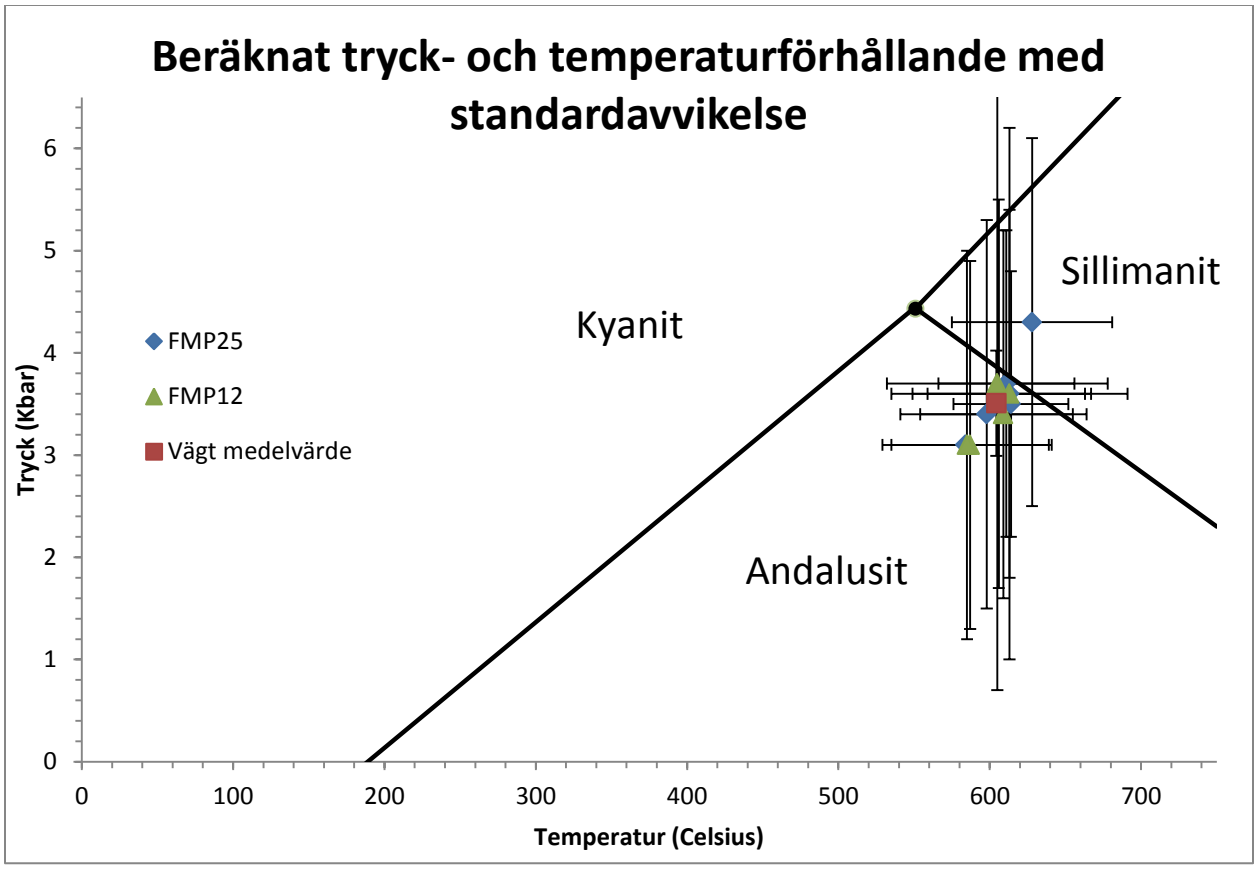
Erhållen data från EMPA som är använd för beräkningar finns tillgänglig i Appendix: Tabell 5.

Tryck- och temperaturuppskattning

För att få en bättre beslutsgrund gällande vilka mineral som ska ingå i tryck- och temperaturberäkningarna, genomfördes beräkningar både med och utan andalusit som existerande fas. Använda faser för beräkningar var anortit, albit, pyrop, almandin, muskovit, flogopit, celadonit, eastonit, paragonit, amesit, andalusit, kvarts samt vatten. Beräkningar gjorda med andra fassammansättningar är inte inkluderade i slutresultatet (Tabell 1).

Klorit har exkluderats ur samtliga beräkningar, då de uppmätta kloritmineral som förekom inte verkar vara i jämnvikt med resterande mineral. De mest tillförlitliga uppskattningarna erhålls när granat, biotit, plagioklas och muskovit används för att beräkna aktiviteterna och andalusit läggs till som existerande fas. Bedömningen av tillförlitlighet är baserad på standardavvikelse, spridning av resultat mellan grupper och prov samt hur väl de överensstämmer med observationer gjorda i fält.

De resulterande tryck- och temperaturberäkningarna som har tagits fram har en bred spridning, med temperatur som varierar mellan 585-660 °C och tryck mellan 3.1-6.4 Kbar (Tabell 1). Efter att suspekta värden, flaggade under beräkningsprocessen, samt ej tillförlitliga värden, bedömda enligt ovan stående praxis, är borttagna syns ett tydligt kluster i ett P-T-diagram (Figur 12) runt 594±16◦C och 3.5±0.8 KBar. Ett vägt medelvärde på 12 provpunkter (Tabell 1) ger P/T-bestämning på 604±15◦C och 3.5±0.5 Kbar, motsvarande amfibolit-facies (Philpotts & Ague, 2011).



Figur 12. Tryck- och temperaturberäkningar med standardavvikelse, uppritat tillsammans med stabilitetsområden för tre aluminosillikatfaser som referens. Standardavvikelsen per prov är beräknad av THERMOCALC. Det vägda medelvärdet är beräknat med 12 provpunkter och ”vikten” av varje datapunkt är baserad på dess standardavvikelse (Tabell 1).

Område	T (Celsius)	P (Kilobars)	Beräknade faser	σ, T	σ, P
FMP12grt2	613	3,6	grt+bt+mu+plag+and	78	2,6
FMP12grt3	605	3,7	grt+bt+mu+plag+and	73	3
FMP12grt4	609	3,4	grt+bt+mu+plag+and	55	1,8
FMP12grt5	587	3,1	grt+bt+mu+plag+and	52	1,8
FMP12grt6	585	3,1	grt+bt+mu+plag+and	56	1,9
FMP12grt7	Utanför spannet	Utanför spannet	grt+bt+mu(from grt6)+alb(+and)	-	-
FMP25grt1	658	6,4	grt+bt+mu+alb+clin+and	64	3,1
FMP25grt2	606	3,6	grt+bt+mu+plag+and	57	1,9
FMP25grt3	660	6,3	grt+bt+mu+plag+and(Många faser borttagna)	94	3,7
FMP25grt4	598	3,4	grt+bt+mu+plag+and	45	1,5
FMP25grt5	584	3,1	grt+bt+mu+plag+and	53	1,8
FMP25grt6	611	3,7	grt+bt+mu+plag+and	38	1,3
FMP25grt7	628	4,3	grt+bt+mu+plag+and	54	1,8
FMP25grt8	614	3,5	grt+bt+mu+plag+and	53	1,7
FMP25grt9	613	3,6	grt+bt+mu+plag+and	51	1,7

Tabell 1. T/P-bestämningar , standardavvikelse och beräknade faser. Celler markerade med rött har ej bedömts som tillförlitliga värden och är inte presenterad i Figur 12, ej heller är de med i beräkningen av det vägda medelvärdet. Olika faskombinationer har används då ordinarie uppsättning inte har gett rimliga resultat.

Felkällor

Triangulering och avståndsuppskattningar till trots har positionen i fält inte kunnat bestämmas med samma pricksäkerhet som om en GPS hade varit till förfogande. Ytterligare förskjutning av karterade hällars position har troligtvis även uppstått under överföringen från papperskartor som används i fält till digitaliserade vektorer som återges i Figur 3 och 4. Detta skulle kunna åtgärdas genom att positionerna som anges i den digitala kartan korreleras med exempelvis flygbilder draperade över ett SWEREF 99-nät. Förvanskningen av data kan även ha skett i överföringen från fältanteckningar till dokument, där den senare användes för vidare tolkning.

Liksom vid all kartering av detta slag är den egna tolkningen av bergarter en ofrånkomlig felkälla. Vikten av denna felkälla försöktes förminskas genom den introduktion av regionens bergarter som skedde under den första delen av fältarbetet. Dock kan denna handling i sig tolkas som en potentiell felkälla. Eventuella feltolkningar som gjorts tidigare riskeras att bäras vidare till denna kartering. Kartören i fråga är även mer benägen att se och notera de bergarter som han tidigare blivit presenterad för, vilket kan leda till en dålig representation av området i slutprodukten. Den egna tolkningen spelar även roll i den modala uppskattningen under mikroskoperingsarbetet.

Under och strax efter fältarbetet lästes ett antal artiklar om området, där olika idéer och modeller presenterades. Genom att bilda en egen uppfattning utifrån tidigare undersökningar innan insamling av data riskerar insamlingsprocessen bli mer subjektiv och viss data kan omedvetet bli överrepresenterad. Hur stor påverkan och hur det kan motverkas är dock komplext och kan inte täckas i detta projekt.

Under analys i EMPA märktes att en ovanligt stor mängd smuts hade lagts sig över slipen som undersöktes. Detta bör inte ha haft någon större påverkan på själva analysen, men bör ej förkastas helt som potentiell felkälla. Huruvida dessa partiklar kommer från transporten eller om slipen har blivit nedlusade i EMPA-laboratoriet kan ej sägas, men ingen liknande påverkan märktes under mikroskoperingen.

Beräkning av tryck- och temperaturförhållanden med hjälp av AX och THERMOCALC är inte den mest robusta metoden, i synnerhet inte om enbart en liten mängd mineral kan användas i beräkningarna. I strävan att få ett så begränsat spann som möjligt har beräkningar på flera mineral gjorts, men trots detta återstår en hel del osäkerhet. Klorit är närvarande i prov FMP25 men har blivit utesluten ur beräkningarna, då jämnvikt var svårt att uppnå med klorit i beräkningarna. Ett antal mineral (Fe-celadonit, i vissa fall även grossular och pyrop) är uteslutna ur de termodynamiska beräkningarna, då den statistiska diagnostiken som THERMOCALC genomför för varje beräkning flaggade reslutat baserad på dessa mineral som suspekta. Utsållning av “orimlig data”, något som bland annat har gjorts för att skapa Figur 12, är också en relativt subjektiv bedömning, där tidigare idéer och modeller kan ha påverkat besluten.

Diskussion

Trots en relativt stor osäkerhet kring de beräknade P/T-värdena så passar de väl in med vilka faser som faktiskt observeras i tunnslipen. Även om de är under omvandling har både andalusit (FMP12, FMP25) och hornblände (FMP21) noterats, vilket begränsar möjliga P/T-förhållanden. Beräkningarna kan förfinas ytterligare genom att fler mineral, exempelvis granater från FMP8 och amfiboler från FMP21, inkluderas i beräkningarna.

Samtliga beräkningar där mineral från kloritgruppen är inkluderade ger högre värden på både tyck och temperatur samt högre standardavvikelse och fler mineral som blir flaggade som suspekta av THERMOCALC. Detta kan bero på att de kloritmineral som finns i proverna inte är i jämnvikt med omgivningen och är resultatet av en inledande retrograd reaktion. Ett simpelt sätt att kontrollera detta vore att noggrant söka igenom tunnslipen i mikroskop efter omvandlingstexturer som involverar kloritmineral och se hur dessa förhåller sig till omgivande mineral. I och med att de tryck- och temperaturberäkningar som bedöms som mest tillförlitliga samtliga ligger nära gränsen mellan andalusit och sillimanit vore det även av intresse att söka efter just sillimanit för att kunna verifiera dessa beräkningar. Att andalusit har varit inblandad i en omvandlingsprocess framkommer ganska tydligt i slipen (Figur 10), men enbart halva delen av en reaktion är inte tillräckligt.

Euhedrala turmalinkristaller förekommer i flertalet prover (FMP2, FMP5, FMP8, FMP10, FMP12 och FMP25). Turmalin är den huvudsakliga mineralfasen för grundämnet bor, vilket man kan använda för att få en uppfattning av petrogenesis för bergarten. ^{11}B, den tyngre av de två stabila borisotoperna, är anrikad i marina miljöer jämnfört med den lättare ^{10}B, vilket gör mätning av borisotoper till en lämplig metod för att avgöra om en bergart är avsatt i en marin eller kontinental miljö (van Hinsberg, 2011). En sådan undersökning skulle kunna vara givande för att begränsa möjliga bildningscenarion ytterligare.

En genomgående trend i FMP12 och FMP25 är att samtliga undersökta muskovitkorn har en relativt hög halt järn, mellan 2.1-2.7 % FeO (Appendix: Tabell 5). Fe^{2+} är normalt inte förekommande i muskovit, vars kemiska formel är $KAl_2(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$, men Fe^{3+} kan substituera för Al^{3+}, så det antas att vad som EMPA noterade som FeO även inlkluderar Fe_2O_3. Hur denna järnanomali ska tolkas ur ett P/T-perspektiv är oklart, men bör kunna klaras upp genom en mer omfattande litteraturstudie.

Den epidotrika bergarten är till synes begränsad till väldigt smala band i närheten av metavulkanitkontakten i de norra delarna av det undersökta området (Figur 5). Omgivande bergarter är inte lika rika i kalciumbärnade mineral, vilket tyder på att de gröna banden antingen är resultatet av ett från början kalciumrikt lager i den sedimentära lagerföljden, alternativt har agerat transportväg för kalciumrika fluider. Den tidigare förklaringen är intressant, då det skulle innebära att det som i fält har noterats som regional foliation (S_1), i brist på bättre bevis, i själva verket kan vara lagring (S_0). Alternativt ligger S_1 subparallelt med S_0, vilket även skulle kunna förklara de trappstegsliknande avsnörpningar som förekommer i banden. De klast som återfinns i dessa epidotrika band verkar vara av samma ursprung som klasterna i omgivande konglomerat (se Figur 7), vilket skulle betyda att vi kan ha haft en kontinuerlig process (som bildat klasterna) samtidigt som vi har haft två andra processer som bytt av varandra, där den ena har genererat en betydligt kalciumrikare produkt än den processen. Om kalciumanrikningen snarare är ett resultat av fluidflöde skulle detta kunna vara relaterat till de magmatiska kropparnas intruderande. Fluider i detta fall skulle kunna vara resultatet av upphettning och dehydrering av hydrösa faser. Flertalet kvartsgångar förekommer, i synnerhet i konglomeratet som epidotbanden ligger i (Figur 13), så fluidrörelse har förekommit i området, dock har inga konkreta bevis för en koppling mellan fluider och epidoten funnits i fält. Mer undersökningar, både i fält och i laboratorium, bland annat isotopanalyser av fluidbärande faser, är nödvändigt för att förklara detta närmare.

Figur 13. Kvartsgångssvärm tillsammans med epidotband och konglomeratklast. Från WPT28.

Klassifikationen av metavulkaniter i detta projekt är enbart baserat på noteringar i fält. Geokemisk analys, exempelvis med XRF, är nödvändigt för att säkerställa bergartens sammansättning och ursprung.

Mansfeld (1996) föreslår att petrogenesen för Oskarshamn-Jönköpingbältet är en öbåge med en relativ ålder som ligger mellan bildandet av den Svekofenniska domänen och Transskandinaviska magmatiska bältet. Likt bergarterna i den Svekofenniska domänen skulle OJB ha varit på kollisionskurs med dåvarande kontinenten Baltica, men skars av från övriga delar av TMB, innan eller efter kollision. Denna teori kan testas genom att en undersökning likt denna även genomförs för kringliggande bergarter, både vulkaniter i OJB samt närliggande delar av TMB. Om inga spår av en metamorf händelse av samma grad som detta projekt indikerar hittas i omgivande TMB-bergarter tyder detta på att OJB är äldre än TMB, och bör betraktas som en egen enhet. Är detta korrekt måste den händelse som gett upphov till denna metamorfa grad ha skett någon gång mellan deposition av sedimenten och inträngande av det som kom att bli TMB. Exakt vad som kan ha åstadkommit denna låg-trycks, hög temperatur-omvandling är oklart. Potentiellt kan det vara resultatet av kontaktmetamorfos från en föregångare till TMB. Upphettning från syn-/postorogena smältor under kollisionsfasen med Baltica, om den nu skedde, kan även vara en förklaring. Mer fältdata är nödvändigt för att kunna spekulera vidare gällande petrogenesis.

I profilen från granaten i prov FMP25 syns en ökning av koncentrationen Mn mot mitten av kristallen, på bekostnad av Fe-koncentrationen. Under antagandet att denna granat är av rent metamorft ursprung, vilket är ett högst rimligt antagande för ett metasediment, reflekterar denna skillnad i sammansättning förändrade tryck- och temperaturförhållanden under kristallens tillväxt. Spasserit, en manganförande fas av granat, förekommer oftast i lågmetamorfa bergarter, medan almandin, en järnförande fas, är vanligare vid högre P/T-förhållanden. Utifrån detta kan det antas att

denna kristall har påbörjat sin tillväxt under de inledande stadierna av metamorfos. Intressant nog finns ingen motsvarande skillnad i sammansättning i granatprofilen som gjordes i prov FMP12. Mer information om de olika förhållanderna som har gällt under metamorfosprocessen kan troligtvis fås om fler granatprofiler genomförs.

Sammanfattning

Beräknat maximal grad av metamorfos som metasedimenten i Vetlandagruppen har upplevt ligger runt 604±15°C och 3.5±0.5Kbar, vilket motsvarar amfibolit-facies. Detta stämmer väl överens med den mineralsammansättningen som även observerats i mikroskop, med både amfibol tolkad som hornblände och andalusit som existerande faser. Utöver metasediment i form av fyllit, glimmerskiffer och konglomerat återfinns även kalciumrika epidotband och magmatiska kroppar av varierande kiselhalt i området. En regional foliation som styker NV-V och har en stupning mellan 70-90 grader är tydlig i majoriteten av metasedimenten. Mer undersökningar är nödvändiga för att kunna säkerhetsställa OJB:s ursprung, med P/T-bestämningar från detta projekt indikerar att OJB skiljer sig från TMB.

Tack till

Handledare för detta arbete har varit Joakim Mansfeld, med Alasdair Skelton som bihandledare. Deras hjälp i form av tips, kommentarer och diskussion har varit ovärdelig. Även stort tack till Dan Zetterberg för hjälp med förberedelser av prover, samt Jaroslav Majka, för instruktioner och hjälp med tolkningar under arbeter med elektronmikroskopet. Jag skulle även vilja tacka Jonas Nilsson och Josefin Linde för råd och tips med mjukvarorna THERMOCALC och AX.

Källor

Artiklar

Ahl, M., Bergman, S., Bergström, U., Eliasson, T., Ripa, M. & Weihed, P. (2001)*, Geochemical classification of plutonic rocks in central and northern Sweden*, Sveriges Geologiska Undersökning, Rapporter och meddelanden, volym 106, 82 s.

Andresen, A. (1980), *The age of Precambrian basement in western Troms, Norway,* Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar (GFF), utgåva 101, s. 291–298.

Beunk, F.F & Page, L.M (2001), *Structural evolution of the accretional continental margin of the Paleoproterozoic Svecofennian orogen in southern Sweden*, Tectonophysics, volym 339, utgåva 1–2, 15 september 2001, s. 67-92, ISSN 0040-1951.

Ferry, J. M. & Spear, F. S. (1978), *Experimental Calibration of the Partitioning of Fe and Mg between Biotite and Garnet*, Contributions to Mineralogy and Petrology, volym 66, s.113 – 117.

Gaál, G. & Gorbatschev, R. (1987) *An Outline of the precambrian evolution of the baltic shield*, Precambrian Research, volym 35, april 1987, s. 15-52, ISSN 0301-9268, http://dx.doi.org/10.1016/0301-9268(87)90044-1.

Gorbatschev, R. (2004), *The Transscandinavian Igneous Belt – introduction and background,* Del i: Högdahl, K., Andersson, U.B. & Eklund, O. (ed.) *The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution*, Geological Survey of Finland, Special Paper 37, ISBN-13: 978-9516908895.

van Hinsberg, V. J. (2011), *Tourmaline: An ideal indicator of its host environment*, The Canadian Mineralogist, volym 49, s. 1-16, DOI : 10.3749/canmin.49.1.1.

Holland, T. J. B. & Powell, R. (1998), *An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest,* Journal of Metamorphic Geology, volym 16, s. 309-344.

Högdahl, K., Andersson, U. B. & Eklund, O. (2004), förorden till *The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution,* Geological Survey of Finland, Special Paper 37, ISBN-13: 978-9516908895.

Högdahl, K. & Sjöström, H. (2001), *Evidence for 1.82 Ga transpressive shearing in a 1.85 Ga granitoid in central Sweden: implications for the regional evolution.* Precambrian Research, volym 105, s. 37–56.

Johansson, Å., Bogdanova, S. & Ĉečys, A. (2006), *A revised geochronology for the Blekinge Province, southern Sweden.* GFF, volym 128, del 4, s. 287–302. ISSN 1103-5897.

Kornfält, K.-A. (1996), *U-Pb zircon ages of six granite samples from Blekinge County, southeastern Sweden*. Del av: Lundqvist, Th. (ed.) *Radiometric dating results 2*. Sveriges Geologiska Undersökning C 828, s. 15–31.

Larson, S.Å. & Berglund, J. (1992), *A chronological subdivision of the Transscandinavian Igneous Belt — three magmatic episodes?*, Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, volym 114, utgåva 4, s. 459-461, DOI:10.1080/11035899209453912.

Lundqvist, J., Lundqvist, T. & Lindström, M. (2011), *Sveriges Geologi från Urtid till Nutid*, Tredje upplagan, Studentlitteratur, s. 33-35, 37-44, 47-49,161-165, 169-177, 193-207, 243-244, 251-255, ISBN: 978-91-44-05847-4.

Mansfeld, J. (1995), *Crustal evolution of the southeastern part of the Fennoscandian shield*. Meddelanden Stockholms Universitet, Institutionen för Geologi och Geokemi, 286 s.

Mansfeld, J. (1996), *Geological, geochemical and geochronological evidence for a new palaeoproterozoic terrane in southeastern Sweden*, Precambrian Research, volym 77, utgåva 1–2, mars 1996, s. 91-103, ISSN 0301-9268, http://dx.doi.org/10.1016/0301-9268(95)00046-1.

Mansfeld, J., Beunk, F.F. & Barling, J. (2005), *1.83—1.82 Ga formation of a juvenile volcanic arc—implications from U—Pb and Sm—Nd analyses of the Oskarshamn-Jönköping Belt, southeastern Sweden*, GFF, volym 127, utgåva 2, s. 149-157, DOI:10.1080/11035890501272149.

Nironen, M. (1997), *The Svecofennian Orogen: a tectonic model*, Precambrian Research, volym 86, utgåva 1–2, 15 december 1997, s. 21-44, ISSN 0301-9268, http://dx.doi.org/10.1016/S0301-9268(97)00039-9.

Persson, L. (1985), *Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda NV och NO,* Sveriges Geologiska Undersökning, Af 150-151, s. 138.

Persson, L. (1989), *Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda SV och SO*, Svergies Geologiska Undersökning, Af 170-171, s. 130.

Persson, L. (1989) karta, SGU Ser. Af nr 170, Berggrundskartan, 6 F VETLANDA SV, producerad 1989, baserad på kartering av Lars Persson mellan åren 1982-1987.

Persson, P.O. & Wikström, A. (1993), *A U–Pb dating of the Askersund granite and its marginal augen gneiss*, Geologiska Föreningen I Stockholm Förhandlingar, volym 115, utgåva 4, s. 321-329.

Philpotts, A. R. & Ague, J. J. (2011), kapitel 20 i: *Principles of igneous and metamorphic petrology*, andra upplagan, Cambridge Cambridge University Press, ISSN: 9780521880060

Reed, S. J. B. (2005), Kapitel 1 (*Introduction*) samt kapitel 4 (*Scanning Electron Microscopy*) i boken: *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology*, andra upplagan, Cambridge University Press. *Cambridge Books Online,* publicerad online december 2009.

Röshoff, K. (1975), *Some aspects of the Precambrian in south-eastern Sweden in the light of a detailed geological study of the Lake Nömmen area*, Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, volym 97, utgåva 4, s. 368-378.

Skridlaite, G. & Motuza, G. (2001), *Precambrian domains in Lithuania: evidence of terrane tectonics*, Tectonophysics, volym 339, utgåva1–2, 15 september 2001, s.113-133, ISSN 0040-1951,

Sundblad, K., Gyllencreutz, R. & Flodén, T. (1998). *The Precambrian crust beneath the Baltic Sea*. Geophysical Journal, volym 20, s. 121–124.

Sundblad, K., Mansfeld, J. & Särkinen, M. (1997), *Palaeoproterozoic rifting and formation of sulphide deposits along the southwestern margin of the Svecofennian Domain, southern Sweden*, Precambrian Research, volym 82, utgåva 1–2, mars 1997, s. 1-12, ISSN 0301-9268.

Vivallo, W. & Willdén, M. (1988), *Geology and geochemistry of an early Proterozoic volcanic arc sequence at Kristineberg, Skellefte district, Sweden*, Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar (GFF) volym 110, s. 1–12.

Wahlgren, C.-H., Bergman, S., Lundström, I. & Stephens, M.B. (1996). *Orogen terminologi.* Geologiskt forum, volym 11, s. 20–21.

Åberg, G., (1978), *Precambrain geochronology of south-eastern Sweden,* Geologiska Föreningens i Stockholms Förhandlingar (GFF), volym 100, del 2, s. 125-154, ISSN 0016-786X.

Åhäll, K.-I., Connelly, J.N. & Brewer, T.S. (2002.)*Transitioning from Svecofennian to Transscandinavian Igneous Belt (TIB) magmatism in SE Sweden: implications from the 1.82 Eksjö tonalite*. GFF, volym 124, s. 217–224.

Appendix

Tabell 2. Waypoints från karteringen. X/Y anger position enligt SWEREF99.

Waypoint	X	Y	Datum	Bergart	Prov	Bilder
WPT1	15.05101	57.418865172	22-08-2013	Metasediment	FMP1, FMP25	P102-7419-21
WPT2	15.0507438957	57.4164432281	22-08-2013	Metasediment		P102-7422-24
WPT3	15.0530818579	57.4128502103	22-08-2013	Metasediment	FMP2	P102-7426
WPT4	15.0561942263	57.4134884484	22-08-2013	Metasediment	FMP3	
WPT5	15.0349821504	57.4217670188	23-08-2013	Metasediment	FMP4, FMP5, FMP6	P102-7433-34
WPT6	15.0316512883	57.4200409794	23-08-2013	Konglomerat	FMP7	P102-7435-36
WPT7	15.0297022191	57.4206495154	23-08-2013	Konglomerat	FMP8	P102-7442-43
WPT8	15.0287216747	57.4207369886	23-08-2013	Metasediment		
WPT9	15.0344281594	57.4141308655	23-08-2013	Metasediment	FMP9	P102-7451-56
WPT10	15.035906827	57.413804704	23-08-2013	Metasediment	FMP10	P102-7457
WPT11	15.0294298122	57.4063856151	24-08-2013	Konglomerat		P102-7458
WPT12	15.025310432	57.4118122626	24-08-2013	Metasediment		
WPT13	15.0254742543	57.4147148937	24-08-2013	Metasediment	FMP11-12	P102-7459-61
WPT14	15.0240641241	57.4136039619	24-08-2013	Metasediment		
WPT15	15.0224565826	57.418149088	25-08-2013	Metavulkanit (?)		P102-7464-65
WPT16	15.0225811488	57.4177563221	25-08-2013	Metavulkanit (?)	FMP13	
WPT17	15.0218080952	57.4162211356	25-08-2013	Metasediment		
WPT18	15.0259996357	57.4295907727	26-08-2013	Kontakt	FMP14, FMP15	
WPT19	15.03030259	57.4273487042	26-08-2013	Metasediment		P102-7479
WPT20	15.029253175	57.4270581755	26-08-2013	Konglomerat	FMP17, FMP18	P102-7480-84
WPT21	15.0317647863	57.4275525971	26-08-2013	Konglomerat	FMP19, FMP20, FMP21	P102-7485
WPT22	15.0307556901	57.4283273061	27-08-2013	Metasediment		
WPT23	15.0379610745	57.4260849475	27-08-2013	Metasediment	FMP22	
WPT24	15.0384993205	57.4263369902	27-08-2013	Metasediment		
WPT25	15.039274339	57.4261327916	27-08-2013	Metasediment		
WPT26	15.0390609047	57.4280887772	27-08-2013	Metasediment	FMP23	
WPT27	15.0416151246	57.429839993	27-08-2013	Konglomerat		
WPT28	15.0432298198	57.4288079141	27-08-2013	Konglomerat		P102-7514-18
WPT29	15.0355622457	57.4329904974	27-08-2013	Magmatisk, felsisk		
WPT30	15.0313915746	57.4327328232	27-08-2013	Magmatisk, felsisk		
WPT31	15.0301515501	57.4305167184	27-08-2013	Kontakt	FMP24	

Tabell 3. Strukturmätningar från fält.

Waypoint	Struktur	Strykning	Stupning
WPT1	S1	55	60
WPT2	S1	55	60
WPT3	S1	65	90
WPT4	S1	60	70
WPT5	S1	100	90
WPT6	S1	85	85
WPT7	S1	90	90
WPT9	S1	90	35
WPT10	S1	260	35
WPT11	S1	260	60
WPT13	S1	95	90
WPT15	S1	70	90
WPT17	S1	85	80
WPT19	S1	65	85
WPT20	S1	60	90
WPT21	S1	65	90
WPT22	S1	70	70
WPT23	S1	70	?
WPT24	S1	60	90
WPT26	S1	60	80
WPT28	S1	60	85
WPT30	S1	70	?
WPT19	Kvartsgångssvärm	85	
WPT20	Kvartsgångssvärm	100	
WPT28	Kvartsgångssvärm	110	

Tabell 4. Modal uppskattning av mineralsammansättningen hos tunnslipen.

Prov	FMP2	FMP5	FMP7	FMP8	FMP10	FMP12	FMP14	FMP17	FMP21	FMP25
Kvarts	20	30	50	65	40	45	60	20	65	45
Fältspat	30	20	5	5			10	15	<1	
Muskovit	35	30	30		30	30	20			35
Biotit	10	10	5	20	15	10	<5		<5	5
Klorit		5	10	<1	<5					
Oxid	5	5	<1	5	<5	5	5	10	<1	<5
Turmalin	<1	<1		<5	<5	<1				<1
Granat				<1		<5				<5
Epidot									30	
Amfibol									<1	
Sericit								50		
Andalusit						<5				<1

Tabell 5. Erhållen data från EMPA. Dessa värden har legat som bas för P/T-beräkningarna presenterade i projektet. Koncentration av ämne är presenterat i perocent (%).

Name	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	No.	Total
FMP12-grt2-and	37.411	0.025	61.616	0.014	0	1.21	0.005	0.038	0	0.052	0.028	25	100.3989
FMP12-grt2-bt	35.543	0.927	20.682	0.053	0	11.817	0.265	16.331	0	0.335	7.247	26	93.4071
FMP12-grt2-core	37.97	0.0847	20.6	0.0152	0	20.98	16.05	2.64	1.5	0.1073	0.0279	22	100.0033
FMP12-grt2-mu	45.407	0.555	33.506	0.007	0	2.754	0.058	0.775	0.019	1.071	9.274	27	93.4261
FMP12-grt2-qtz	99.906	0	0.133	0	0	0.045	0.017	0.002	0	0.018	0.008	24	100.1289
FMP12-grt2-rim	38.42	0.0339	20.81	0	0	22.03	15.88	2.68	1.3381	0.0742	0.037	23	101.3423
FMP12-grt3-alb	61.178	0.031	25.201	0.017	0	0.333	0.037	0.032	6.544	7.732	0.109	20	101.214
FMP12-grt3-bt	37.868	1.167	19.652	0	0	11.118	0.225	15.434	0.001	0.341	9.475	19	95.6701
FMP12-grt3-core	38.57	0.0308	20.53	0.0065	0	20.76	16.85	2.54	1.72	0.1444	0.0046	16	101.206
FMP12-grt3-mu	46.552	0.625	34.329	0.047	0	2.231	0.041	0.737	0.036	1.001	9.648	21	95.2471
FMP12-grt3-rim	38.05	0	20.58	0	0	21.79	15.71	2.71	1.2664	0.0632	0.0295	17	100.2294
FMP12-grt4-alb	61.123	0	24.958	0.026	0	0.108	0.052	0	6.432	7.711	0.072	15	100.4819
FMP12-grt4-bt	37.493	1.227	18.931	0.028	0	12.02	0.255	14.442	0.029	0.52	9.227	18	94.397
FMP12-grt4-bt	37.875	1.327	19.51	0.046	0	12.453	0.264	14.218	0.041	0.305	9.355	13	95.6381
FMP12-grt4-core	37.86	0.0449	20.1	0.0108	0	21.38	15.51	2.49	1.3739	0.1228	0.1288	11	99.0779
FMP12-grt4-mu	46.028	0.514	33.721	0.076	0	2.344	0.012	0.797	0.043	0.948	9.293	14	93.7761
FMP12-grt4-rim	38.41	0.083	20.59	0	0	21.5	15.62	2.6	1.41	0.1089	0.0611	12	100.4221
FMP12-grt5-alb	60.438	0	25.254	0.01	0	0.134	0	0	6.743	7.551	0.065	33	100.1949
FMP12-grt5-bt	37.651	1.206	18.893	0.002	0	11.836	0.286	15.026	0.055	0.278	9.197	31	94.6811
FMP12-grt5-core	38.35	0.0764	20.46	0	0	20.68	16.72	2.54	1.81	0.0582	0.0264	29	100.7602
FMP12-grt5-mu	45.596	0.452	34.644	0.002	0	2.391	0.065	0.684	0.047	1.043	9.663	32	94.5871
FMP12-grt5-rim	38.34	0.0057	20.63	0.0152	0	21.63	15.69	2.58	1.55	0.0592	0.0521	30	100.5955
FMP12-grt6-alb	60.305	0	25.167	0.074	0	0.158	0.046	0.004	6.897	7.132	0.104	9	99.887
FMP12-grt6-bt	37.741	1.193	19.786	0.009	0	11.435	0.287	14.858	0	0.328	9.205	8	95.0711
FMP12-grt6-core	38.19	0.0412	20.36	0.0044	0	21.86	15.94	2.65	1.46	0.1155	0.0294	6	100.7007
FMP12-grt6-mu	46.223	0.628	34.349	0.026	0	2.493	0.06	0.659	0.039	0.995	9.684	10	95.156
FMP12-grt6-rim	38.58	0.0005	20.69	0.0044	0	21.26	16.14	2.43	1.46	0.062	0.0737	7	100.7147
FMP12-grt7-alb	61.224	0.026	24.43	0.007	0	0.043	0.081	0.01	6.381	7.644	0.069	5	99.9151
FMP12-grt7-bt-core	37.742	1.246	19.209	0	0	11.543	0.19	14.982	0.027	0.339	9.282	3	94.8331
FMP12-grt7-bt-rim	37.55	1.136	19.349	0.03	0	12.036	0.406	15.496	0.045	0.251	8.425	4	94.9351
FMP12-grt7-core	37.64	0.2743	20.26	0.0347	0	20.99	15.68	2.59	1.74	0.1728	0.0398	1	99.5876
FMP12-grt7-rim	38.08	0.0084	20.39	0	0	21.58	15.9	2.62	1.3662	0.0372	0.0351	2	100.0249
FMP21-Amf6-host	40.86	0.705	17.069	0.002	0	4.997	0.448	21.398	0.038	0.094	9.594	84	95.3541
FMP21-Amf6-inclu	27.076	0.584	12.78	0	0	3.31	20.691	14.492	0.162	0.305	5.933	85	85.333
FMP21-Unk1	30.424	0.338	7.73	0.009	0	3.336	0.097	0.637	2.407	1.87	3.165	83	50.0131
FMP25-Amf5	35.535	0.381	16.832	0.166	0	5.505	0.497	25.535	0.256	0.172	3.88	81	88.886
FMP25-Amf7	40.436	0.645	15.765	0.439	0	6.463	0.475	19.846	0.062	0.246	9.728	82	94.306
FMP25-grt1-alb	61.901	0.023	23.641	0	0	0.154	0.006	0.004	5.214	8.358	0.112	36	99.413
FMP25-grt1-bt	37.507	1.402	19.552	0.062	0	11.67	0.177	13.916	0.023	0.343	9.541	38	94.4761
FMP25-grt1-core	38.13	0.1315	20.54	0.0087	0	20.88	16.74	2.68	1.3472	0.18	0.0158	34	100.7976
FMP25-grt1-mu	48.757	0.695	32.683	0.026	0	2.337	0.115	0.606	0.022	1.098	9.285	37	95.624
FMP25-grt1-rim	38.16	0.0366	20.58	0	0	21.05	16.69	2.3	1.1755	0.6459	0.0553	35	100.8912
FMP25-grt2-alb	62.718	0	23.618	0	0	0.083	0.034	0.004	4.147	8.459	0.466	41	99.5291
FMP25-grt2-bt	37.523	1.677	20.094	0	0	11.611	0.234	13.915	0	0.271	9.516	43	95.1771
FMP25-grt2-core	38.23	0.0391	20.6	0	0	21.32	16.14	2.64	1.1271	0.1193	0.0253	39	100.2595
FMP25-grt2-mu	46.297	0.631	34.689	0.007	0	2.389	0	0.687	0.027	1.128	9.632	42	95.487
FMP25-grt2-rim	38.35	0.0281	20.76	0.0239	0	20.17	17.46	1.87	1.2054	0.0496	0.0484	40	100.0108
FMP25-grt3-alb	62.56	0	23.667	0	0	0.033	0.056	0.005	4.583	8.618	0.065	48	99.5871
FMP25-grt3-bt	37.633	1.498	19.334	0.03	0	12.109	0.174	14.202	0.043	0.25	9.608	49	95.2231
FMP25-grt3-chl	36.457	0.356	32.438	0.021	0	6.79	0.077	7.056	0.717	1.965	0.083	46	85.9601
FMP25-grt3-core	37.72	0.0156	20.52	0.0888	0	20.67	18.11	2.28	1.2135	0.0799	0.0294	44	100.7794
FMP25-grt3-mu	47.038	0.546	32.76	0	0	2.347	0.058	1.156	0.07	0.86	9.665	47	94.5
FMP25-grt3-rim	38.58	0.0068	20.87	0	0	21.24	16.58	2.58	1.1512	0.0904	0.036	45	101.2214
FMP25-grt4-alb	61.862	0	23.55	0.031	0	0.182	0.013	0	4.956	8.593	0.077	54	99.2641
FMP25-grt4-bt	37.437	1.31	19.203	0.053	0	11.88	0.272	14.596	0.021	0.193	9.604	52	94.9461
FMP25-grt4-core	37.76	0.0615	20.36	0.0152	0	21.41	16.34	2.51	1.1135	0.0901	0.0325	50	99.8013
FMP25-grt4-mu	46.615	0.49	34.742	0.026	0	2.295	0.105	0.611	0.032	1.045	9.846	53	95.8071
FMP25-grt4-rim	37.87	0	20.34	0	0	21.25	16.81	2.3	1.1165	0.1113	0.0497	51	99.9523
FMP25-grt5-alb	61.8	0.011	23.324	0	0	0.132	0.025	0.011	5.196	8.287	0.073	57	98.8591
FMP25-grt5-bt	37.358	1.257	19.443	0	0	11.804	0.188	14.933	0.064	0.382	9.436	59	95.2441
FMP25-grt5-core	37.61	0.0391	19.98	0	0	21.58	16.05	2.62	1.2038	0.2247	0.1071	55	99.5653
FMP25-grt5-mu	45.614	0.688	33.997	0	0	2.559	0.073	0.669	0	1.193	9.444	58	94.2371
FMP25-grt5-rim	37.81	0.0104	20.5	0	0	21.31	17.6	1.98	1.2029	0.0303	0.0639	56	100.5181
FMP25-grt6-alb	62.062	0	23.408	0	0	0.08	0.022	0.012	4.687	8.649	0.076	62	98.9961
FMP25-grt6-bt	36.66	1.402	19.344	0.03	0	13.287	0.247	13.834	0.024	0.326	9.308	64	94.7241
FMP25-grt6-core	37.79	0.0834	20.03	0.0173	0	21.4	15.78	2.69	1.1536	0.137	0.0374	60	99.2924
FMP25-grt6-mu	46.292	0.518	34.482	0	0	2.309	0.049	0.67	0	1.088	9.568	63	94.9761
FMP25-grt6-rim	37.59	0	20.57	0.0173	0	21.57	16.12	2.55	1.1178	0.1777	0.0588	61	99.8923
FMP25-grt7-alb	61.66	0.014	23.71	0.038	0	0.223	0.07	0.02	5.042	8.443	0.086	68	99.306
FMP25-grt7-bt	37.235	1.43	19.786	0	0	11.609	0.371	14.667	0.042	0.325	9.488	67	95.2951
FMP25-grt7-core	37.84	0.1235	20.42	0	0	20.78	16.74	2.56	1.2702	0.1278	0.036	65	99.9342
FMP25-grt7-mu	45.516	0.536	34.062	0	0	2.102	0.015	0.898	0.045	0.987	9.843	69	94.0041
FMP25-grt7-rim	38.2	0.0047	20.57	0.0086	0	21.71	16.49	2.55	1.1213	0.0864	0.0434	66	100.7843
FMP25-grt8-alb	62	0.017	23.976	0.024	0	0.113	0.047	0	5.378	8.253	0.092	73	99.9
FMP25-grt8-bt	35.399	1.258	19.41	0.014	0	12.785	0.269	15.635	0.045	0.287	7.85	72	93.1481
FMP25-grt8-core	38.01	0.0705	20.71	0.0346	0	21.18	18.13	1.5675	1.1779	0.0854	0.0321	70	101.0977
FMP25-grt8-mu	45.675	0.664	34.056	0	0	2.475	0	0.648	0	1.07	9.282	74	93.87
FMP25-grt8-rim	37.41	0.0546	20.4	0.0433	0	20.93	16.43	2.38	1.1132	0.1766	0.048	71	99.0922
FMP25-grt9-alb	62.36	0.037	23.306	0.031	0	0.178	0.099	0.025	4.721	8.774	0.125	80	99.6561
FMP25-grt9-bt	37.577	1.374	20.049	0	0	12.104	0.282	14.441	0.028	0.347	9.342	78	95.903
FMP25-grt9-chl?	37.964	0	21.293	0.056	0	21.774	16.55	2.448	1.151	0.03	0	77	101.266
FMP25-grt9-core	37.73	0.0442	20.48	0.0151	0	21.71	16.86	2.27	1.1679	0.0835	0.0088	75	100.4581
FMP25-grt9-mu	45.938	0.637	34.391	0	0	2.498	0.082	0.706	0.031	1.107	9.494	79	94.8841
FMP25-grt9-rim	37.59	0	20.42	0	0	21.62	17.09	2.31	1.0729	0.0096	0.0328	76	100.1452