



Stockholm
University

Bachelor Thesis

Degree Project in
Earth Science 15 hp

Karteringsprojekt av bergarter på nordöstra Utö

Olof Thelenius



Stockholm 2023

Department of Geological Sciences
Stockholm University
SE-106 91 Stockholm

Abstrakt

En studie av ett område på nordöstra Utö presenteras, vars mål var att tolka områdets paleomiljö under perioden då bergarterna formats och jämföra resultaten med vad de tidigare 4 nämnda artiklarna kommit fram till. Studien resulterade i en litologisk beskrivning av bergarterna, en geologisk karta samt en stratigrafisk kolumn. Resultaten är otillräckliga för att göra en tolkning av den platttektoniska zonen området bildats vid. Området utvecklades från en djuphavsmiljö till en nära kustmiljö med en nordvästlig föryngrande riktning. Området påverkades även av felsisk- och explosiv vulkanisk aktivitet som avtog över tid. Tolkningen jämfördes sedan med 4 andra artiklar om området för att se skillnader och likheter.

Introduktion	6
Utös berggrund	9
Metod	11
Litologisk beskrivning	12
Geologiska kartan	16
Litologisk kolumn	18
Diskussion: tolkning av resultat	20
Jämförelser	21
Slutsats	22
Referenser	23

Introduktion

Sveriges urberg är en del av den baltiska skölden som sträcker sig från Kolahalvön, Nordnorge och Karelen, över Finland och Sverige till Sydnorge (Lindström et al. 2000). En sköld avser ett område som består till stor del av av prekambrisk bergarter (>541 Ma gammal) och där ingen bergskedjebildning har pågått sedan fanerozoikums början (541 Ma till nu). Berggrunden som utgör Sverige är uppdelad efter de provinser som bildat dem, samt grupper som inte passar in i några av dessa (fig 1).

I de svenska fjällen tillhör bergarterna Kaledoniderna och sträcker sig från norra Dalarna till Treriksroset, den nordligaste punkten i Sverige som gränsar till Finland och Norge (fig 1). Området är uppbyggd till stor del av skolor, berggrund som förskjutits upp över annan berggrund vilket i detta fall är delar av den svekofenniska och svekonorvegisk berggrund under den Kaledoniska orogenesisen (545-400 Ma) (Lindström et al. 2000). Skollorna är uppdelade i en övre, mellan och undre del. Den övre delen består av sedimentära bergarter samt intrusiva och extrusiva magmatiska bergarter. En del av dessa har metamorfoserats till gnejs, glimmerskiffer, marmor och amfibolit. Den mellersta delen består av sedimentära bergarter, kristallin berggrund som gnejs men även mylonit. Den metamorfa graden i bergarterna är inte lika hög i den mellersta delen som i den övre delen. Den undre delen består till stor del av sedimentära bergarter som är opåverkade av den metamorfos som påverkat de mellersta och övre bergarterna. På vissa ställen har kristallin berggrund även förts med i den överskjutning som format skollorna.

Sveriges sydvästra del från Skåne till Värmland består av berggrund bildats mellan 1.8 och 0.9 Ga (Lindström et al. 2000). Denna berggrund metamorfoserades sedan under den svekonorvegiska orogenesisen för ca 1.15-0.9 Ga. Området har en metamorfosgrad av amfibolitfacies men varierar mellan grönskiffer och granulitfacies. Tryckgraden varierar även mellan högtryck till lågtryck. Bergarterna är uppdelade i ett västra och östra gnejssegment, på vardera sida om en mylonitzon som sträcker sig genom regionen.

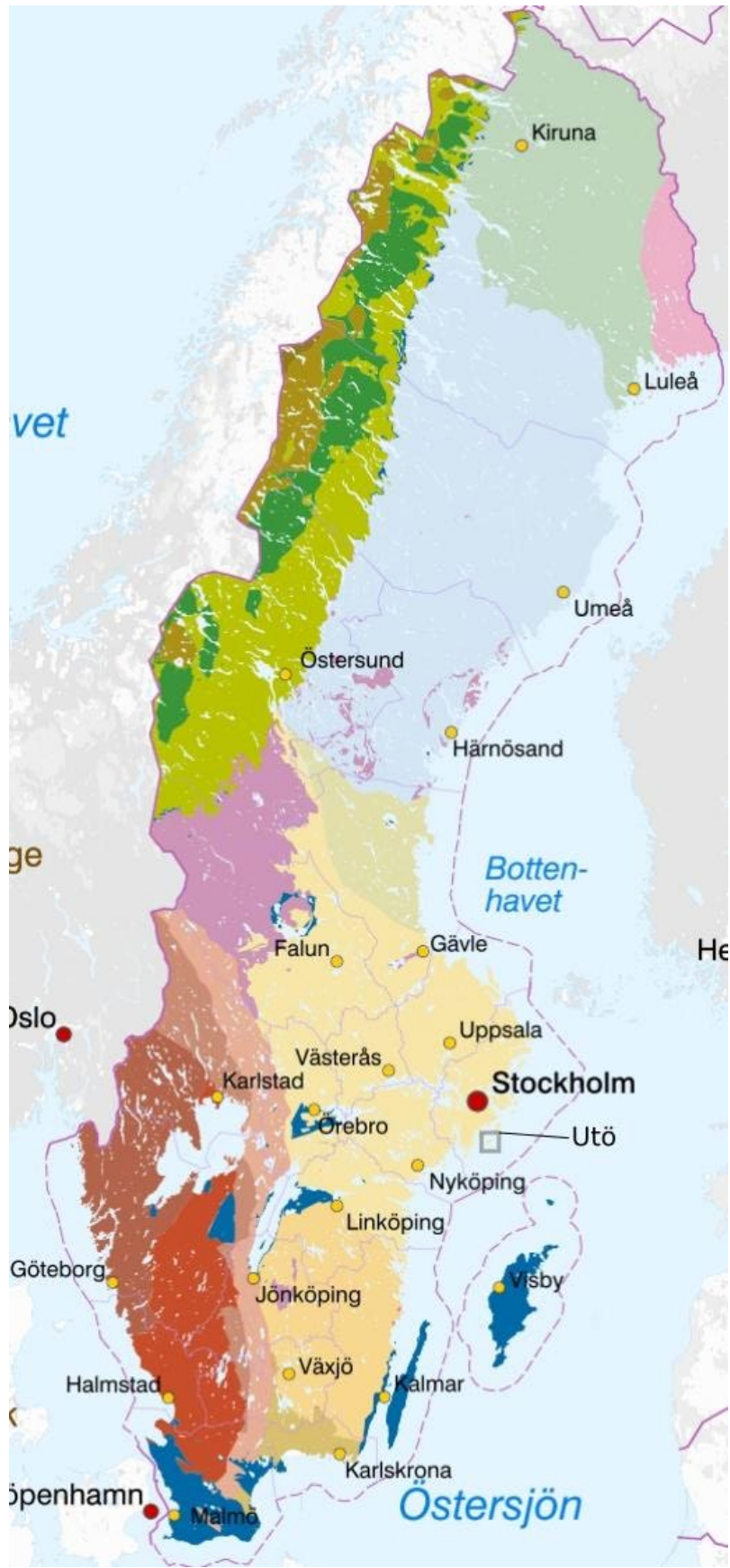
Det transskandinaviska magmatiska bältet (TMB) sträcker sig i Sverige från norra Blekinge över Småland till Värmland och Jämtland (Lindström et al. 2000). TMB magmatiska bergarter avsatta i 3 generella tidsgrupper, TMB 1 mellan 1.81-1.77 Ga, TMB 2 mellan 1.71-1.69 Ga och TMB 3 mellan 1.68 och 1.65 Ga. Granit utgör majoriteten av bergarterna, men TMB innehåller också inneslutna äldre delar som är förgnejsade till varierande grad.

Blekinge-Bornholm provinsen består av suprakrustala och förgnejsade granitoida bergarter som bildats mellan 1.8 och 1.4 Ga (Lindström et al. 2000). Den stora skillnaden mellan denna provins och den sydvästsvenska är att den inte påverkats av den svekonorvegiska orogenesisen.

Den äldsta berggrunden i Sverige är förgnejsade bergarter av arkeisk ålder, uppåt 2.83 Ga som äldst (Lindström et al. 2000). Dessa bergarter finner man i mindre komplex i de nordligaste delarna av Sverige som Råstojaure, Saarijärvi, Torneälven vid Haparanda, samt vid Vallen-Alhamnområdet mellan Luleå och Piteå.

De mest förekommande bergarterna i Sverige tillhör den svekofenniska provinsen och utgör merparten av Sveriges berggrund (fig 1). Tidigare studier av åldern på ett bälte av metavulkaniska bergarter i Bergslagen visar på att den vulkaniska aktiviteten påbörjade 1904 ± 4 Ma (Lundström et al. 1998). Bergarterna sträcker sig från Norrbotten ända ner till Västervik och formades under den Svekofenniska orogenesisen, vars huvudveckning och regionalmetamorfos pågick mellan 1.88 till 1.8 Ga (Lindström et al. 2000). Metamorfosgraden som pågått i området är nästan enbart låg P/T (tryck/temperatur) där mineral som andalusit och cordierit är vanliga i aluminiumrika bergarter.

De svekofenniska bergarterna består till stor del av sura vulkaniska bergarter och gråvackor av argillittyp samt kemiskt utfällda sedimentära bergarter (Lindström et al. 2000). Området kan delas in i en nordlig region, mellan region och södra region. Den norra regionen består av delar av Norrbottens län och Skelleftefältet. I dessa områden domineras sura vulkaniska bergarter med en hel del basiska vulkaniter. Speciellt för detta område är dess närhet till den arkeiska berggrunden som tros finnas på djupet under de yngre bergarterna. Den regionala deformationen avslutades här tidigare än i de södra delarna, redan mellan 1.88 och 1.87 Ga. I den mellersta delen, bestående av centrala och södra Norrland, består bergarterna till stor del av sedimentära bergarter som tillhör Härnöformationen. Denna formation är också känd som den så kallade bottniska bassängen, som sträcker sig till Finland. Formationen är i vissa områden, som mellan Örnsköldsvik och Härnösand, uppåt 10 km i tjocklek. Området har en stor variation i metamorf grad. Vissa områden har metamorfoserats i grönskifferfacies eller amfibolitfacies medan andra har förgnejsats och migmatiserats. Bland gråvackorna finner man även intrusiva bergarter. Söder om Härnöformationen finner man Ljusdalsformationen som består av metamorfa gnejsiga granitoider. Deformationen är här stor och området har en hög metamorf grad. Den södra delen består till stor del av sura vulkaniter som daciter och ryoliter samt mindre mängder av mera basiska vulkaniter. Bergarterna tillhör här Bergslagen som täcker stora delar av Uppland, Sörmland, Östergötland och nordöstra Småland. De sura vulkaniterna har avsatts i en vulkanisk båge där pyroklastiska flöden samt aska från utbrott avlagrats. Bergarterna här är i lag av låg metamorf grad av antingen grönskiffer eller amfibolitfacies. Bergslagen har även en stor koncentration av järnmalm som brytits under lång tid i området. I Bergslagen finner man även Utö (fig 1), en ö i Stockholms skärgård som är av speciellt intresse för studier av centrala Sveriges geologi därför att ön har en väldigt välbevarad sekvens av bergarter som är karakteristiska för centrala Sveriges bergarter (Gavelin et al. 1976).



(Figur 1, bergartskarta som visar Sveriges litotektoniska enheter med Utö inringad, tagen från SGUs kartvisare 1:1000000 och behandlad med Inkscape)

Utös berggrund

Detta projekt fokuserar på fyra artiklar som har skrivits med en huvudfokus på berggrunden på Utö. I artiklarna som publicerades mellan 1910-2008, beskrivs samt tolkas öns berggrund samt vad den säger om Bergslagens geologiska utveckling i stort.

Den första artikeln om Utö är skriven av P. J. Holmquist år 1910. Texten är skriven i delar, där den första är en stor summering av Stockholms geologi. Här skriver han om hur Stockholms geologi är format av suprakrustalbergarter samt intrusiva bergarter, med underordnade mängder av normala sediment. Därefter påverkades området av regionalmetamorfos och deformation, varpå primära strukturer nästan helt förstördes. I den andra delen av texten skriver Holmquist om olika områden runt Stockholm och dess skärgård som är bra områden för exkursioner. Områden som inkluderas är Stockholmstrakten, granit-gnejs komplexen av Södertörn, Stockholm-Vaxholm-Ytterby samt Skarpö, Saltsjöbaden-Dalarö, Dalarö-Ornö Hufvud och Utö. I artikeln konstaterar Holmquist att man på Utö kan finna bland de bäst bevarade suprakrustalbergarter i Stockholmsregionen. Utö delar samma petrografiska karaktär som övriga distrikt i centrala Sverige. Över hela ön finner man bergarter som är starkt veckade med intrusioner och klastiska sedimentära bergarter som breccia. I de nordliga delarna av ön är de primära strukturerna inte lika förstörda som övriga delar av Stockholm. Han beskriver att bergarterna i västra delarna ön, runt Persholmen består av "banded leptite" och gnejs med alternerande schistlager. Han beskriver att dessa bergarter följs av alternerande lager av "hälleflinta" och kalksten samt en del väldigt järnrika lager. Dessa lager följs därefter återigen av leptiter samt konglomeratlager vid stora och lilla Sillvik. I artikeln konstaterar även Holmquist att bergarterna lutar mellan 80-90 grader åt nordväst och tolkar bergarterna som ett isoklinal system där de yngsta bergarterna finns i mitten av kolumnen.

Den andra artikeln är skriven av Gavelin et al år 1976. I denna artikel uppdateras bergartskartan av Utö, som baseras på den tidigare av P. J. Holmquist. Artikeln grupperar bergarterna i 4 grupper: den sydöstra metasedimentära gruppen, hälleflinta-leptit gruppen, den nordvästra metasedimentära gruppen och kvartsporfyrgruppen. De tolkar bergarterna som en kontinuerlig sekvens av suprakrustala bergarter som följts av sedimentation av gråvacka samt basisk magmatism. I artikeln tolkas att bergarterna har avsatts i en miljö som utvecklats från en djup till grund vattenmiljö. I deras karta går sekvensen från de högst upp bestående av metasedimentära, delvis metatuffitiska gnejsar som till mestadels är migmatiska. Det förekommer här även alternerande lager av tuffiter. Därefter börjar ett stort område med leptiter och hälleflintor med lager av skarn och kalksten som täcker stora delar av öns nordöstra del. Denna del följs av ett något mindre område med kvartsporfyr med alternerande lager av meta-areniter, meta-argillit samt konglomeratlager och suprakrustala inklusioner.

Den tredje artikeln om Utö är skriven av Allen et al år 1996. I artikeln beskriver de en studie som är baserad på en fältorienterad, regional facies analys av de vulkaniska och sedimentära strukturerna i Bergslagen regionen. De tolkar Bergslagen som en förlängningsbassäng bakom en vulkanisk båge vid en subduktionszon där en oceanisk tektonisk platta sjönk under området från öst. I artikeln tolkas Bergslagen som att ha utvecklats under en serie av starka magmatiska händelser, följt av nedsjunkning av

berggrunden som avslutats med en ändring till kompressionsdeformation och regionalmetamorfos.

Den fjärde artikeln om Utö är skriven av C. J. Talbot år 2008. Till skillnad från den tredje artikeln tolkas Utö i denna att ha avsatts och formats i en akkretionär prism vid en subduktionszon där även här en oceanisk platta sjönk under Bergslagen från öst. Huvudområdet för studien fokuserar på nordöstra Utö där områden som i Gavelins artikel beskrivits som lager av leptiter och hälleflintor istället beskrivs som karbonater, pyroklastiska sediment, chert och bandade järnformationer. Under dessa följs porfyrager med mindre lager av grunda shelf-sediment samt bäddade och obäddade lager av gråvacka. Han tolkar liksom den tredje artikeln att området utvecklats från en djuphavsmiljö till grundvattenmiljö, som de visar på genom turbititer i gråvackorna. Dessa turbititer övergår till korslagringsstrukturer i de grunda shelf-sedimenten som i sin tur övergår till karbonaterna.

Detta projekt är en fältstudie av Utös nordöstra del vars fältområde sträcker sig från dess nordligaste punkt söderut till en bit nedanför Nasknäsudden söder om södra Sandviken. Målet med studien är att genom denna fältstudie som grund tolka områdets paleomiljö under perioden då bergarterna formats och jämföra resultaten med vad de tidigare 4 nämnda artiklarna kommit fram till.

Metod

För att genomföra detta projekt gjordes en fältstudie och kartering av området över en period på 2 veckor under maj 2022. Innan karteringen började deltog jag i en introduktionsexkursion som utforskade den norra halvan av Utö. Detta gav mig en grundlig förståelse av öns paleomiljö samt hur karteringen skulle genomföras. För att genomföra karteringen identifierades synliga eller potentiella bergytter med hjälp av verktyget Google Earth. Alla bergarter inom varje bergyta identifierades så noggrant som möjligt och kopplades till en av de bergarter som finns på ön. Efter denna inledande kartläggning av de exponerade bergytorna längs kustlinjen och klipporna, kartlade jag även vilka bergarter som finns däremellan. När den första kartläggningen av hållarna och kustlinjen var klar, tillsammans med mätningar av lutningar och lutningsriktningar vilket gjordes med en klinometer, användes detta för att försöka hitta vart de ledde inåt land och om kontakter kunde hittas. Under kartläggningen beskrevs bergytorna i fält. På grund av den metamorfos som påverkat hela Bergslagen behövde jag veta vilka protoliter som dagens bergarter på ön formats från. För att göra detta identifierade jag mineral som bergarterna bestod av med hjälp av en lupp. Genom dessa mineral kunde en tolkning göras av vilken kornstorlek och vilken bergart som var protoliten. Om en metamorf bergart till exempel är väldigt biotitrik är detta ett tecken på att den metamorfoserats från en bergart rik på lermineral (Klein and Philpotts 2016). Genom kartläggning av bergarter på ön var ett av målen att göra en stratigrafisk kolumn av området. För att kunna identifiera den föryngrande riktningen av kolumnen var tanken att identifiera strukturer som korslagringar och vågmärken. För att göra kartan i fält användes färgade pennor som stod för olika bergarter som färgades på en karta av området. Kartan förfinades i efterhand med hjälp av programmet Inkscape.

Litologisk beskrivning

Efter de två veckorna med kartläggning av bergarterna i studieområdet identifierades de följande 7 bergarterna: siltsten, porfyriska sedimentära bergarter, sandsten, breccia, ignimbrite, dolomitiska bergarter och kalksten. Dessa bergarter beskrivs nedan.

Siltsten

De metamorfa bergarter som identifierades som siltsten består huvudsakligen av kvarts- och biotit, som identifierats med hjälp av en 30x-21 mm hand lens. Att den är biotit-rik pekar på att protoliten innehöll mycket lermineral som omvandlats under metamorfosen. Färgen på dessa bergarter varierade mellan grå-brun och beige (fig 3I). Det gick även att identifiera lager från skillnader i färg mellan dessa. Längs den norra kanten av Södra Sandvik kunde även vågmärken finnas i lagerföljderna av siltsten. Bland samma siltstenslager vid Södra Sandvik kunde det finnas runt 12x6cm stora järnrika klumpar i ringar av cordierit (fig 3C).

Pyroklastiska bergarter

Dessa bergarter består av större korn över 2 mm i storlek i en finare matris (fig 3B). Färgen varierar från brun till mörkgrå (fig 3B). Även i lager bland dessa bergarter kan samma typ av rosaaktiga intrusivbergarter finnas som bland siltstenen. De större kornen är synliga med blotta ögat och matrisen är synliga med hjälp av en 30x-21 mm hand lens. De verkar bestå främst av kvarts, feldspar och biotit. Sedimentära lagerföljder kunde identifieras och runt Nasknäsudden såg det ut att vara en gradvis övergång från siltsten.

Sandsten

Kornstorleken hos sandstenslagren mellan Södra sandvik och Nasknäsudden var <2 mm med tydliga lagerföljder och korslagring (fig 4L). Kornen var tydligt synliga med hjälp av en 30x-21 mm hand lens. Färgen varierar mellan från vit-grå till brunaktig och ser ut att bestå till en mycket stor del av kvarts (fig 4J). Den dominerande mängden kvarts i stenen pekar på att den är en kvartsarenit.

Breccia

Placerad runt mitten av den stratigrafiska kolumnen, breccias består av stora korn och bitar av den underliggande pyroklastiska sedimentbergarter och de överliggande pyroklastiska sedimentbergarter. Breccian är matrisstödd och denna kornen är synliga med hjälp av en 30x-21 mm hand lens (fig 3A). Färgen varierar från beige till grå och verkar innehålla samma mineral som den underordnade och överliggande bergarten.

Ignimbrit

Denna bergart, som dominerar den övre halvan av den stratigrafiska kolumnen, har en färg som varierar mellan ljus röd, -brun, -beige och -grå i olika lager (fig 4J). Berget består främst av kvarts och plagioklas, men innehåller i vissa lager en ökad mängd järn samt vissa lager med stor koncentration av järn. Dessa järn-rika lager har en mörkare färg och har även en rostig och/eller oljig textur (fig 4G). Enskilda kristaller går ej att identifiera med hjälp av en 30x-21 mm hand lens. På vissa ställen syns även flödesstrukturer i ignimbriten.

Dolomitiska bergarter

Denna bergart består till stor del av dolomit. Färgen varierar från vit till vit-grå med brunaktiga vittrade ytor (fig 3F). Texturen på ytan av dessa vittrade ytor är likt sandpapper och har en stor mängd cm djupa hål. Med hjälp av en 30x-21 mm hand lens kan enskilda korn identifieras. I den övre lagren av dolomitiska bergarter kan bitar av ryolitiska vulkaniska sedimentbergarter finnas vilket i vissa lager närmar sig hälften av varje. Det förekommer även biofilm lager i dessa bergarter.

Kalksten

Längs den nordvästra kusten av ön kan lager av kalksten finnas. De har en grå-vit färg och en grov sandpapperlik textur på vittrade ytor (fig 4H). Denna bergart består till stor del av kalcit och innehåller på vissa ställen större bitar av ryolitiska vulkaniska sedimentbergarter. Det förekommer även biofilm lager i dessa bergarter.



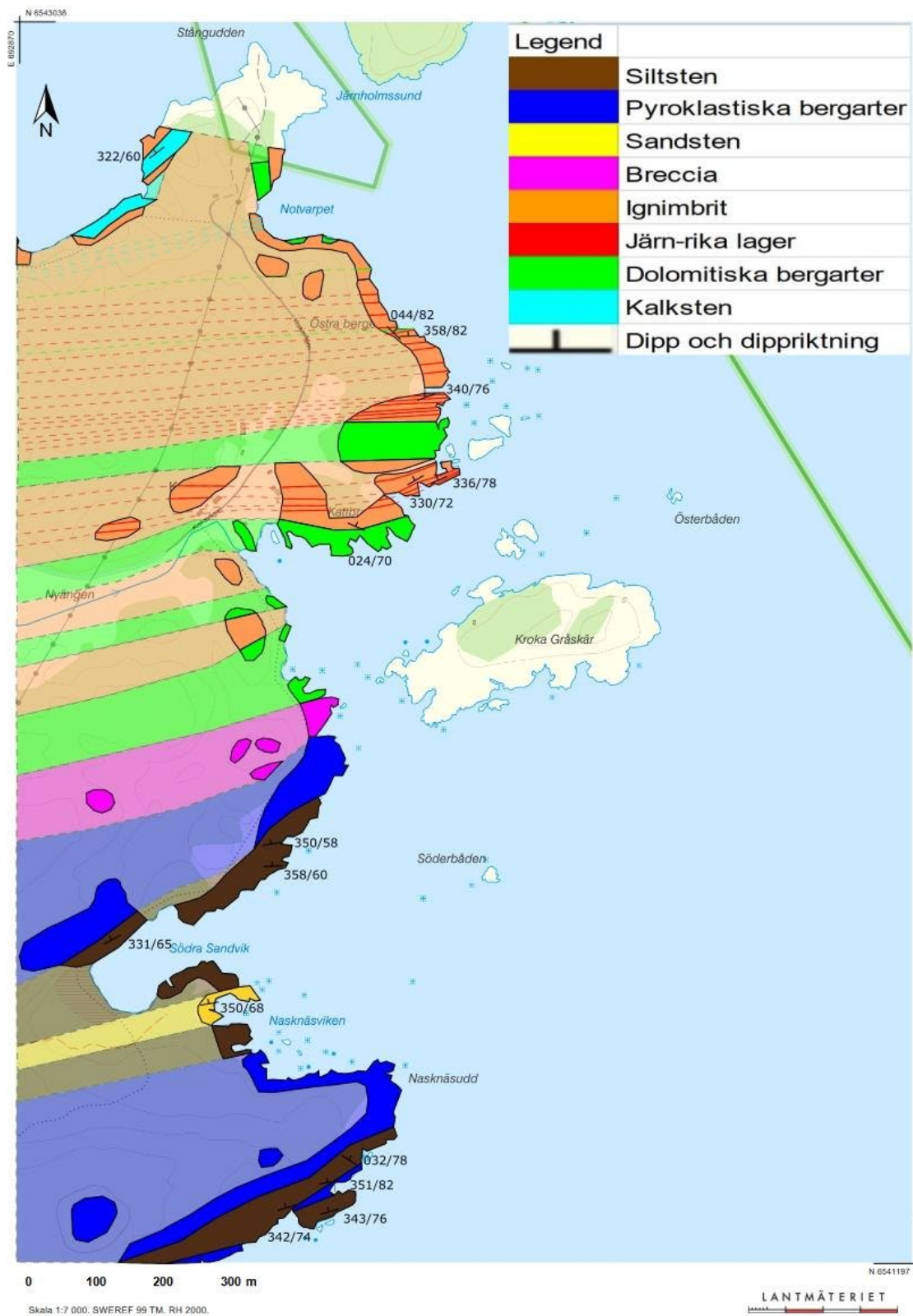
(Figur 3, visar breccia i A, pyroklastiska bergarter i B, järn-rika noder med cordierit i siltsten i C, lokal deformation i D, dolomitiska bergarter i F)



Figur 4, visar järn-rika lager i G, kalksten i H, siltsten med vågmärken i I, Ignimbrit i J, sandsten samt sandsten med korslagring i K-L)

Geologiska kartan

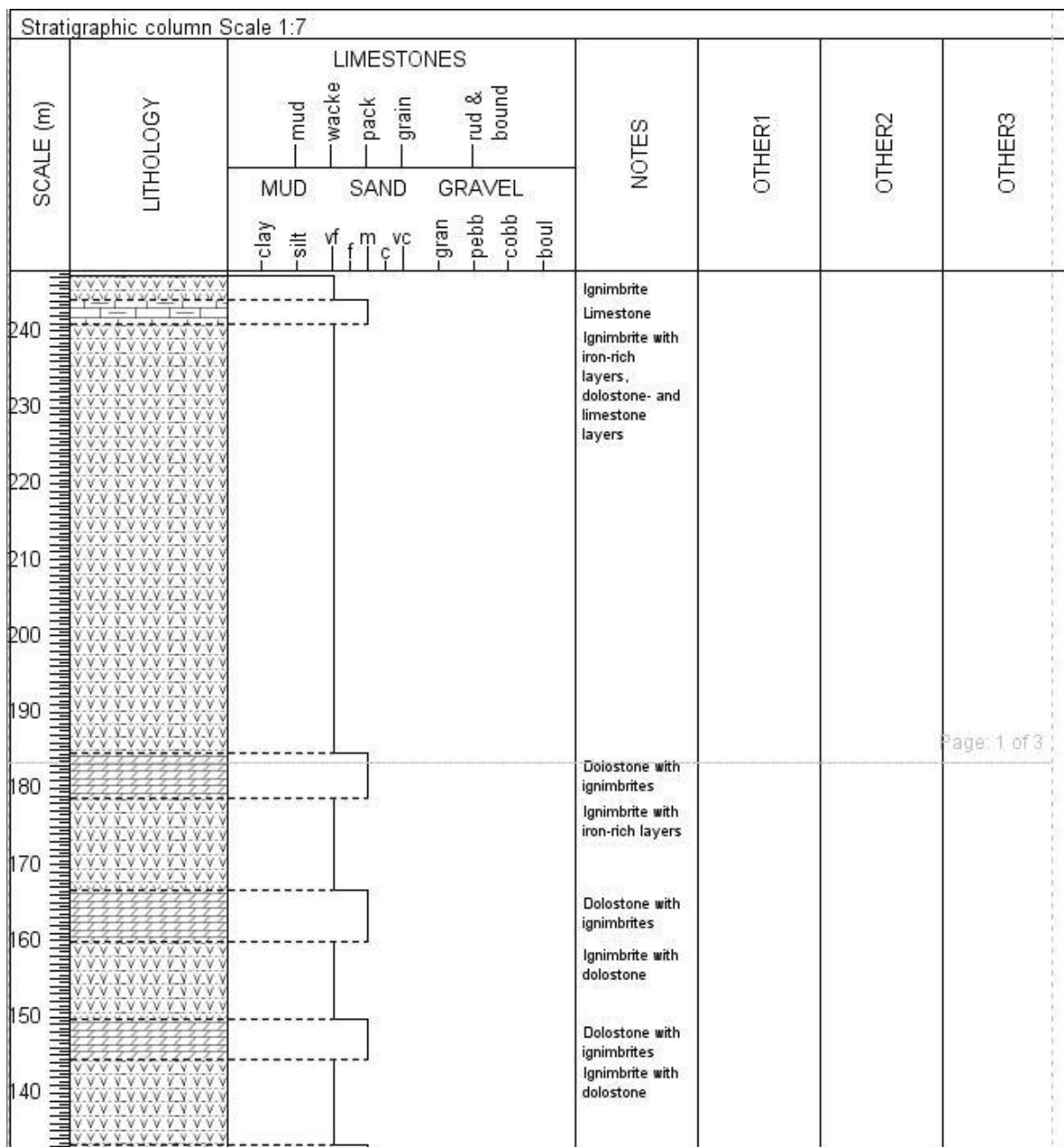
Kartan gjordes som ett resultat av fältobservationer (fig 5), som är tydligast längs kusterna. Där fanns de tydligaste exponerade bergytorna i fältområdet. De flesta av de kalkrika bergartsenheterna hade plastiskt deformerats, vilket syns genom att bitar av andra bergarter i enheterna har brutits och spridits ut, medan kalkstenen fortfarande är hel. De flesta av enheterna har en gradvis gräns med varandra. De starkt färgade områden på kartan med svart rand indikerar exponerade bergytor som identifierats på platsen. De områden med tunnare färg indikerar områden där ingen berggrund direkt har identifierats.



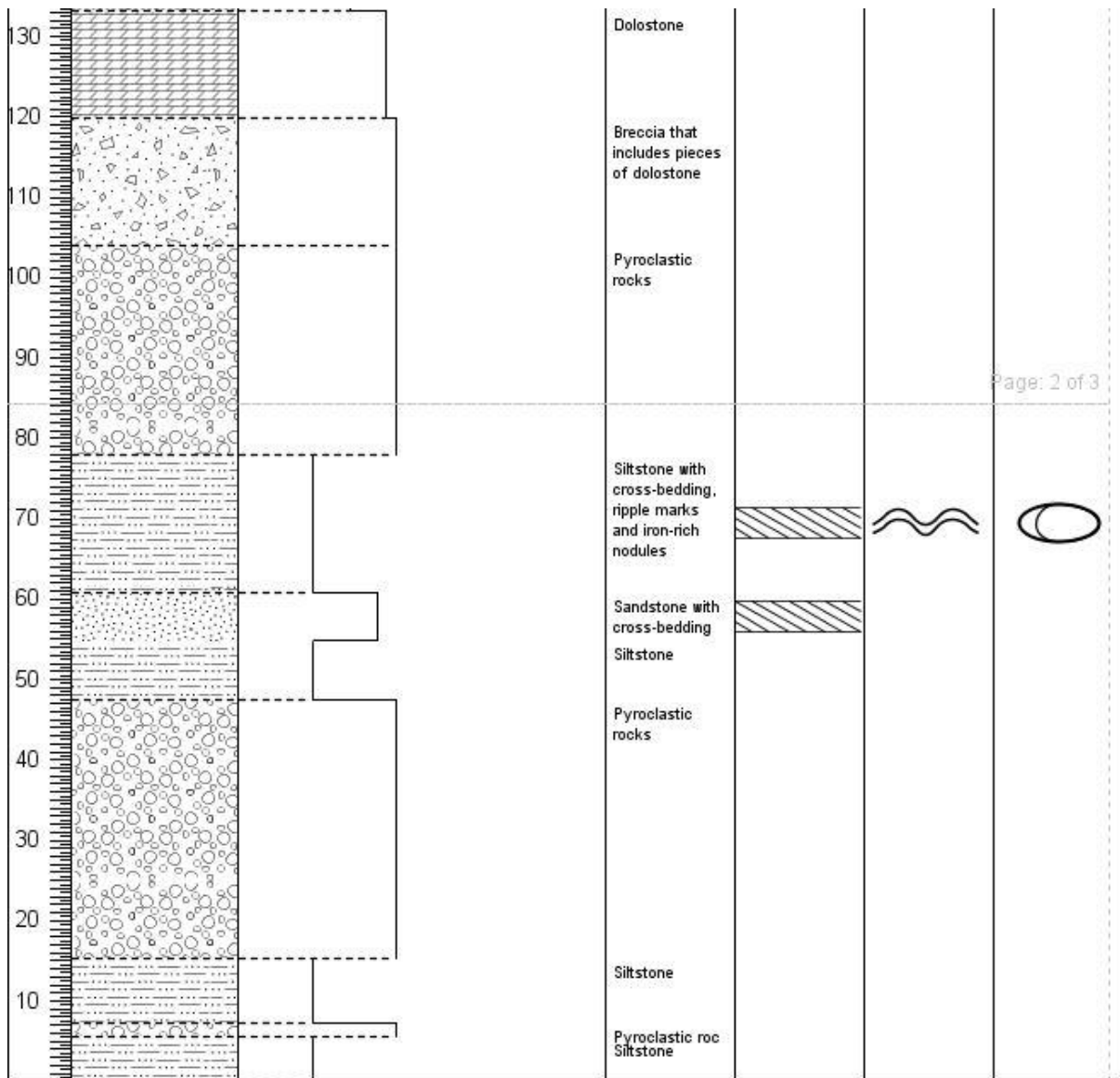
(Figur 5, Karta som visar den tolkade litologiska enheterna inom studieområdet. Baserad på en karta av Lantmäteriet och fixad i Inkscape. Starkt färgade områden med svart rand indikerar exponerade bergtyper som identifierats på plats)

Litologisk kolumn

Den litologiska kolumnen gjordes med hjälp av anteckningar och den geologiska kartan tillsammans med avstånd från kartan, nedskalade för att passa figuren (fig 6A-6B). Vid sandstenen mellan Nasknäs vik och Södra Sandvik där korslagring hittades kunde man se att de vinklade lagren skar in i lagren åt söder och att nya lager sedan avsattes i en nordlig riktning. Detta indikerar att sedimentära lager redan fanns söderut som nya lager kunde skära in i för att resultera i den korslagring som finns på platsen. Därför är den förnygrande riktningen åt norr. Lagerföljden går därför från de äldsta lagren längst i sydost i botten av kolumnen till den yngsta lagren längst i nordväst i toppen av kolumnen.



(Figur 6A, den stratigrafiska kolumnen gjord efter anteckningar och den geologiska kartan med programmet SedLog 3.1. Kolumnen är delad i 2 för att få plats, se 6B för nedre halvan)



(Figur 6B, den stratigrafiska kolumnen gjord efter anteckningar och den geologiska kartan med programmet SedLog 3.1. Kolumnen är delad i 2 för att få plats, se 6A för övre halvan)

Diskussion: tolkning av resultat

Vågmärken och korslagringsstrukturer hittas först en bit upp i den stratigrafiska kolumnen (fig 6B), mellan Nasknäs-viken och Södra Sandvik (fig 5). Eftersom strukturer som dessa kräver att sediment redan finns där för att kunna bildas innebär det att den stratigrafiska kolumnen byggdes upp från en sydlig-sydostlig riktning. Detta pekar även på att områden längre ner i den stratigrafiska kolumnen låg under vågbasen och kunde därför inte påverkas av vågrörelser. Dolomitiska bergarter och kalksten hittas bara längre upp i den stratigrafiska kolumnen (fig 6A-6B). De biofilm lager som finns i dessa bergarter tyder på att de avsatts i den fotiska zonen med mycket solljus tillgängligt för fotosyntes (Riding 2000), vilket tyder på att bergarterna formats i en relativt grund vattenmiljö. Detta tyder på att områden längre ner i kolumnen antingen avsatts i vatten med för låg koncentration av karbonatmineral, för högt pH, för låg temperatur eller för djupt (Klein and Philpotts 2016). Från detta tolkar jag att området avsattes från en sydlig-sydostlig riktning, i en miljö som utvecklades från en djupare havsmiljö till en grundare kustmiljö.

I området finns stora mängder pyroklastiska bergarter och ignimbriter, med stor mängd kvarts inom (fig 5). Bergarter som dessa indikerar felsisk- och explosiv vulkanism (Klein and Philpotts 2016). I de lägre delarna av den stratigrafiska kolumnen är pyroklastiska grovkorniga och dåligt stratifierade. Längre upp i kolumnen hittar man finkorniga ignimbriter med tunna lager (fig 4J). Att lagren blir tunnare och mer finkorniga visar på att intensiteten på den vulkaniska aktiviteten avtagit (Allen et al. 1996). Dessa lager styckas även upp av ett flertal lager av dolomitiska bergarter (fig 5). Från detta tolkar jag att området påverkats av felsisk- och explosiv vulkanism, vars intensitet på utbrott avtagit över tid.

Det finns tecken på metamorfos och deformation i området. Av de många mätningar av lutning och lutningsriktning som gjordes över hela kartan hade många av dem en lutning nära 90° (figur 5). Vissa av mätningarna som gjordes nära varandra kunde variera ganska mycket. Detta kan bero på lokal deformation, som de många veckorna av varierande storlek som kan hittas över hela området (figur 3D). Cordieriten som hittas vid de järn-rika nodulerna i siltstenen längs de norra klipporna av Södra Sandvik tyder på att området utsätts för metamorfos. Cordierit bildas under låga P/T förhållanden, vilket man kan förvänta sig från förlängande riftzoner, en vulkanisk båge eller kontaktmetamorfos (Klein and Philpotts 2016). Det finns andra tecken som pekar till att området bildats som en ackretionär prism vid en subduktionszon. Den felsiska och explosiva vulkanismen i området är tydliga tecken på vulkanism man kan förvänta sig vid en subduktionszon (Klein and Philpotts 2016). Deformation av lager går att finna på de flesta ställen i området, speciellt i de övre delarna. Deformationen tyder på att området utsätts för tryck efter deposition. De flesta tecken tyder på att området avsatts som en ackretionär prism vid en subduktionszon, men en sådan tolkning förklarar inte varför man kan finna cordierit i området. Därför är informationen otillräcklig för att göra en tolkning av den plattektoniska zon området bildats vid.

Jämförelser

Min tolkning om den föryngrande riktningen och utvecklingen från en djupare havsmiljö till en nära kustmiljö håller med Holmquist (1910) om den föryngrande riktningen, men håller bara delvis med om utvecklingen från djupare havsmiljö till nära kustmiljö. I artikeln tolkar han att norra Utö kan ha avsatts som en kontinuerlig serie av sediment som fyllt en marin eller lakustrin bassäng (Holmquist 1910).

Den andra artikeln, skriven av Gavelin et al (1976), tolkar också området som en norrut föryngrande sekvens med en utveckling från djuphavsmiljö till grundvattenmiljö (Gavelin et al. 1976). Detta baserar dom på en utveckling från gråvackor med graderade lagerföljder till konglomerat samt korslagringsstrukturer i övre delen av området.

I den tredje artikeln tolkar Allen et al (1996) att området avsatts i relativt grunda vatten (10-500 m) i en nordvästligt föryngrande riktning, där sedimenten och vulkaniska material delvis avsattes ovanför vattenytan (Allen et al. 1996). De tolkar områdets övre delar som att ha avsatts i en avtagande vulkanisk fas vilket ledde till subsidens. Från deras karta ser man att de markerat områden med kalksten, dolomitiska bergarter och ryolitisk ask-siltsten som har avsatts under vågbasen (<500 m djup (Allen et al. 1996)), vilket antyder att området blivit djupare över tid. Denna tolkning håller inte med min tolkning på något sätt annat än att de pyroklastiska materialen delvis avsattes ovanför vattenytan.

I den fjärde artikeln tolkar Talbot (2008) att området har en nordvästlig föryngrande riktning, som avsattes i en miljö som utvecklats från en djuphavsslätt och kontinentalsslutning till en grund kontinentalsockel där sediment delvis avsattes ovanför vattenytan (Talbot 2008). Detta tolkar Talbot (2008) från de omogna vällagrade klastiska sedimenten som gråvacka turbiditerna, vilka mognar uppåt till korslagrade sandstenar. Min tolkning håller med denna då de berör bland annat samma tecken som jag berör i min tolkning med korslagringsstrukturerna och den stratigrafiska utvecklingen i området.

Min tolkning om den felsiska- och explosiva vulkanismen i området håller i stort sett med om Holmquists (1910) tolkning om vulkanismen i området. I artikeln beskriver han hur perioder av plötsliga utbrott avsatt de vulkaniska materialen i en undervattensmiljö. Jag håller inte helt med om att vulkanismen enbart avsatt material i en undervattensmiljö. Flödesstrukturerna i ignimbriterna är tecken på att de svetsats fast med varandra i ett pyroklastiskt flöde (Klein and Philpotts 2016), vilket är oftare sker på land (Cas and Wright 1991).

Artikeln av Gavelin et al (1976) tolkar områdets leptit och hälleflinta grupp (innefattar ungefärligen området jag tolkat som ignimbriter, dolomitiska bergarter och kalksten) som sura vulkaniter vilket innebär att de har höga halter av kvarts och kan därför vara felsiska (Klein and Philpotts 2016). De skriver inget om huruvida intensiteten av vulkanismen på Utö avtagit, men de skriver att om områden längre åt nordväst räknas med följdes vulkanismen i området med avsättning av ny gråvacka och basisk magmatism (Gavelin et al. 1976), vilket skulle kunna tolkas som att den felsiska vulkanismen avtagit.

I den tredje artikeln tolkar Allen et al (1996) att den vulkaniska aktiviteten som intensiv, felsisk och explosiv i början, vilket därefter övergick till en avtagande vulkanisk fas (Allen et al. 1996). Denna tolkning är lik min, men håller inte med deras tolkning om djupet som sedimenten och de pyroklastiska materialen avsatts vid.

Talbot (2008) tolkar vulkanismen i området som felsisk och explosiv från beskrivningarna av de porfyritiska- och pyroklastiska bergarterna (Talbot 2008). Han tolkar dessa porfyritiska- och pyroklastiska avlagringar att visa en mer och mer avlägsen karaktär på grund av att den vulkaniska bågen retirerar efter att havet i öst stängdes. Detta indikerar att minskande intensitet av den vulkaniska aktiviteten i området över tid allt eftersom den vulkaniska bågen drog sig tillbaka, vilket håller med min tolkning.

Från de tecken jag funnit som pekar på den tektoniska zonen i området formats vid håller jag inte med artikeln av Holmquist (1910). Han skriver inget specifikt om det, vilket troligtvis har att göra med att artikeln skrevs år 1910, medan teorin om plattetektonik utvecklades först under 1960-talet (Blatt et al. 2006). Han konstaterar däremot att området är väldigt veckat och avsatt som tidigare nämnt i en marin eller lakustrin bassäng (Holmquist 1910).

Den andra artikeln ger inga direkta tolkningar om den tektoniska zonen i området formats vid. I artikeln beskriver de att sedimenten kan ha avsatts i en bassäng, vilket inte håller med de tecken jag funnit i området som pekar på den plattetektoniska zonen i området formats vid.

Allen et al (1996) tolkar i den tredje artikeln att området avsatts i en förlängningsbassäng bakom en vulkanisk båge vid en subduktionszon där en oceanisk platta sjönk under området från öst (Allen et al. 1996). I den avtagande vulkaniska fasen beskriver de att området såg en övergång till kompressionsdeformation istället för förlängningsdeformation. De låga P/T mineralet cordierit jag identifierade i området är en indikation till att denna tolkning kanske stämmer, men den håller inte med de andra tecken jag funnit i området som tyder på att området bildats som en akkretionär prism vid en subduktionszon. Den andra artikeln av Gavelin (1976) och den fjärde artikeln av Talbot (2008) visar även att det finns gråvacka turbiditer längre söderut på Utö, utanför mitt studieområde (Gavelin et al. 1976; Talbot 2008). Dessa bergarter är en indikation på en djuphavsmiljö som en kontinentalslutning eller djuphavsslätt (Greywacke), vilket man inte kan förvänta sig av ett område avsatt som en förlängningsbassäng bakom en vulkanisk båge.

Talbot (2008) tolkar området som att ha avsatts som en akkretionär prism, som utvecklades vid en subduktionszon där en okänd oceanisk platta sjönk under området från öst (Talbot 2008). Han tolkar den tektoniska aktiviteten som att vara i 2 stadier, den första där subduktion ledde till uppbyggnad av den akkretionära prismet, följt av en kompressionsdeformation av området när den oceaniska plattan hade sjunkit och havet stängts. De flesta av de tecken jag funnit i området håller med om att området avsatts som en akkretionär prism. Däremot kan jag från mina resultat inte vara säker på om skalan på deformationen som han säger. Mina resultat kan inte heller förklara varför det förekommer cordierit i området.

Slutsats

De resultat jag funnit är otillräckliga för att göra en tolkning av den plattektoniska zonen området bildats vid.

Området bildades i en miljö som utvecklades från en djuphavsmiljö till en nära kustmiljö som påverkats av felsisk- och explosiv vulkanisk aktivitet, vilket avtagit över tid.

Mina tolkningar håller till övervägande del med Talbots (2018) tolkningar av området.

Referenser

- Allen RL, Lundstrom I, Ripa M, Christofferson H. 1996. Facies analysis of a 1.9 Ga, continental margin, back-arc, felsic caldera province with diverse Zn-Pb-Ag-(Cu-Au) sulfide and Fe oxide deposits, Bergslagen region, Sweden. *Econ Geol.* 91(6):979–1008. doi:10.2113/gsecongeo.91.6.979.
- Blatt H, Tracy RJ, Owens BE. 2006. *Petrology: igneous, sedimentary, and metamorphic*. 3rd ed. New York: W.H. Freeman.
- Cas RA, Wright JV. 1991. Subaqueous pyroclastic flows and ignimbrites: an assessment.
- Gavelin S, Lundström I, Norström S. 1976. Svecofennian stratigraphy on Utö, Stockholm archipelago: correlations with Finland and Sweden. Stockholm (Sveriges Geologiska Undersökning Ser C Avhandlingar och uppsatser).
- Greywacke. [accessed 2023 Jun 9]. <https://www.mindat.org/min-49126.html>.
- Holmquist PJ. 1910. The Archæan geology of the coast-regions of Stockholm. *Geol Fören Stockh Förh.* 32(4):789–912. doi:10.1080/11035891009443832.
- Klein C, Philpotts A. 2016. *Earth Materials 2nd Edition: Introduction to Mineralogy and Petrology*. 2nd ed. Cambridge University Press. [accessed 2023 Jun 7]. <https://www.cambridge.org/highereducation/books/earth-materials-2nd-edition/02B13B6EA8B5F61D07DB410E0FE3A701#contents>.
- Lindström M, Lundqvist J, Lundqvist T. 2000. *Sveriges geologi från urtid till nutid*. 2. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Talbot CJ. 2008. Palaeoproterozoic crustal building in NE Utö, southern Svecofennides, Sweden. *GFF.* 130(2):49–70. doi:10.1080/11035890801302049.
- Riding R. 2000. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial–algal mats and biofilms. *Sedimentology.* 47(s1):179–214. doi:10.1046/j.1365-3091.2000.00003.x.