



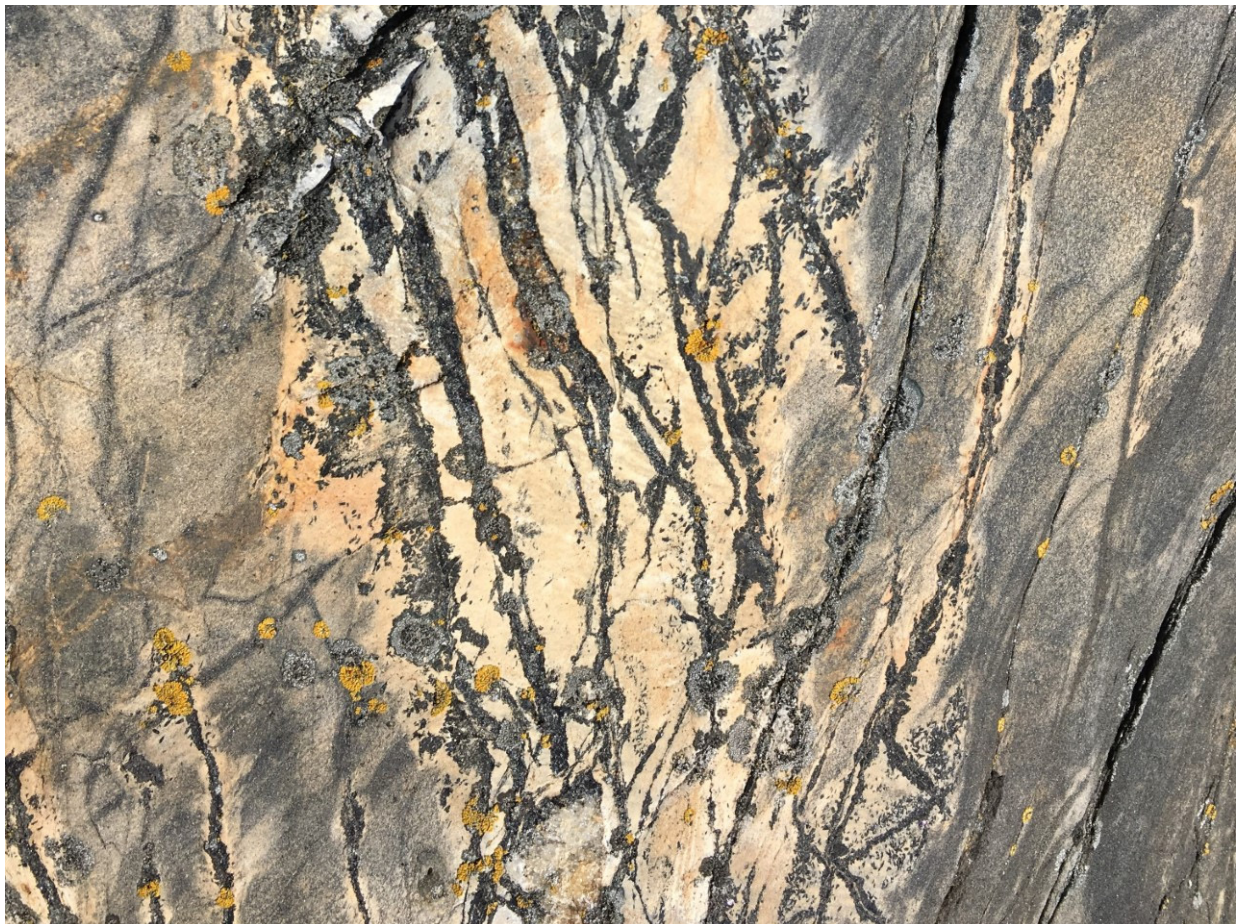
Stockholm
University

Bachelor Thesis

Degree Project in
Geology 15 hp

**En fältstudie samt petrografisk och röntgenfluorescens-
analys av sidobergartsomvandlingar vid
Stora Sillsvik på Utö**

Alexander Wallén



Stockholm 2019

Department of Geological Sciences
Stockholm University
SE-106 91 Stockholm

Sammanfattning

Utö har en berggrund tillhörande bergslagen som är lokaliserat i den sydliga Svekofenniska provinsen. Berggrunden består av till stor del exponerade metasediment som formats i en litifierad ackretions kil 1904Ma (Talbot, 2008). Den geologiska historien kring formationen av Utö ifrån tektonisk miljö till metamorfa förhållanden är väl studerat, däremot finns få metasomatiska omvandlingar dokumenterade. Genom att undersöka potentiella metasomatiska omvandlingar som lokaliserats i området Stora Sillsvik på Utö kan en bättre förståelse om de processer som präglat Utö erhållas. Fältbeskrivning ges tillsammans med petrografisk analys för fem stuffer och röntgenfluorescens analys (XRF) av fyra alterationer, sammantagen med en beskrivning av trender, som kan återfinnas mellan alterationer och sidobergart. Petrografisk samt röntgenfluorescens analys visar på ett utbyte mellan kalcium, kalium och järn skett i sidobergartsomvandling där kalcium berikats av koldioxid haltiga fluider under tiden järn och kalium urlakats från sidobergart.

Nyckelord: Utö, fluider, metamorfos, metasomatos, sidobergart, sidobergartsomvandling, omvandlingsåder

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	1
Introduktion	3
Syfte	3
Introduktion till metamorfos	3
Metasomatos och fluida interaktioner	4
Sidobergartsomvandling.....	4
Geologisk bakgrund av Utö.....	5
Utö, Berggrund i Stora Sillsvik.....	6
Metod.....	7
Fältområde.....	7
Fältskiss	7
Provtagning av Bergart och Preparation av Tunnslip	7
Petrografisk analys och Punkträkning.....	7
Röntgenfluorescens analys (XRF).....	7
Resultat	8
Bergartsprover och tunnslip	8
Bergarts analys.....	8
Fältskiss	9
Tunnslipsanalys, Petrografi och punkträkning.....	9
Tunnslip 19U-01C.....	10
Tunnslip 19U-02C.....	11
XRF analys	13
Lokal 1	14
Lokal 2	15
Lokal 3	16
Lokal 4	17
Lokal 4, Trender för respektive zon	18
Sammanfattning av generella trender.....	19
Diskussion	20
Slutsats.....	21
Referenser.....	22
Bilagor	23

Introduktion

Malmformationer kan i många fall kopplas till hydrotermala eller metamorfa fluider. Hydrotermala malmformationer är huvudkällan till många av de viktigaste grundämnena så som koppar, zink, molybden och guld (Winter, 2010). Fluider har exempelvis sitt ursprung ifrån dehydrerings/dekarboniserings reaktioner som skapar fria fluider, de hydrotermala fluiderna urlakar sidobergarter på grundämnen genom metasomatos, som berikas i fluiderna. Fluiderna agerar som transportörer där malmmineraler kan fälls ut i åderformationer, porutrymmen eller ersättningsdepositioner genom att en temperatur, tryck, kemisk eller pH förändring sker (Robb, 2005). Utö har en gruvhistoria som började på 1100-talet med brytandet av bandade järnformationer (BIF). Den geologiska historien kring formationen av Utö ifrån tektonisk miljö till metamorfa förhållanden är väl studerat (Talbot, 2008). Däremot vet vi lite, till ingenting, om fluiders påverkan på Utö trots dess betydelse för malmformationer.

Syfte

Ändamålet med avhandlingen är att undersöka om studieområdet i tal har utsatts för hydrotermal metasomatos och om fluider, grundämnen samt kemiska föreningar mobiliserats in situ eller om dem härstammar från en extern källa. Resultaten kan ge anlag till vidare studier då metasomatos på Utö inte är väldokumenterat.

Introduktion till metamorfos

Metamorfos är den process där en bergarter genomgår en förändring i mineraluppsättning eller textur på grund av ändrad temperatur, tryck, skjuvspänning och/eller interaktion med fluider. Metamorfos kan skildras som omkristallisering, fasförändring och metamorfa reaktioner. Under metamorfos sker temperatur och tryck förändringar som kopplas till ett P-T-t bana (Tryck-temperatur-tid bana). Högsta temperatur en bergarter utsätts för kategoriseras som högsta metamorfa grad och kopplas till dem mineraler som formats, förutsatt att mineralen med högsta grad bevarats. Mineral formationer som sker under progradmetamorfos är merendels endotermiska dehydrering/dekarboniserings reaktioner och blir följaktligen bevarade i ett metastabilt stadie. Retrograd metamorfos involverar de reaktioner som inträffar efter högsta grad metamorfos åstadkommit. Retrograda reaktioner är i allmänhet exoterma men då bergarten avkyls under retrograd metamorfos återfinns det lite till ingen energi för att driva reaktionerna (Winter, 2010). Däremot om en tillströmning av fluider introduceras underlättas omfördelningen av element och reaktioner kan återgå att ske.

Klassificering och indelning av metamorfa bergarter har sitt ursprung i arbeten från George Barrow (1893, 1912) som studerade olika metasedimentära lager i sydöstra Skotska högländerna. Barrow upptäckte ett mönster i uppkomsten av vissa mineraler, mineralerna kunde delas in i olika metamorfa zoner beroende på vart dem först uppkom. Mineralerna som karakteriserade specifika zoner specificerades som indexmineraler. Metamorfos som visar på samma tryck-temperaturförhållande är känt som Barrovian metamorfos och är associerat till bergskedjeveckning. Gränsen som separerar de olika zonerna är kända som isograder och används för att anvisa vart specifika metamorfa index mineraler först förekommer. Metamorfa bergarter delas in i metamorfa facies som först definierats av Eskola (1915) som demonstrerar på att bergarter med liknande kemisk och mineralogisk komposition formar samma mineraluppsättning vid given temperatur och tryckförhållande. Låg P-T betecknas inom metamorfa facies som Grönskiffer, intermediär P-T som Amphibolit facies och hög P-T som Granulit-, facies.

Metamorfos sker i olika tektoniska miljöer och påverkar protolyten olika. Exempel på olika händelser som ger upphov till metamorfos är, Begravnings metamorfos, Regional metamorfos och Hydrotermal metamorfos.

Begravnings metamorfos sker när sediment successivt blir begravt och komprimerat, trycket ökar och temperaturen stiger. Temperaturökningen följer den geotermala gradienten som kan variera mellan 15–30°C/km, mellan 8-15km djup börjar metamorfos att ske (Winter, 2010). Generellt följer begravning metamorfos en P-T-t bana där högsta tryck nås före högsta temperatur.

Regional metamorfos sker under bergskedjeutveckling där stora regioner utsätts för kompression. Stora massiv förskjuts och sedimenteras på ytan, den adderade tyngden får dåvarande yta att sjunka till eventuellt stort djup. Temperaturen av protoliten ökar genom den geotermala gradienten och via magmatisk aktivitet. Detta leder till veckning och skjuvning, beroende på graden av deformation, temperatur och tryck bildas olika sorters metamorfa bergarter. Denna sortens metamorfos påverkar stora områden och kallas därefter för regional metamorfos.

Hydrotermal metamorfos sker vid exempelvis mittocean ryggar där vatten (H₂O) sipprar ned i berggrunden genom sprickor och porer. Vattnet värms och stiger längs oceanryggen där det bildas hydrotermala fluider. Fluiderna kommer i kontakt med närliggande berggrund där dem altererar mineraluppsättningen, oftast kopplat med metasomatos. Hydrotermala fluider påverkar merendels flera metamorfa miljöer och kan därför vara svårt att fästa vid en miljö. (Winter,2010)

Metasomatos och fluida interaktioner

Fluiden kan agera som transportörer, där de adderar alternativt subtraherar element vid interaktioner med en bergart. I huvudsak är metasomatos kemisk alterering och upplösning av mineraler, parallellt med deponering och kristallisering av metasomatiska mineraler, med skilda mineralogiska och kemiska egenskaper i en solid bergart. Skillnaden mellan vad som klassificeras som metasomatos och fluida interaktioner med berggrund, är att under metasomatos adderas alternativt subtraheras huvudgrundämnen och fluider. Interaktioner sker oftast längs med sprickor, vesiklar och porer där fluider kaneleras under det hydrotermala till begravnings stadiet (Robb, 2005). Fluider produceras när vattenhaltiga mineraler utsätts för metamorfos och kemisk alterering vilket skapar fria fluider som rör sig genom överliggande jordskorpa mot ytan. Fluider har lägre densitet än berggrund och har följaktligen en bärkraft.

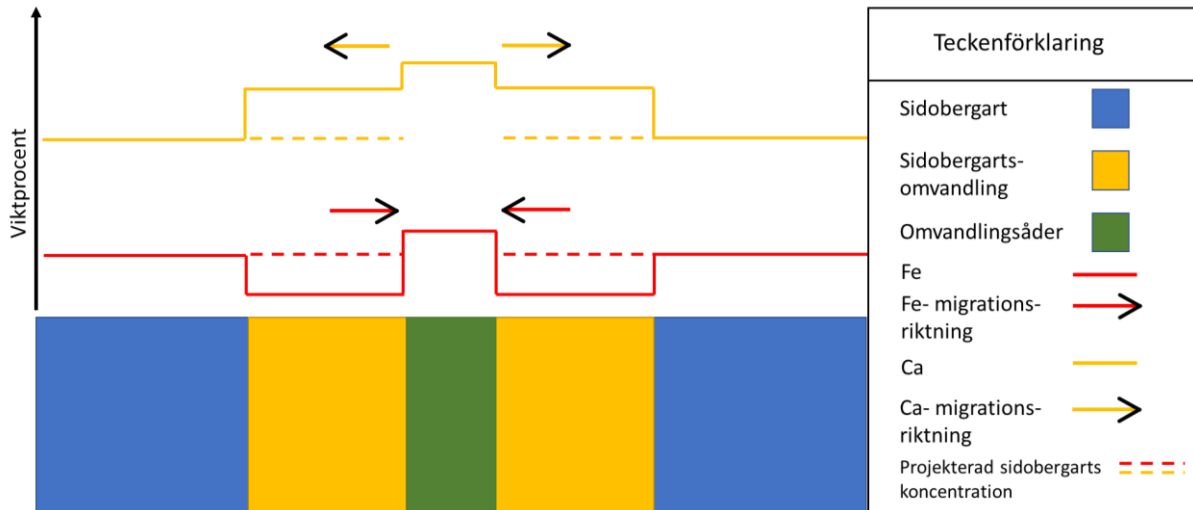
Exempel på närvaro av fluider är kvartsådror som formas när temperatur eller tryckminskning sker, till exempel vid sprickbildning. Lösligheten minskar vilket leder till utfällning och kristallisering av kvarts och eventuella malmmineraler (Bons, 2001; Robb, 2005).

Det viktiga med förståelsen om fluiders mobilitet i bergarter är malmformationer och hur man kan förutspå vart dem kan hittas. Fluider fungerar som transportörer av ämnen och kan koncentrera dem i ådror. Moderna användningsområden är exempelvis guldbrytnings industrin som i många fall följer kvartsådror där guld ansamlats (Robert, & Kelly, 1987).

Sidobergartsomvandling

Hydrotermala influenser av fluider reagerar med en sidobergart för att forma en, till dels ny, mineraluppsättning med förändrad kemisk komposition, mineralogi och egenskaper. Fem faktorer styr i vilken grad sidobergartsomvandlingen sker, temperatur, tryck, sidobergarts sammansättning, fluiders sammansättning och andelen fluider mot sidobergart. Temperatur och tryck bestämmer vilka mineralerfaser som kan formas, sidobergart och fluiders sammansättning bestämmer vilka mineralsammansättningar som kan formas medan andelen fluider till sidobergart påverkar i vilken utsträckning reaktioner sker i (Robb, 2005). Bestämning om fluider producerats in situ eller om dem

härstammar ifrån en extern källa görs genom att jämföra koncentrationen av grundämnen i sidobergart med sidobergartsomvandling (Figur 1). Ifall en ökad koncentration återfinns i sidobergartsomvandling indikerar det på att fluider varit bärande av grundämnet och därav producerats ifrån en extern källa, på samma sätt om en minskning återfinns i sidobergartsomvandling indikerar det på att fluider urlakat det grundämnet in situ.



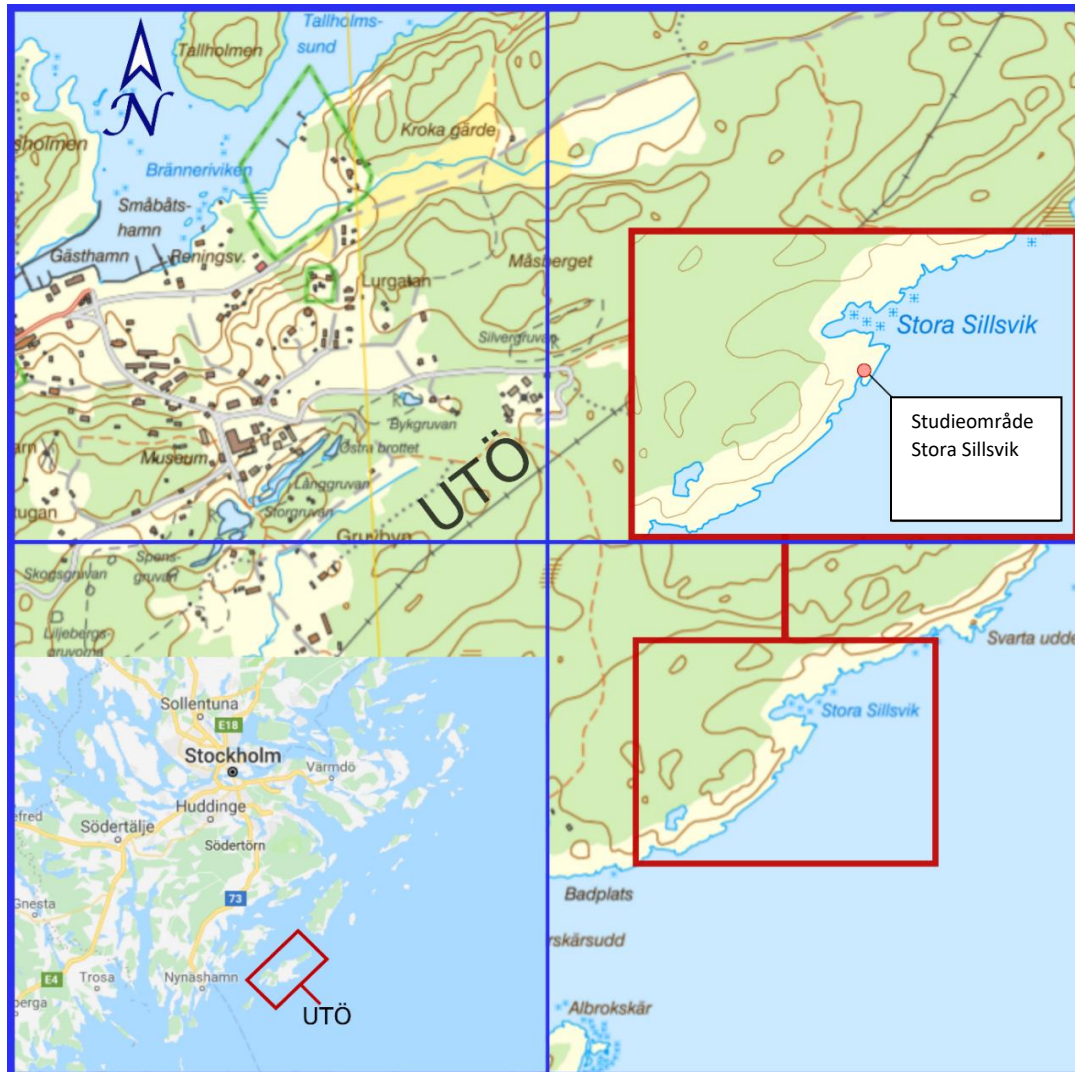
Figur 1, figuren visar en Identifiering av fluiders uppkomst genom att jämföra viktprocenten av ett ämne i sidobergart med sidobergartsomvandling

Geologisk bakgrund av Utö

Utö är beläget i Stockholms sydöstra skärgård och tillhör Bergslagen. Ordet Bergslagen härstammar från gammalsvenska och kommer ifrån det juridiska rättssystemet kring bergslag och malmbrytning. Bergslagen är en del av sydöstra Svekofenniska provinsen som tros ha utvecklats under fyra event inom den Svekofenniska orogenesisen. Formation av akkretions kil i en subduktionszon följt av en kollision mellan öbågar vid 1.87–1.79Ga som formar början på den svekofenniska orogenesisen (Korja, et al. 2006). Akkretionen formade en kontinentalsockel med silikatsediment och karbonatavlagringar, magmatiska intrusioner av ryolitisk och andesitisk komposition skapade höga temperaturer som litifierade sockeln ca 1904Ma (Talbot, 2008).

Sedimentavlagringar på kontinentalsockeln varierade i komposition och mäktighet, perioder med kraftiga karbonatavlagringar varvades med ler och sandsediment samt pyroklastiska flöden. Kontinentalbranten var instabil och gav upphov till ett flertal slamflöden och breccia av silikathaltiga metasediment med fragment på decimeter skala (Talbot, 2008).

Akkretion var följt av metamorfos i två etapper med deformation och veckning av berggrund. Zonering i andalusit, korderit och granater kan hittas i metagråvackan och är resultatet av två tillväxtfaser (Talbot, 2008). Den första etappen av orogenes förde upp den första generationen av litifierat sediment på kontinentalsockeln och veckade hela kontinentalsockeln vilket skapade en foliering, detta är känt som den äldsta tektoniska strukturerna på Utö (Talbot, 2008). Andra etappen av orogenes gav upphov till en foliering med tydliga veck genom stora delar av Utö, den enda berggrund som inte utvecklats en foliering är lagergångar som legat längs med veckningens plan (Talbot, 2008).



Figur 2, Karta över Utö samt vart studieområdet Stora Sillsvik är lokaliserat, Skala 1:10 000, SWEREF 99 TM, RH 2000. Källa, Lantmäteriet <http://www.lantmateriet.se/kartutskrift>

Utö, Berggrund i Stora Sillsvik

Utö har en rik berggrund bestående av malmformationer, metakarbonater, metasedimentära och metamagmatiska bergarter. Studieområdet i fokus ligger vid västra stora Sillsvik (Fig.2) och består av väl preserveerad skiktad metagråvacka. Protoliten till metagråvackan i tal härstammar ifrån ler och sandsediment som sedimenterats i djuphav. Metamorfof av berggrund förmodas ha ägt rum kring 1860-1840Ma (Talbot, 2008). Metamorfa index mineraler kan hittas i den metamorfa gråvackan och indikerar på en temperatur som legat vid 600–700 °C (Barrientos 2011). Hälften av den metagråvacka som kan hittas är skiktad med lager på cm till m skala. Resterande består av interlaminära enheter vilket tros vara turbiditer som deponerats längs med fronten av en akretions kil. Den skiktade metagråvackan delas in i två grupper, graderade turbiditer som deponerats i en djupgrav, djuphavsslätt och/eller i en undervattens kanjon. Andra gruppen består av tunnare lager på mindre än 1dm med interlaminär sandgyttja till siltgyttja som har deponerats i ett kontinentalsockelområde (Talbot, 2008).

Metod

Fältområde

Den 6 april gjordes den första exkursion till Utö i sällskap av handledaren Alasdair Skelton. Kollektivtrafik togs till Årsta brygga där ett byte till färja gjordes. Färja togs till Gruvbryggan på Utö. Väl på Utö tilldelades ett område i västra Stora Sillsvik där texturer visade på möjliga fluida interaktioner.

Fältskiss

Fältskiss gjordes över studieområdet i Stora Sillsvik där texturen och strukturen kring dem fluida alterationerna var i fokus.

Provtagning av Bergart och Preparation av Tunnslip

Den 9 april gjordes den andra exkursionen till Utö, provtagnings platser i området valdes utefter tillgänglighet och textur samt minst påverkan på lokalen. Provtagnings platser med omvandlingsåder, sidobergartsomvandling och sidobergart prefererades över prover med enskilda zoner. Slägga och kil användes för att försiktigt lösgöra stuffer och minska sprickbildning.

Stufferna togs sedan till ett labb på *Institutionen för geologiska vetenskaper, Stockholms universitet*, där dem markerades och skars med diamantsåg utefter dimensionerna av ett tunnslip. Sågsnitten placerades så att en genomskärning av texturen kunde ses för att underlätta placeringen av dem slutgiltiga sågsnitten. Stuffer med tydlig textur prefererades över stuffer med en enskild zon. Fem tunnslipsblock skickades till Vancouver *Petrographics LTD, Kanada*, där dem preparerade och slipades till slutgiltiga tunnslip.

Petrografisk analys och Punkträkning

Tunnslip av proverna analyserades visuellt under mikroskop av modell *LEICA DMLP* med polariserat och korspolariserat ljus. Syftet var att bestämma mineralogin, eventuella reaktions texturer och styrka fältobservationer.

Punkt räkning utfördes med ett mikroskop av modell *LEICA DMLSP* med programmet *PelconPointCounter9*. 500 punkt mätningar gjordes per zon (Sidobergart, Sidobergartsomvandling, omvandlingsåder) med 0,3mm mellanrum. Två av tunnslipen valdes ut för punkträkning då dem innehöll samtliga zoner. Punkträkning gjordes för att bestämma andelen av olika mineraler. Bilder på tunnslipen togs med en *Nikon SUPERCOOLSCAN9000* och *LEICA DMLSP* i PPL samt XPL.

Röntgenfluorescens analys (XRF)

En röntgenfluorescens (XRF) analyser är ett instrument som använder sig av röntgenstrålning för att förskjuta dem innersta elektronerna i en atom. Röntgenstrålningen emitteras ifrån ett röntgenrör som sitter inuti XRF analyseraren, strålningen träffar dem elektroner som sitter i den innersta orbitalen. Elektronerna absorberar energin och emitteras ifrån atomen, elektroner från högre orbitaler hoppar ned till den innersta för att fylla den vakans som skapas. Elektroner i högre orbitaler har högre bindningsenergi än dem i lägre och måste därför avge energi när dem hoppar till en lägre orbital. Avståndet mellan orbitaler bestämmer hur mycket energi som avges och är unikt för alla element. XRF analysen mäter den energi som avgetts ifrån atomen i form av fluorescens och jämför med kända värden för olika element.

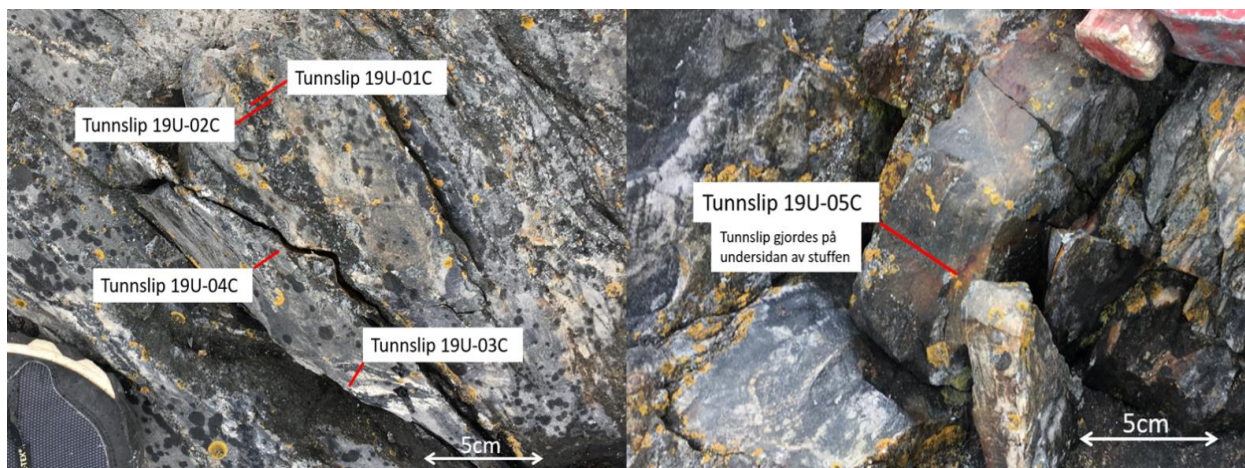
En portabel XRF av modell *Delta Professional* användes i studieområdet Stora Sillsvik den 16 april för att mäta dem misstänkta fluida alterationerna. En streckad linje med ca 3mm mellanrum drogs över fem alterations zoner, linjerna var noggrant dragna så att sidobergart, sidobergartsomvandling och omvandlingsåder inkluderades. Analyser gjordes med 3mm mellanrum över hela alterationen,

ämnen som hamnade under 1% slopades eftersom noggrannheten minskar vid lägre värden, däremot behövs värdena för kalium (K), järn (Fe), aluminium (Al) och kalcium (Ca) då dem är huvudelementen i den studerade sidobergarten. XRF värden användes för att stärka tunnslipsanalysen samt för att se generella trender mellan grundämnens koncentration för respektive zon. Alterationer som valdes för XRF analys antogs vara av samma ursprung som provtagna stuffer.

Resultat

Bergartsprover och tunnslip

Nedan visas en bild på vart respektive bergartsprover samt tunnslip erhållits från.



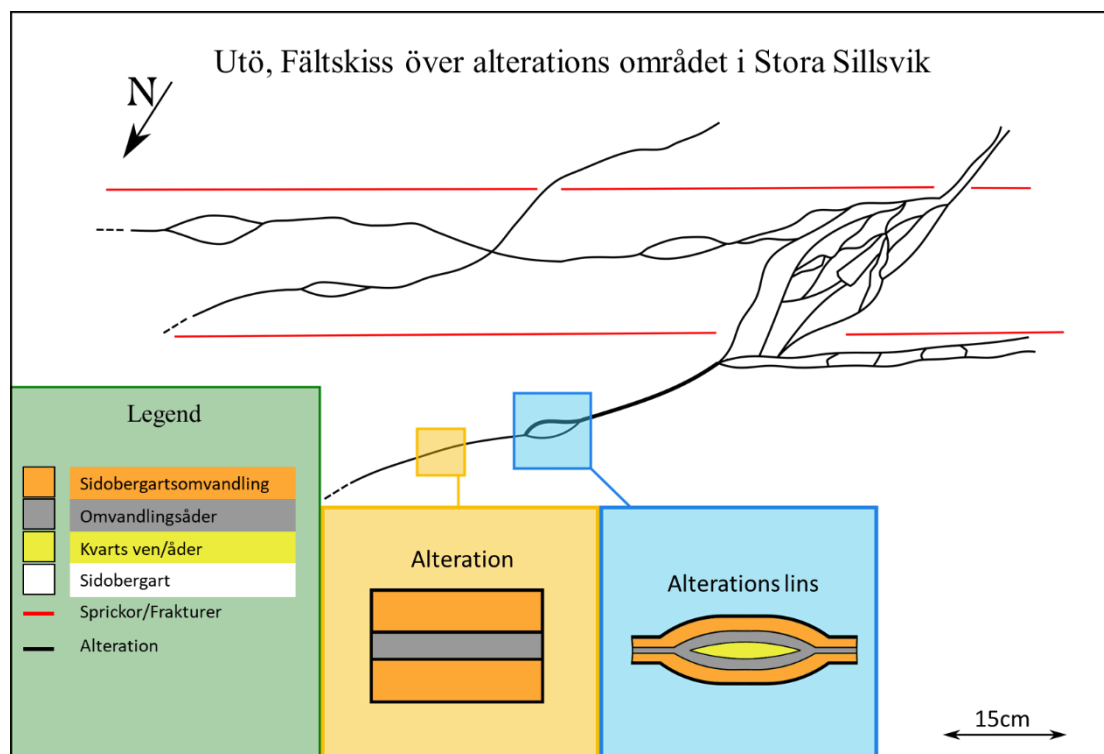
Figur 3, Bild över vart bergartsprover erhållits ifrån

Bergarts analys

Fält beskrivning av sidobergart: analyserad bergart bestå av ljusgrå homogen finkornig kristallin grundmassa med tunn ljusgrå till gul strata. Bergarten i tal identifieras vara är en metasedimentär bergart. Tunnslips analys av sidobergart: Mineral uppsättning för sidobergart är kvarts, biotit och kalcit med små mängder av muskovit och titanit. Storleken på mineraler varierar mellan finkornig till mycket finkornig med biotit och kalcit som visar på en prefererad mineralorientering. Utifrån fältobservation och tunnslips analys samt kartor av Talbot (2008) klassificeras sidobergarden som en metagråvacka.

Fältskiss

Fältskiss över alterations området med illustrerade alterationen, alterations linser och sprickor.



Figur 4, Digitaliserad Fältskiss över Studerat område i Stora Sillsvik, Original kan återfinnas under Bilagor

Tunnslipsanalys, Petrografi och punkträkning

Nedan redovisas resultaten ifrån punkträkning och tunnslipsanalys. Två av tunnslipen valdes (19U-01C och 19U-02C) för Petrografisk analys och punkträkning då dem innehöll samtliga zoner (Sidobergart, sidobergartsomvandling, omvandlingsåder). Tunnslipsanalysen redovisas med punkträkning och bilder av tunnslipen för respektive tunnslip och zon. Samtliga tunnslip har en prefererad mineralorientering som omvandlingsådrorna ligger parallellt med. Ingen prefererad mineralorientering återfinns i omvandlingsåder. Mineraler som identifierats i tunnslipsanalys men hamnar under $\leq 1\%$ i punkträkning benämns som accessoriska mineraler.

Tabell 1, Visar andelen av mineraler som identifierats i procent vid punkträkning av tunnslip 19U-01C, 500 punkter räknades för respektive zoner (Sidobergart, sidobergartsomvandling och omvandlingsåder). Mineraler som ej identifierats i en zon men återfinns i en annan markeras med (-), mineraler som identifierats i tunnslipsanalys men inte under punkträkning markeras med 0. Standardavvikelse är beräknad med van der Plas, L. & Tobi, A. C. (1965), A chart for judging the reliability of point counting results.

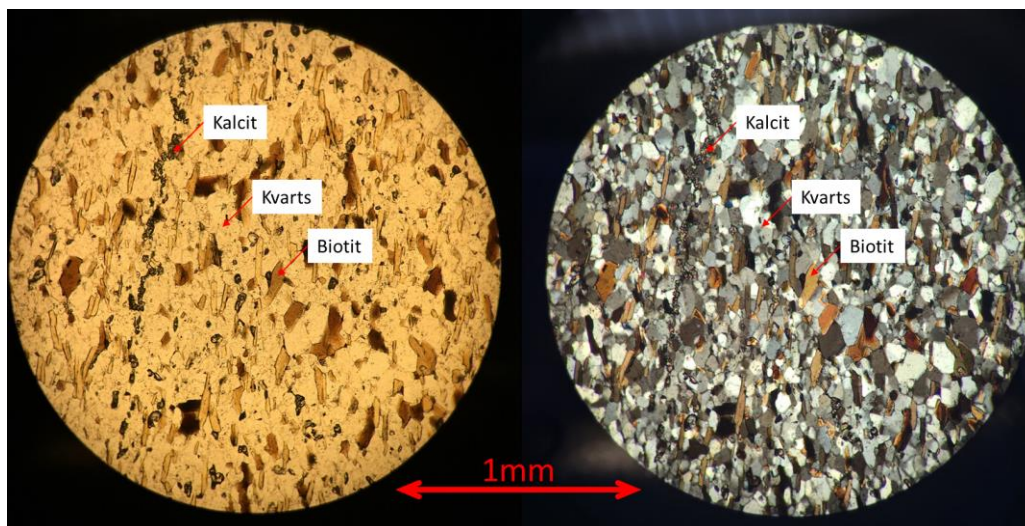
Tunnslip 19U-01C	Kvarts	Biotit	Aktinolit	Kalcit	Muskovit	Zirkon	Opak	Titanit	Plagioklas
Sidobergart	63,8± 4,3	28,1± 4,02	-	8± 1,95	0	0	-	-	-
Sidobergarts- omvandling	59,5± 4,93	15,4± 3,23	0	21,3± 3,66	-	-	3,8± 1,71	-	0
Omvandlings- åder	33,2± 4,21	28,2± 4,02	34± 4,24	1,2± 0,97	1± 0,89	0,2± 0,4	2,2± 1,31	-	-

Tabell 2, Visar andelen av mineraler som identifierats i procent vid punkträkning av tunnslip 19U-02C, 500 punkter räknades för respektive zoner (Sidobergart, sidobergartsomvandling och omvandlingsåder). Mineraler som ej identifierats i en zon men återfinns i en annan markeras med (-), mineraler som identifierats i tunnslipsanalys men inte under punkträkning markeras med 0. Standardavvikelse är beräknad med van der Plas, L. & Tobi, A. C. (1965), A chart for judging the reliability of point counting results.

Tunnslip 19U-02C	Kvarts	Biotit	Aktinolit	Kalcit	Muskovit	Zirkon	Opak	Titanit	Plagioklas
Sidobergart	72,2± 4,01	20± 3,58	-	7,4± 2,34	0	-	0,4± 0,56	-	-
Sidobergarts- omvandling	56,5± 4,43	16,8± 3,34	0	22,1± 3,71	-	-	4,6± 1,87	-	0
Omvandlings- åder	43± 4,43	19,2± 3,52	30,6± 4,12	4,2± 1,79	1± 0,89	0	2± 1,25	0	-

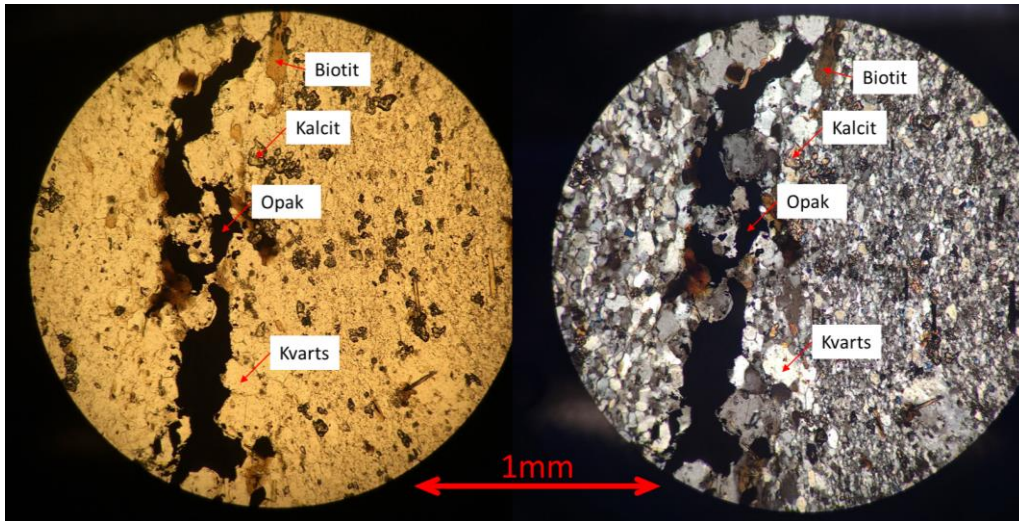
Tunnslip 19U-01C

Sidobergarten innehåller finkorniga euhedra kristaller med en mineraluppsättning av kvarts, biotit och kalcit. Accessorisk mineral såsom muskovit och zirkon kunde identifieras men låg på en procenthalt $\leq 1\%$ (Tabell 1). Bilden nedan, figur 5, visar på hur biotit och kalcit har en prefererad mineralorientering.



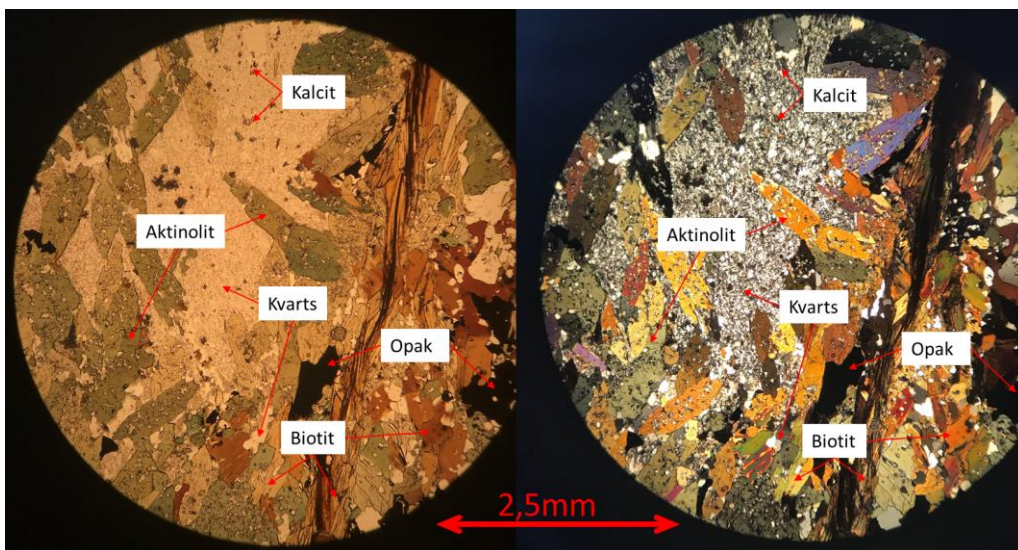
Figur 5, Tunnslip 19U-01C sidobergart, mikroskopbild i PPL samt XPL

Sidobergartsomvandlingen innehåller väldigt finkorniga till finkorniga euhedra kristaller med en mineraluppsättning av kvarts, biotit, kalcit och opak. Accessoriska mineral så som aktinolit och plagioklas kunde identifieras men låg på en procenthalt $\leq 1\%$ (Tabell 1). En prefererad mineralorientering kan ses i biotit och kalcit. Majoriteten av opak och kalcit ligger i ytterkanten av sidobergartsomvandlingen. Bilden nedan, figur 6, visar ytterkanten på sidobergartsomvandlingen där opak ansamlats, på höger sida i figuren kan det återfinnas en större mängd kalcit än på vänster sida som ligger närmare sidobergarten. Opakformationerna ligger parallellt med den prefererade mineral orienteringen.



Figur 6, Tunnslip 19U-01C sidobergartsomvandling, mikroskopbild i PPL samt XPL

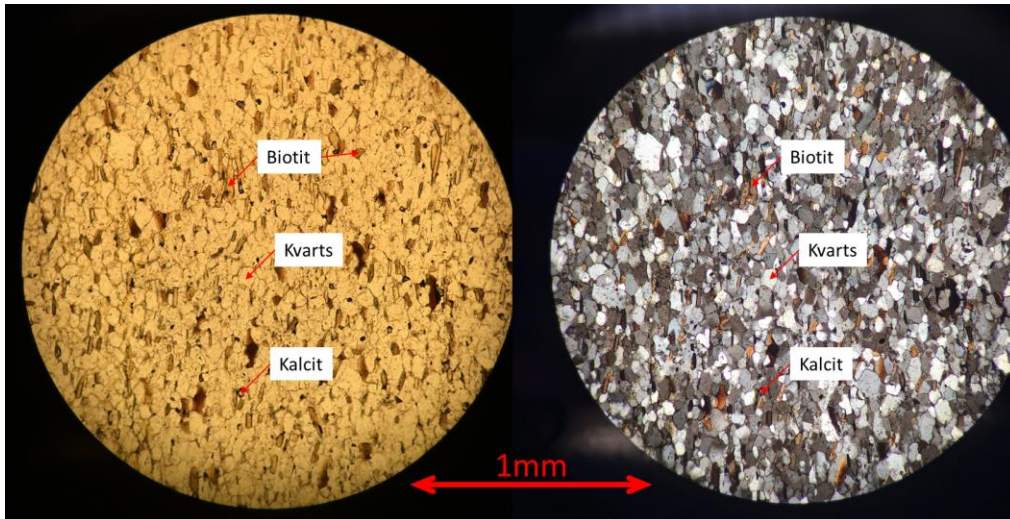
Omvandlingsådern innehåller väldigt finkorniga till finkorniga kvarts kristaller och mellankorniga aktinolit. Mineraluppsättning består av kvarts, biotit, aktinolit, kalcit och opak med accessoriska mineral så som muskovit och zirkon kunde identifieras men låg på en procenthalt $\leq 1\%$ (Tabell 1). Bilden nedan, figur 7, visar att mineralerna i omvandlingsådern följer ingen prefererad mineralorientering.



Figur 7, Tunnslip 19U-01C omvandlingsåder, mikroskopbild i PPL samt XPL

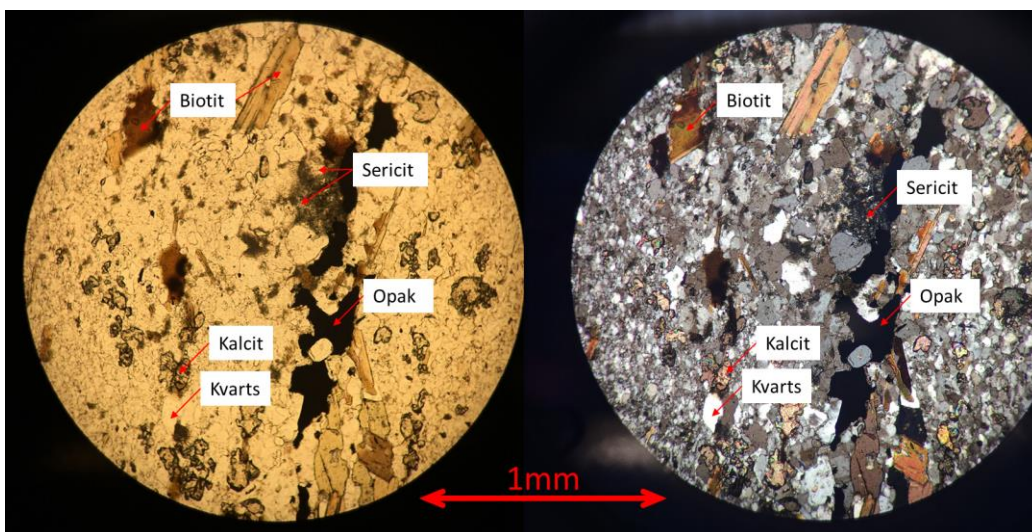
Tunnslip 19U-02C

Sidobergart innehåller finkorniga euhedra kristaller med en mineraluppsättning av Kvarts, Biotit och kalcit. Accessoriska mineral så som muskovit och opak kunde identifieras men låg på en procenthalt $\leq 1\%$ (Tabell 2). Bilden nedan, figur 8, visar på hur biotit och kalcit har en prefererad mineralorientering.



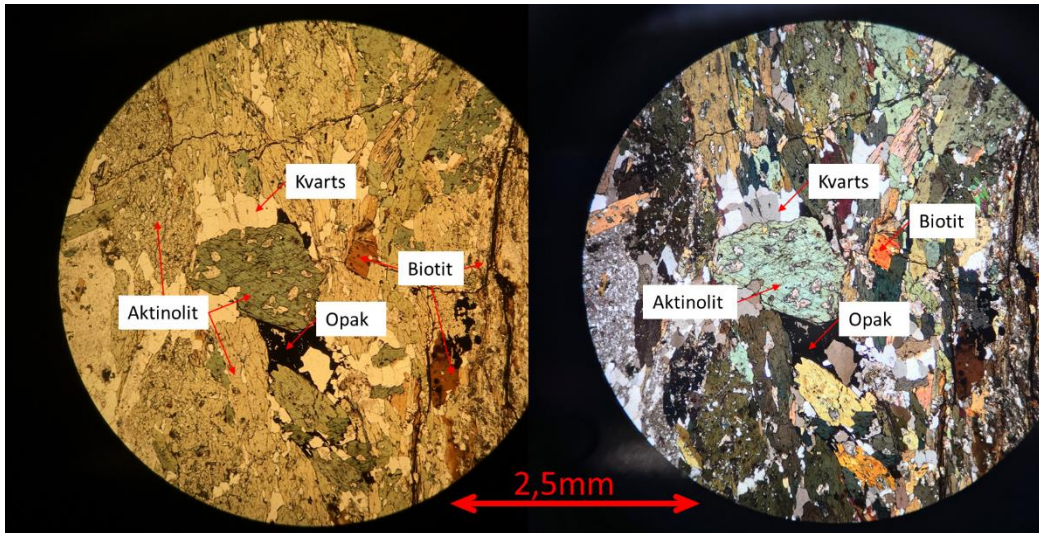
Figur 8, Tunnslip 19U-02C sidobergart, mikroskopbild i PPL samt XPL

Sidobergartsomvandling innehåller väldigt finkorniga till finkorniga euhedra kristaller med en mineraluppsättning av kvarts, biotit, kalcit och opak. Accessoriska mineral så som aktinolit och plagioklas kunde identifieras men låg på en procenthalt $\leq 1\%$ (Tabell 2). En prefererad mineralorientering kan ses i biotit och kalcit. Majoriteten av opak och kalcit ligger i ytterkanten av sidobergartsomvandlingen. Bilden nedan, figur 9, visar ytterkanten på sidobergartsomvandlingen där opaker ansamlats. Opakformationen ligger parallellt med den prefererade mineral orienteringen där Sericit kan återfinnas intilliggande opaker och kvarts.



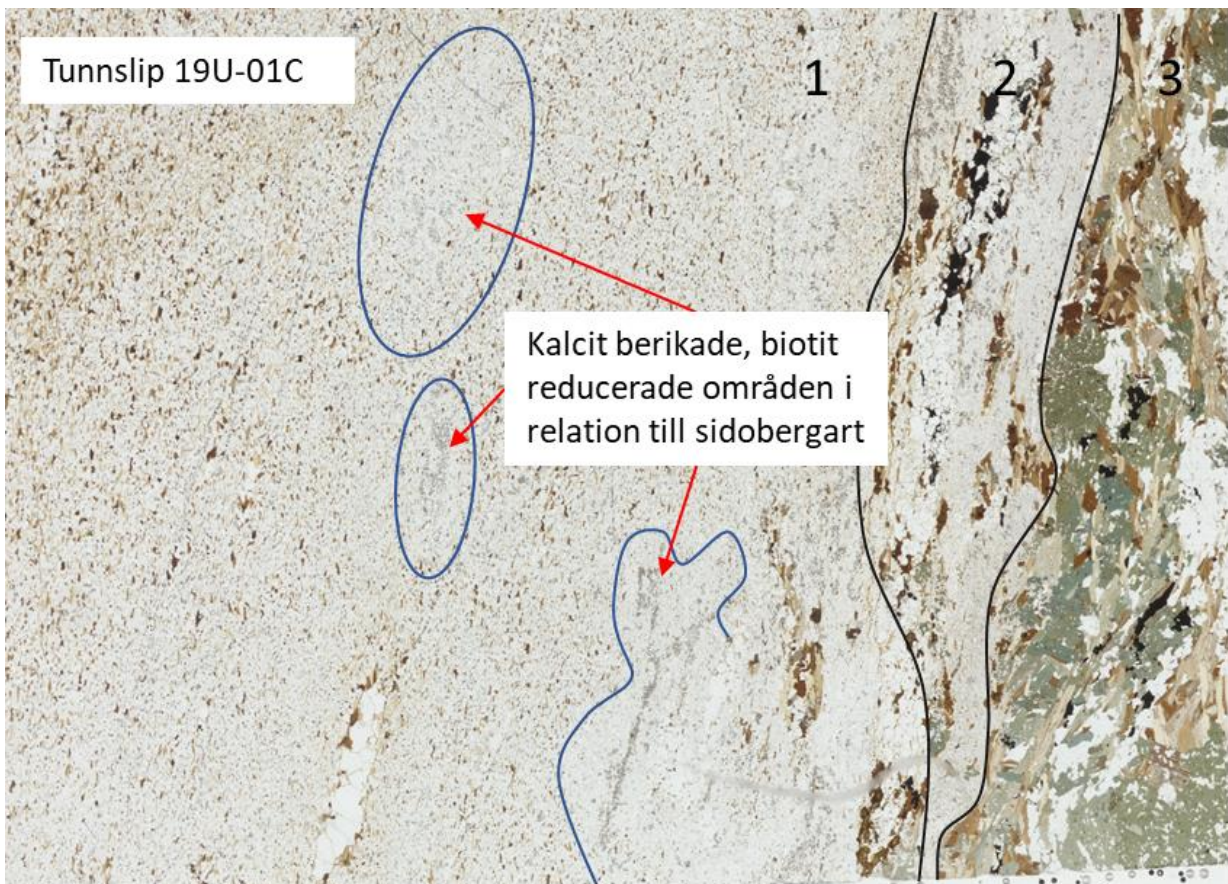
Figur 9, Tunnslip 19U-02C sidobergartsomvandling, mikroskopbild i PPL samt XPL

Omvandlingsådern innehåller väldigt finkorniga till finkorniga kvartskristaller och mellankornig aktinolit. Mineraluppsättning består av kvarts, biotit, aktinolit, kalcit och opak med accessoriska mineral så som muskovit, zirkon och titanit kunde identifieras men låg på en procenthalt $\leq 1\%$ (Tabell 2). Bilden nedan, figur 10, visar att mineralerna i omvandlingsådern inte följer en prefererad mineralorientering.



Figur 10, Tunnslip 19U-02C omvandlingsåder, mikroskopbild i PPL samt XPL

Nedan presenteras en bild av tunnslip 19U-01C där sidobergart, sidobergartsomvandling och omvandlingsåder syns. I sidobergerten kan kalcitberikade, biotit reducerade områden återfinnas.



Figur 11, Tunnslip 19U-01C, PPL, Blåmarkering visar på kalcit berikat, biotit reducerat område i sidobergart. Respektive zon avgränsas med en svart linje. Sidobergart (1), sidobergartsomvandling (2), omvandlingsåder (3)

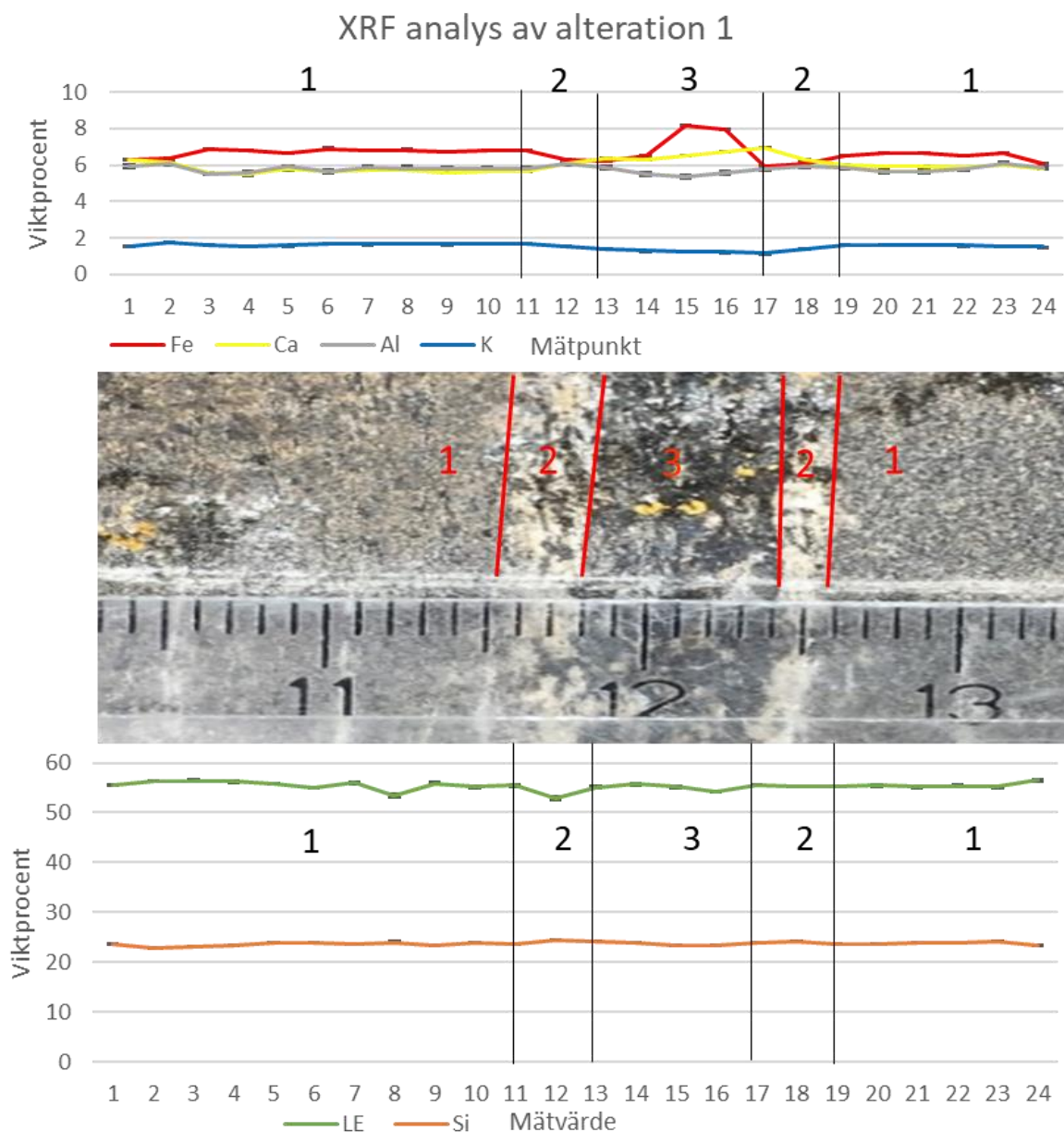
XRF analys

I det följande redovisas data som erhållits av XRF-analysen från fyra olika alterationer, med fältbild för klargörande av visuell textur. Ämnen som redovisas är mineralbyggande ämnen med 1 vikt procent eller högre, med undantaget av kalium. Grundämnen med lägre vikt än natrium (Na)

redovisas inte då dem inte kan med säkerhet detekteras av portabel XRF. Provtagningarna är representerade med diagram för respektive lokal (1–4). Fältbilder och diagram visar skala och var respektive zoner återfinns. Sidobergart är markerad med (1), sidobergartsomvandling (2), omvandlingsåder (3) och kvartsåder (4). Värdena som erhålls av XRF analysen är presenterade i viktprocent.

Lokal 1

Järn följer en jämn koncentration runt 7% i sidobergart (1), minskar till 6% i sidobergartsomvandlingen (2) för att sedan öka till 8% i omvandlingsådern (3). kalcium och aluminium följer samma koncentration i sidobergart (1). I sidobergartsomvandlingen (2) ökar kalcium och aluminium i koncentration. I omvandlingsådern (3) minskar kalcium och aluminium, generellt följer kalcium och aluminium motsatta trender i omvandlingsådern (3). Kalium (K) följer en jämn koncentration i sidobergartsomvandlingen (2) för att sedan minska i sidobergartsomvandlingen (2) och omvandlingsådern (3).

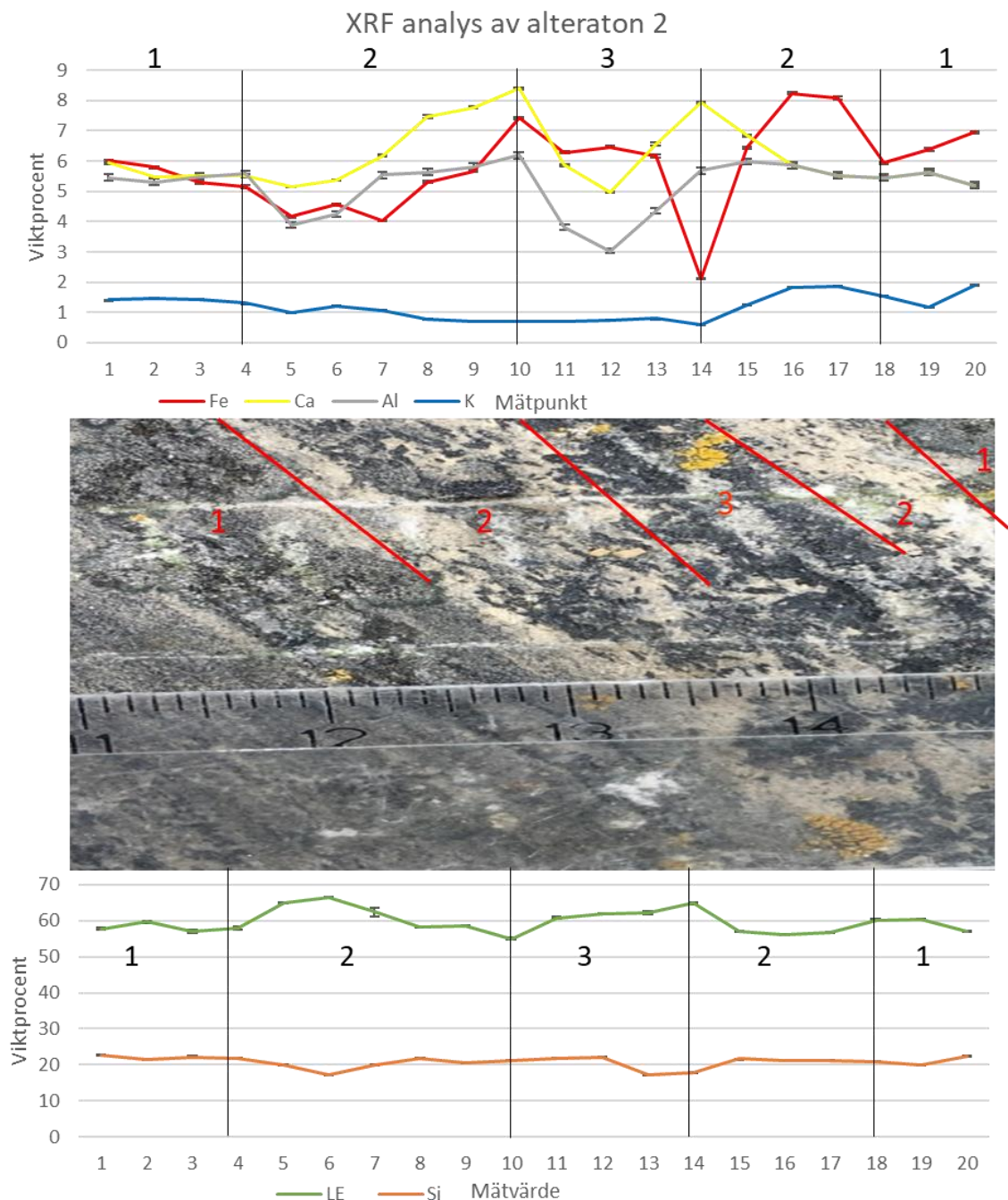


Figur 12, Fältbild samt XRF diagram över alteration 1, Stora Sillsvik, mätningar är gjorda med 3mm mellanrum

Lokal 2

Järn koncentration minskar inåt mot sidobergartsomvandling (2) (Mätpunkt 1–7) men stiger sedan mot omvandlingsådern (3) (Mätpunkt 7–10), i omvandlingsådern minskar järnhalten (3) (Mätpunkt 10–13). Järnhalten ökar sedan i sidobergartsomvandlingen (2) (Mätpunkt 14–17). Järnhalten minskar mellan sidobergartsomvandling och sidobergartsomvandling (Mätpunkt 17–18).

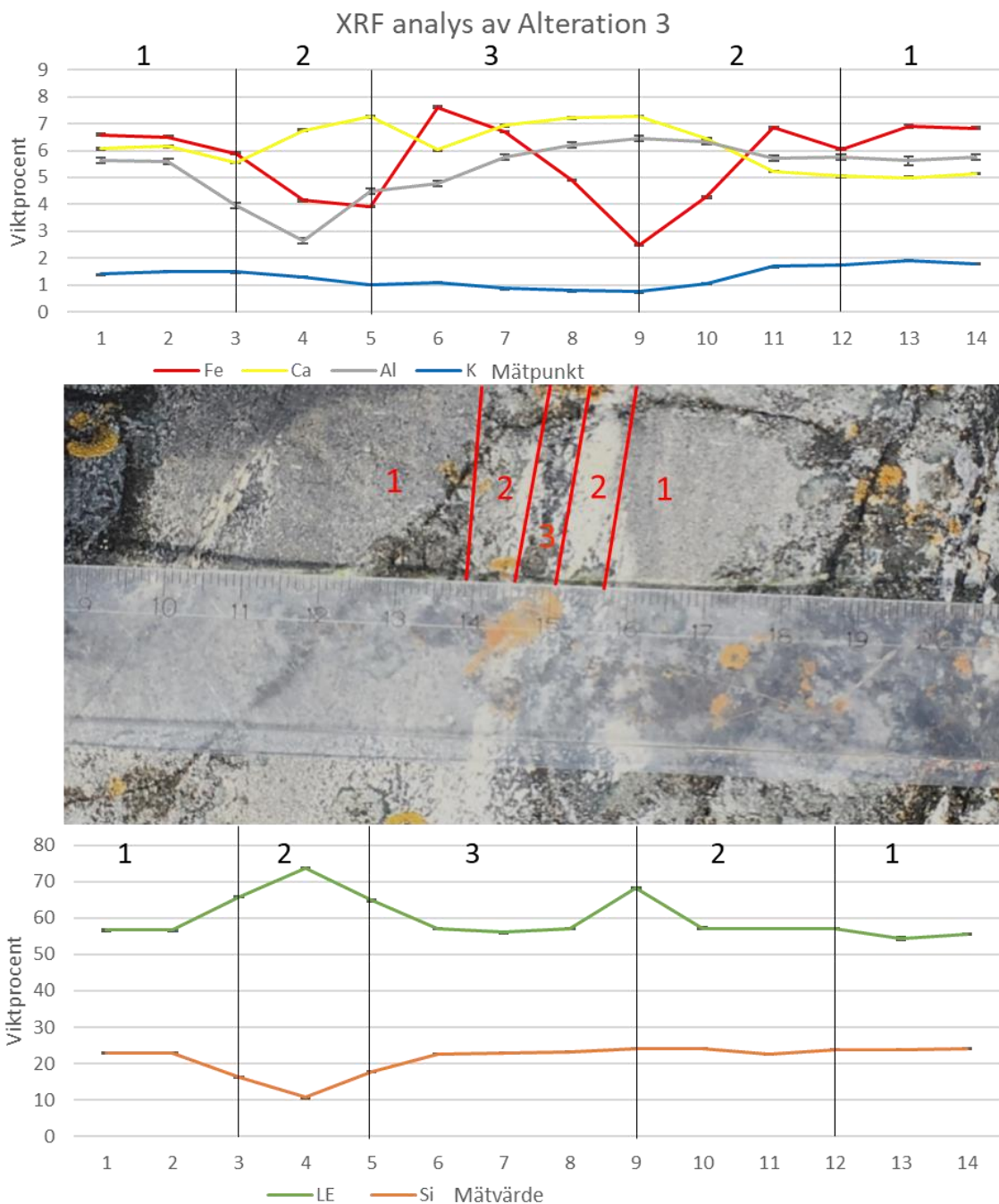
Kalcium och aluminium följer likartad koncentration i sidobergartsomvandling (1). I sidobergartsomvandlingen (2) ökar kalcium och aluminium. I omvandlingsådern (3) minskar kalcium och aluminium. Kalium följer en jämn koncentration i sidobergartsomvandling (1) för att sedan minska i sidobergartsomvandling (2) och omvandlingsåder (3). Lätta element (LE) ökar ifrån sidobergartsomvandling till sidobergartsomvandling.



Figur 13, Fältbild samt XRF diagram över alteration 2, Stora Sillsvik, mätningar är gjorda med 3mm mellanrum

Lokal 3

Järn (Fe) följer en jämn koncentration i sidobergart (1), Koncentrationen minskar i sidobergartsomvandlingen (2) och ökar i omvandlingsåder (3). Kalcium följer en jämn koncentration i sidobergart (1), koncentrationen ökar i sidobergartsomvandlingen (2) och minskar i omvandlingsådern (3). Aluminium följer en jämn koncentration i sidobergart (1), koncentrationen minskar i vänstra sidobergartsomvandling (2) men ökar sedan i omvandlingsåder (3) och högra sidobergartsomvandling (2). Kalium följer en jämn koncentration i sidobergartsomvandling (2) för att sedan minska i sidobergartsomvandlingen (2) och omvandlingsådern (3). Lätta element (LE) ökar ifrån sidobergart till sidobergartsomvandling.

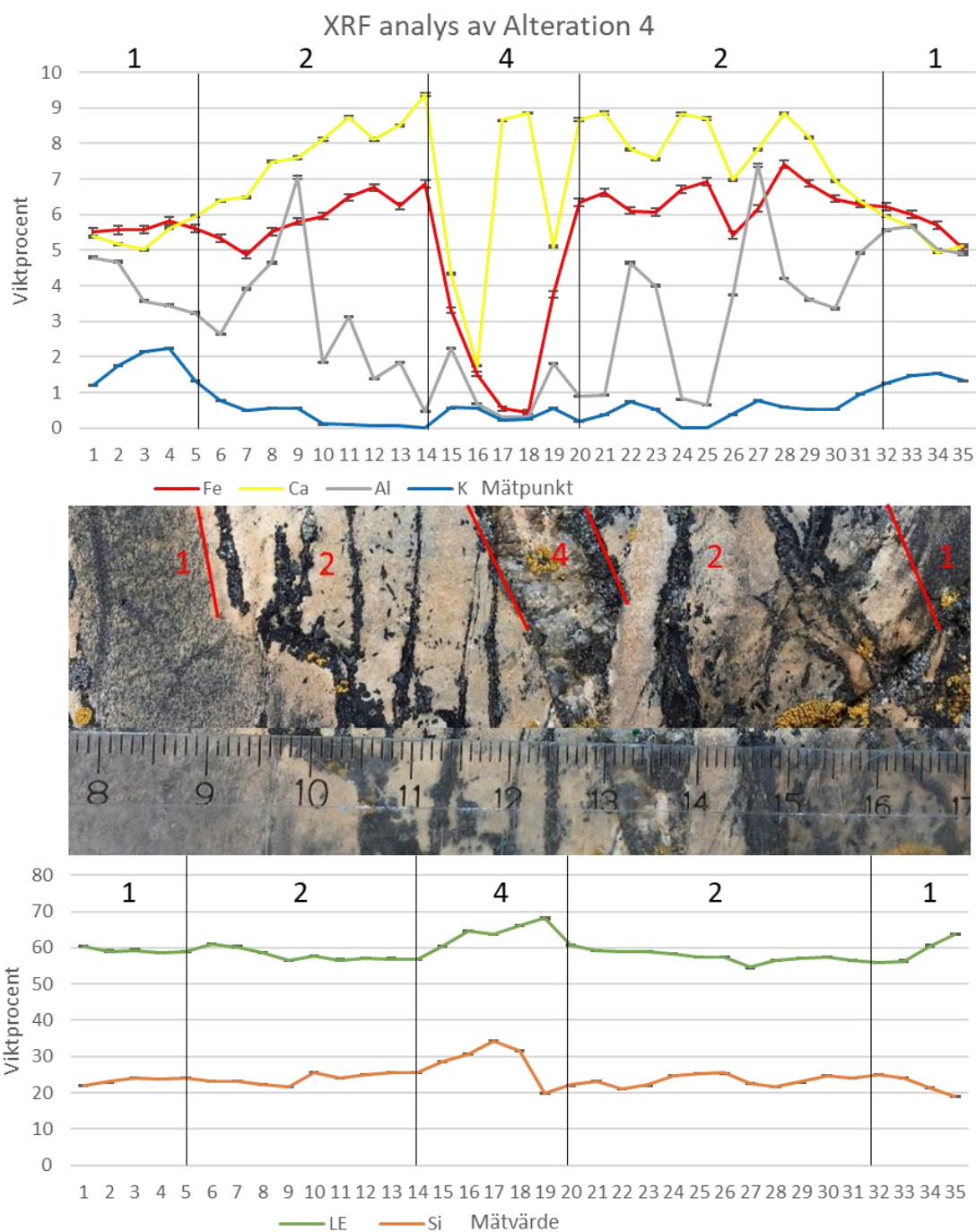


Figur 14, Fältpild samt XRF diagram över alteration 3, Stora Sillsvik, mätningar är gjorda med 3mm mellanrum

Lokal 4

Generell trend

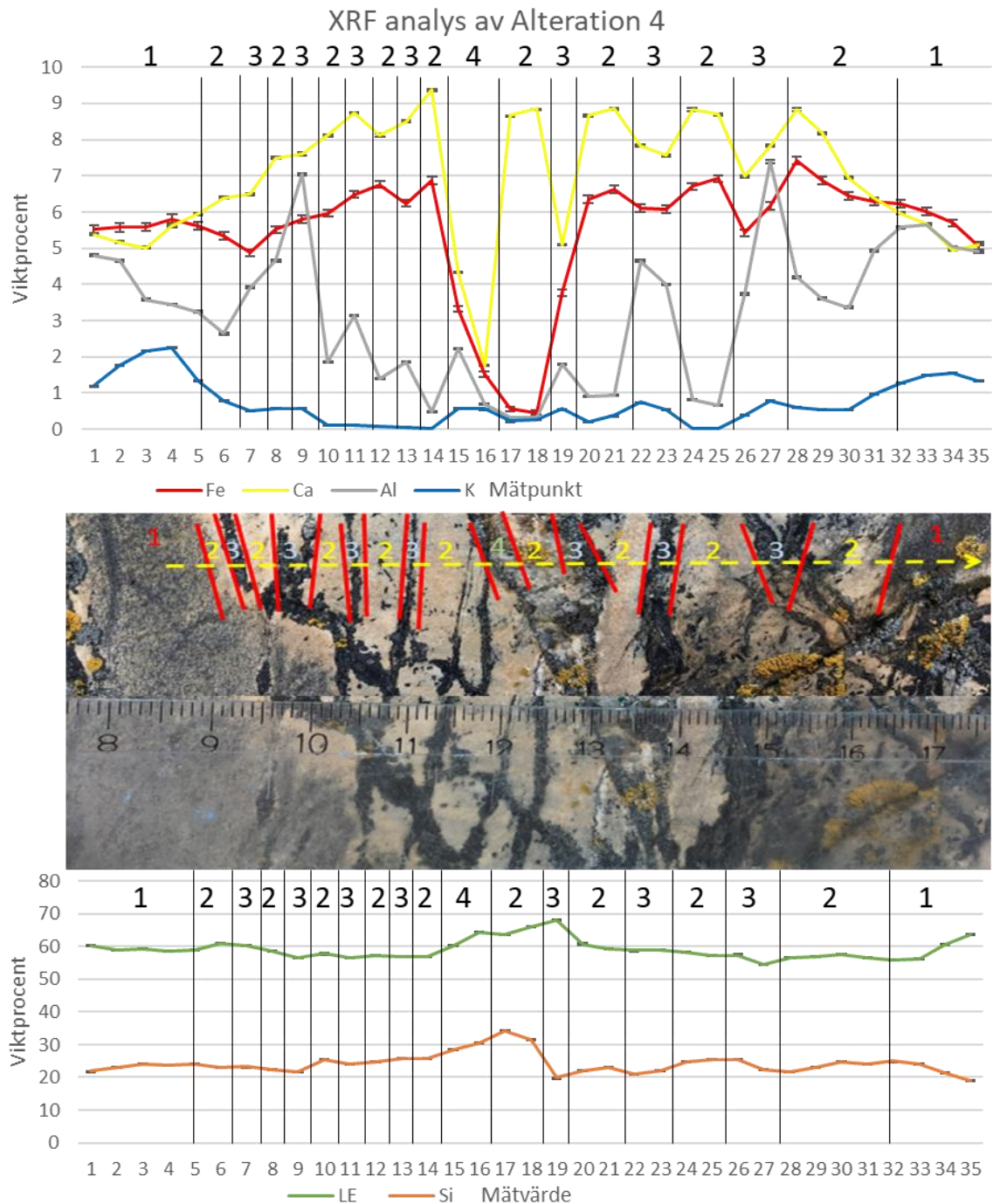
Kalium (K) håller en konstant minskning genom sidobergartsomvandling (2) och kvartsåder (4) i förhållande till sidobergart (1). Järn minskar ifrån sidobergart (1) mot mitten av sidobergartsomvandlingen (2) (Mätpunkt 7 och 26), för att sedan öka mot kvartsådern (4). Järnhalten sjunker därefter i kvartsådern (4). Kalcium ökar ifrån sidobergart (1) mot mitten av alterationen (Mätpunkt 14 och 20) för att sedan minska i kvartsådern (4). Aluminium minskar mot mitten av sidobergartsomvandlingen (2) (Mätpunkt 1–6 och 35–30) för att sedan öka kraftigt, (Mätpunkt 9 och 27) därefter minskar koncentrationen mot mitten av alterationen.



Figur 15, Fältbild samt XRF diagram över alteration 4, Stora Sillsvik, mätningar är gjorda med 3mm mellanrum

Lokal 4, Trender för respektive zon

Alteration (2–4) i förhållande till Sidobergart (1) visar på en berikning av kalcium samt en reducering av aluminium och kalium. Sidobergartsomvandling (2) i förhållande till omvandlingsåder (3) visar på en ökning i Kalcium och järn samt minskning i aluminium och kalium. Omvandlingsåder (3) i förhållande till Sidobergartsomvandling (2) visar på en ökning i aluminium och kalium samt en minskning i kalcium och järn. Kvartsåder (4) i förhållande till resterande zoner (1–3) visar på en minskning i järn, kalcium, aluminium och kalium men ökning i lätta element samt kisel.



Figur 16, Fältbild samt XRF diagram över alteration 4, Stora Sillsvik, mätningar är gjorda med 3mm mellanrum

Sammanfattning av generella trender

I tabell 3 här nedan kan generella trender för grundämnena som berikats alternativt urlakats ses. Endast kalcium och kalium visar på trender som kan återfinns i respektive alterationer (1–4). En trend kan ses där den högsta koncentrationerna av kalcium återfinns mellan sidobergartsomvandling och omvandlingsåder (Figur 12–15). Järn koncentrationen blir på samma sätt berikad i alteration 1 och 2 men alteration 4 minskar koncentrationen vilket kan klargöras med att kisel ökat och kvarts kristalliserats.

Tabell 3, Här presenteras vilka ämnen som minskar respektive ökar i sidobergartsomvandling och omvandlingsåder, trender som återfinns i både sidobergartsomvandling och omvandlingsåder för respektive alterationer 1–4 är markerade med gult

Alteration 1	LE	Si	Fe	Ca	Al	K	Alteration 2	LE	Si	Fe	Ca	Al	K
Sidobergarts- omvandling	-	+	-	+	+/-	-	Sidobergarts- omvandling	+	-	-	+	+/-	-
Omvandlings- åder	+	-	+	+	-	-	Omvandlings- åder	+	-	+	+	-	-
Alteration 3	LE	Si	Fe	Ca	Al	K	Alteration 4	LE	Si	Fe	Ca	Al	K
Sidobergarts- omvandling	+	-	-	+	-	-	Sidobergarts- omvandling	-	+	+	+	-	-
Omvandlings- åder	-	+	-	+	+	-	Omvandlings åder/Kvarts åder/ven	+	+	-	+	-	-

Diskussion

Analys av potentiella fluida alterationer i Stora Sillsvik gjordes för att delvis få en bättre förståelse om den geologiska historien i anknytning till Utö, dessutom för att det finns väldigt få studier dokumenterade av dem metasomatiska alterationer i området. En av dem mer ingående artiklarna om Utö är Talbot, (2008) som nämner vid enstaka tillfällen att fluider varit närvarande men inget om metasomatos alterationer.

Dem undersökta potentiella fluida omvandlingar av metagråvacka i området Stora Sillsvik uppvisar trender på att metasomatos har skett. Mineraler som formats i omvandlingsådror visar ingen prefererad mineralorientering och påvisar därför att omvandlingsådror uppkommit efter foliering.

Petrografisk analys och punkträkning av tunnslip 19U-01C, 19U-02C visar på att aktinolit formats i omvandlingsådra samt kalcit i sidobergartsomvandling. Eftersom Kalcit mängden är större i sidobergartsomvandling än i sidobergarten (tunnslip 19U-01C, 19U-02C) kan det kopplas till att fluider innehöll koldioxid och var av externt ursprung. Lätta element ökar i sidobergartsomvandling (Figur 13,14) vilket kan kopplas till att exempelvis H₂O och/eller CO₂ adderats. I tabell 3 kan en tydlig berikning av kalcium återfinnas i både sidobergartsomvandling och omvandlingsådra, samt en reduktion i kalium (alteration 1–4). Alteration 1–3 visar på att järn reducerats i sidobergartsomvandlingen, detta tyder på ett utbyte mellan kalcium och järn skett. Kalcium har berikats av den introducerade fluiden under tiden järn blivit urlakat ifrån sidobergarten, vilket skapar en järnreducerad, kalciumberikad sidobergartsomvandling. Urlakning av järn påvisar att sidobergarten är en lokal källa för järn, vilket i slutändan kan komma att forma järnpositioner i form av järnmalm.

Alteration 4 (Figur 15) visar på liknande trender som alteration 1–3 gällande urlakning av kalium och berikning i kalcium, däremot kan en skillnad i trenderna för aluminium och järn återfinnas. Aluminium har urlakats ifrån sidobergart under tiden järn berikats. En förklaring utifrån mineraluppsättningen, är att förhållandet mellan andelen biotit, aktinolit och opaker skiljer sig.

Eftersom en berikning av kalcium återfinns i sidobergarten är det sannolikt att fluider producerats ifrån en extern källa där dem berikats med kalcium. I figur 11 tunnslip 19U-01C kan en reduktion av biotit intilliggande kalcitformationer i sidobergart återfinnas. Koldioxid har förmodligen löst upp biotit men inte kalcit. Biotit har agerat som en järnkälla och kan vara anledningen till att opaker ansamlats i sidobergartsomvandlingen. Aluminium ifrån biotiten kan ha mobiliserats och migrerat mot omvandlingsådran där aktinolit formats eftersom ingen mineral innehållande aluminium utöver biotit återfinns i sidobergart.

Slutsats

Fältobservationen att metasomatos skett i stora Sillsvik stöds av XRF och tunnslipsanalys, formationen av aktinolit och kalcit indikerar på att en kalcium berikad, CO₂-haltig fluid introducerats. Berikning av kalcium och reducering av Järn samt kalium stödjer ytterligare teorin om att alterationerna är en produkt av metasomatos, det vill säga, ett utbyte har skett mellan kalcium, kalium och järn. Järn och kalium har mobiliserats och migrerat inåt mot omvandlingsådran under tiden av att kalcium migrerat utåt ifrån omvandlingsådran och berikas i sidobergartsomvandlingen (alteration 1–3, Tabell 3).

Referenser

Barrow, G. (1893). *On an intrusion of muscovite-biotite gneiss in the south-eastern Highlands of Scotland, and its accompanying metamorphism*. Quarterly Journal of the Geological Society of London 49, 330–358.

Barrow, G. (1912). *Lower Dee-side and the Highland border*. Proceedings of the Geologists' Association 23, 268–273.

Barrientos, N. (2011). *Determinations of metamorphic conditions in metapelites on Stora Persholmen, NE Utö, with EMPA analysis*. Kandidatavhandling. Institutionen för geologiska vetenskaper. Stockholms Universitet. 29 s.

Bons, P.D. (2001) *The formation of large quartz veins by rapid ascent of fluids in mobile hydrofractures*. Tectonophysics. Vol. 336, P. 1–17

Eskola, P. (1915). *On the relation between the chemical and mineralogical composition in metamorphic rocks of the Orijärvi region*. Bulletin of the Geological Society of Finland 44.

Korja, A., Lahtinen, R., Nironen, M. (2006). *The Svecofennian orogen: A collage of microcontinents and island arcs*. Geological Society London Memoirs V. 32, P. 561–578

Robert, F & Kelly, W. (1987). *Ore-forming fluids in Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma Mine, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada*, Economic Geology. Vol. 82, P. 1464–1482

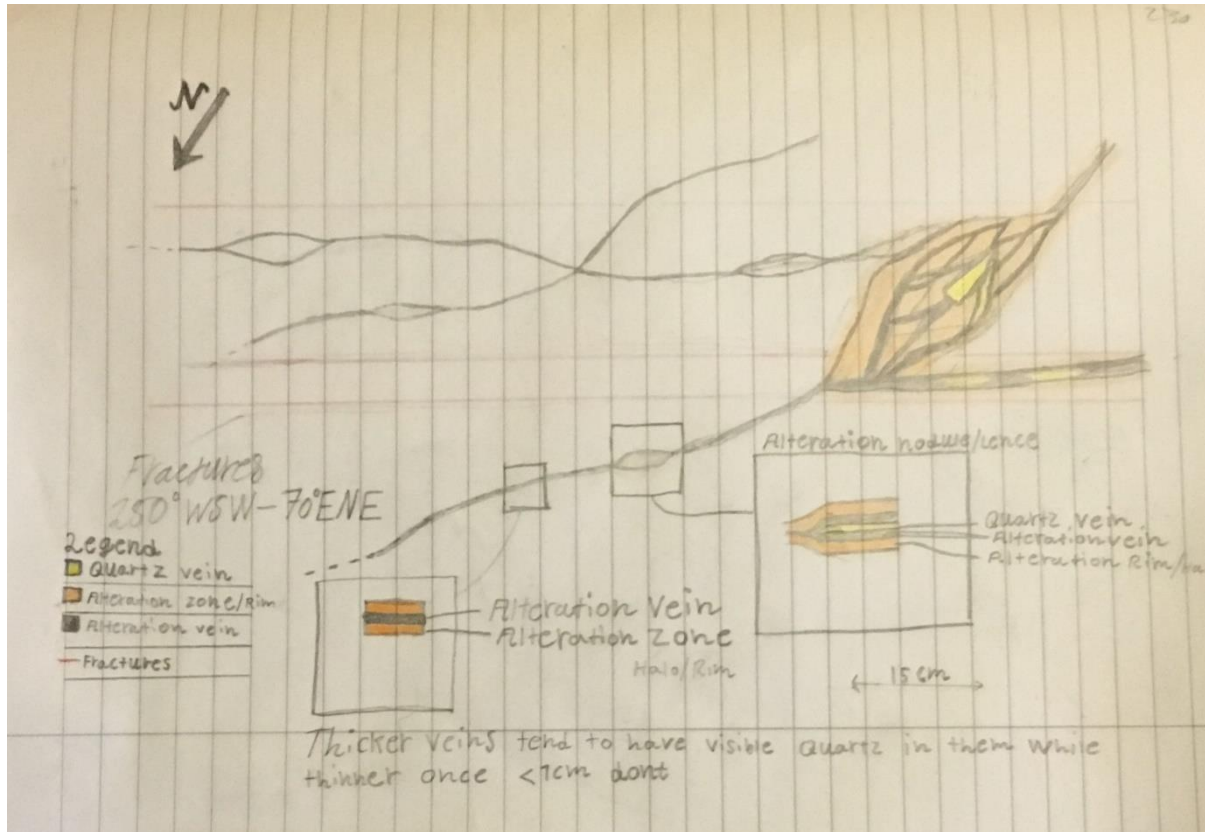
Robb, L. (2005). *Introduction to Ore-Forming Processes*. Blackwell Science Ltd.

Talbot, C. J. (2008). *Paleoproterozoic crustal building in NE Utö, southern Svecofennides, Sweden*. GFF. 130:2, 49–70.

Winter, J. D. (2010). *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology*, Second Edition, Pearson Education, Inc

Bilagor

Original, fältsskiss över alterationsområde i Stora Sillsvik



Alteration 1, XRF värden i viktprocent

LE	LE±	Si	Si±	Fe	Fe±	Ca	Ca±	Al	Al±	K	K±
55,502	0,21	23,582	0,13	6,311	0,038	6,303	0,033	5,932	0,108	1,547	0,013
56,32	0,205	22,853	0,126	6,359	0,033	6,141	0,036	6,064	0,107	1,752	0,012
56,416	0,205	23,129	0,127	6,875	0,039	5,57	0,029	5,544	0,104	1,611	0,012
56,207	0,205	23,271	0,129	6,779	0,038	5,526	0,029	5,545	0,13	1,569	0,012
55,771	0,203	23,82	0,127	6,651	0,038	5,775	0,104	5,95	0,029	1,584	0,012
54,965	0,207	23,952	0,128	6,912	0,039	5,646	0,029	5,662	0,106	1,705	0,013
55,941	0,205	23,717	0,128	6,838	0,039	5,727	0,03	5,874	0,104	1,653	0,013
53,462	0,427	24,031	0,211	6,833	0,061	5,73	0,05	5,827	0,114	1,688	0,017
55,872	0,205	23,481	0,127	6,716	0,039	5,59	0,029	5,788	0,105	1,661	0,013
55,205	0,206	23,908	0,129	6,818	0,039	5,639	0,029	5,82	0,106	1,686	0,013
55,466	0,206	23,636	0,128	6,792	0,039	5,685	0,03	5,82	0,106	1,677	0,013
53,001	0,422	24,455	0,212	6,309	0,037	6,09	0,052	6,058	0,115	1,566	0,016
55,116	0,201	24,291	0,127	6,207	0,035	6,356	0,032	5,853	0,103	1,389	0,011
55,693	0,2	23,817	0,125	6,507	0,037	6,278	0,031	5,51	0,101	1,312	0,011
55,2	0,211	23,438	0,127	8,204	0,043	6,5535	0,033	5,357	0,103	1,288	0,011
54,198	0,207	23,384	0,125	7,948	0,043	6,752	0,034	5,601	0,102	1,22	0,011
55,482	0,2	23,863	0,125	5,933	0,034	6,939	0,034	5,762	0,102	1,166	0,012
55,245	0,2	24,097	0,126	6,084	0,035	6,333	0,032	5,951	0,104	1,429	0,012
55,325	0,202	23,719	0,126	6,533	0,037	6,004	0,03	5,871	0,104	1,63	0,012
55,463	0,203	23,758	0,126	6,692	0,038	5,926	0,03	5,624	0,104	1,636	0,012
55,148	0,203	23,998	0,127	6,65	0,038	5,96	0,03	5,661	0,104	1,611	0,013
55,394	0,203	23,955	0,127	6,505	0,037	5,878	0,03	5,798	0,105	1,592	0,012
55,161	0,205	24,163	0,129	6,682	0,036	5,983	0,031	6,055	0,107	1,565	0,012
56,491	0,202	23,362	0,127	6,089	0,035	5,789	0,03	5,882	0,105	1,53	0,012

Alteration 2, XRF värden i viktprocent

LE	LE±	Si	Si±	Fe	Fe±	Ca	Ca±	Al	Al±	K	K±
57,77	0,205	22,607	0,128	6,012	0,036	5,936	0,032	5,447	0,106	1,412	0,012
59,597	0,206	21,524	0,127	5,8	0,036	5,479	0,03	5,298	0,108	1,476	0,012
56,985	0,487	22,224	0,213	5,303	0,053	5,509	0,052	5,486	0,117	1,439	0,016
58,015	0,48	21,88	0,206	5,153	0,05	5,516	0,051	5,576	0,115	1,299	0,015
64,859	0,185	20,083	0,12	4,157	0,027	5,158	0,028	3,887	0,096	0,991	0,01
66,314	0,186	17,263	0,112	4,559	0,03	5,37	0,03	4,248	0,101	1,21	0,011
62,386	1,192	19,98	0,119	4,035	0,027	6,174	0,033	5,534	0,106	1,079	0,01
58,226	0,199	21,852	0,122	5,304	0,032	7,466	0,038	5,629	0,103	0,772	0,009
58,521	0,199	20,64	0,118	5,665	0,034	7,769	0,039	5,814	0,104	0,718	0,008
55,007	0,208	21,31	0,119	7,419	0,042	8,399	0,041	6,192	0,106	0,706	0,008
60,781	0,187	21,91	0,12	6,28	0,035	5,861	0,03	3,797	0,089	0,718	0,008
61,954	0,187	22,111	0,123	6,459	0,037	4,963	0,026	3,034	0,085	0,742	0,008
62,157	0,566	17,201	0,169	6,154	0,059	6,554	0,06	4,354	0,104	0,797	0,01
64,764	0,171	17,972	0,107	2,112	0,017	7,919	0,039	5,687	0,103	0,6	0,008
57,031	0,202	21,699	0,037	6,445	0,037	6,835	0,035	5,986	0,105	1,244	0,011
56,126	0,21	21,211	0,121	8,236	0,046	5,879	0,031	5,862	0,107	1,822	0,013
56,638	0,208	21,241	0,121	8,072	0,045	5,524	0,029	5,524	0,106	1,877	0,014
60,165	0,197	20,926	0,121	5,939	0,035	5,455	0,029	5,455	0,103	1,526	0,012
60,437	0,202	19,892	0,12	6,383	0,039	5,63	0,031	5,63	0,106	1,162	0,013
56,923	0,204	22,278	0,124	6,948	0,04	5,198	0,028	5,198	0,107	1,9	0,014

Alteration 3, XRF värden i viktprocent

LE	LE±	Si	Si±	Fe	Fe±	Ca	Ca±	Al	Al±	K	K±
56,638	0,213	22,835	0,131	6,578	0,04	6,068	0,033	5,631	0,11	1,4	0,012
56,6	0,216	22,832	0,133	6,51	0,04	6,147	0,034	5,58	0,111	1,501	0,013
65,837	0,205	16,23	0,116	5,891	0,04	5,554	0,034	3,94	0,108	1,479	0,013
73,568	0,189	10,652	0,096	4,143	0,033	6,754	0,045	2,631	0,106	1,297	0,012
64,745	0,201	17,849	0,12	3,913	0,029	7,25	0,041	4,472	0,108	0,995	0,01
57,09	0,21	22,626	0,129	7,617	0,044	6,022	0,032	4,786	0,102	1,086	0,01
55,989	0,206	22,882	0,126	6,698	0,039	6,935	0,035	5,742	0,104	0,865	0,009
56,972	0,197	23,209	0,124	4,886	0,03	7,21	0,035	6,193	0,105	0,781	0,009
68,072	0,188	24,052	0,124	2,475	0,02	7,272	0,035	6,462	0,105	0,747	0,009
57,183	0,192	24,04	0,125	4,263	0,027	6,434	0,032	6,344	0,105	1,061	0,01
56,975	0,209	22,672	0,129	6,851	0,04	5,232	0,029	5,717	0,108	1,686	0,013
57,051	0,206	23,717	0,131	6,048	0,036	5,044	0,028	5,747	0,108	1,73	0,013
54,204	0,446	23,747	0,215	6,898	0,063	4,985	0,045	5,62	0,155	1,891	0,019
55,508	0,206	24,14	0,13	6,83	0,034	5,134	0,027	5,751	0,107	1,785	0,013

Alteration 3, XRF värden i viktprocent

LE	LE±	Si	Si±	Fe	Fe±	Ca	Ca±	Al	Al±	K	K±
60,421	0,205	21,873	0,13	5,51	0,111	5,384	0,03	4,796	0,032	1,194	0,011
58,998	0,206	23,027	0,133	5,574	0,122	5,17	0,029	4,665	0,031	1,756	0,014
59,312	0,2	23,949	0,132	5,59	0,111	5,015	0,028	3,574	0,025	2,165	0,015
58,674	0,2	23,776	0,132	5,813	0,111	5,613	0,028	3,444	0,024	2,241	0,016
58,833	0,196	24,202	0,131	5,608	0,106	5,951	0,031	3,237	0,023	1,334	0,012
60,946	0,189	23,168	0,127	5,344	0,104	6,396	0,033	2,634	0,02	0,781	0,009
60,206	0,19	23,235	0,126	4,874	0,098	6,49	0,033	3,916	0,026	0,51	0,008
58,626	0,192	22,328	0,121	5,513	0,101	7,491	0,037	4,655	0,029	0,566	0,008
56,49	0,202	21,596	0,119	5,809	0,102	7,605	0,038	7,045	0,04	0,567	0,008
57,754	0,18	25,467	0,124	5,96	0,098	8,118	0,037	1,855	0,015	0,12	0,006
56,612	0,186	24,193	0,121	6,485	0,101	8,725	0,04	3,14	0,021	0,112	0,006
57,088	0,181	24,868	0,121	6,763	0,102	8,117	0,04	1,383	0,013	0,067	0,006
56,925	0,181	25,664	0,123	6,238	0,098	8,506	0,038	1,852	0,015	0,058	0,006
56,825	0,179	25,665	0,123	6,872	0,102	9,367	0,041	0,471	0,007	0	0
60,456	0,172	28,602	0,133	3,311	0,082	4,334	0,022	2,229	0,016	0,575	0,008
64,493	0,157	30,613	0,138	1,523	0,07	1,766	0,012	0,695	0,008	0,555	0,008
63,819	0,157	34,276	0,148	0,555	0,062	8,662	0,008	0,329	0,006	0,216	0,007
66,2	0,153	31,501	0,142	0,452	0,062	8,849	0,008	0,307	0,005	0,258	0,007
68,051	0,166	19,844	0,114	3,768	0,091	5,095	0,027	1,801	0,015	0,555	0,008
60,796	0,18	22,135	0,118	6,353	0,104	8,662	0,041	0,9	0,01	0,192	0,007
59,262	0,186	23,073	0,119	6,631	0,104	8,849	0,041	0,942	0,011	0,373	0,007
58,786	0,191	21,105	0,115	6,114	0,102	7,83	0,038	4,643	0,028	0,741	0,008
58,918	0,187	22,146	0,117	6,075	0,101	7,561	0,036	3,998	0,025	0,536	0,008
58,256	0,18	24,667	0,122	6,705	0,102	8,823	0,04	0,824	0,01	0	0
57,297	0,179	25,39	0,122	6,919	0,102	8,695	0,04	0,65	0,009	0	0
57,404	0,182	25,425	0,123	5,427	0,094	6,985	0,032	3,736	0,023	0,396	0,007
54,554	0,199	22,501	0,118	6,174	0,101	7,834	0,037	7,391	0,039	0,781	0,008
56,465	0,191	21,609	0,114	7,416	0,107	8,84	0,041	4,2	0,026	0,592	0,008
57,009	0,188	23,049	0,118	6,877	0,103	8,173	0,038	3,609	0,023	0,533	0,008
57,462	0,184	24,624	0,122	6,448	0,1	6,942	0,033	3,364	0,022	0,53	0,008
56,566	0,189	24,018	0,122	6,294	0,101	6,367	0,031	4,932	0,029	0,961	0,009
55,804	0,194	24,937	0,124	6,232	0,102	5,959	0,029	5,579	0,031	1,259	0,011
56,317	0,195	24,04	0,124	6,018	0,102	5,678	0,029	5,66	0,032	1,477	0,012
60,536	0,193	21,289	0,121	5,693	0,105	4,952	0,027	5,024	0,031	1,534	0,012
63,741	0,192	18,876	0,116	5,074	0,105	5,106	0,029	4,901	0,031	1,341	0,011

Tackord

Avslutningsvis vill jag tacka min handledare Alasdair Skelton för den handledning given i fält samt laboratorium och Joakim Mansfeld för hjälp med översättning av ord och mikroskopi.