

# Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrottshistoria

***Ingeborg Hjorth***

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,  
kandidatarbete, nr 559  
(15 hp/ECTS credits)

---



Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2019



# **Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrottshistoria**

Kandidatarbete  
Ingeborg Hjorth

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2019

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>7</b>
2.1	Jordens magnetfält	7
2.2	Naturlig remanent magnetisering (NRM)	7
2.3	Avmagnetisering med alternerande fält (AF)	8
<b>3</b>	<b>Undersökningsområde</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Metod</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Tack</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>Referenser</b>	<b>13</b>

# Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrottshistoria

INGEBORG HJORTH

Hjorth, I., 2019: Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrottshistoria. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 559, 13 sid. 15 hp.

**Sammanfattning:** Rangitoto är en vulkanö som ligger nordost om Auckland, Nya Zeeland, och tillhör Aucklands vulkaniska fält (AVF) som består av ca 50 utdöda monogenetiska vulkaner. Eftersom Rangitoto har egenskaper som skiljer sig från de andra vulkanerna i området tror man att området genomgått en förändring och gått in i en ny fas. Det var ca 500 år sedan Rangitoto senast hade utbrott och eftersom storstadsområdet Auckland är beläget intill Rangitoto och ovanpå AVF är det viktigt att undersöka hur utbrottshistorien ser ut för att kunna bedöma riskerna för nya utbrott i framtiden. Det finns olika hypoteser om hur utbrottshistorien ser ut och de som utvärderas i denna studie är att de flesta av utbrotten, som omfattar den så kallade skölduppybyggande fasen, har skett under en period på 1) mindre än 100 år, eller 2) upp emot 500 år. För att undersöka hypoteserna har, i denna studie, 157 basaltprover från 35 av Rangitotos lavaflöden analyserats med paleomagnetiska metoder för att fastställa eventuella variationer i magnetfältets inklinationsvärden. Variationer i inklinationsvärden mellan de olika utbrotten. Lavaflödena har delats in i 6 grupper med liknande inklinationsvärden. Variationer i inklinationsvärden mellan de olika grupperna visar på relativt stora förändringar i magnetfältet, vilket är mest förenligt med hypotes 2. Jämförelser med oberoende referenskurvor antyder dock ett utbrottsförlopp på över tusen år, vilket är oförenligt med båda hypoteserna. Av detta kan följande slutsatser dras: i) att inklinationsvariationerna inte bara reflekterar förändringar i jordens magnetfält, eller ii) att referenskurvorna inte är tillförlitliga inom sina konfidensintervall, eller iii) att dateringarna som ligger till grund för de ursprungliga hypoteserna är felaktiga.

**Nyckelord:** paleomagnetism, Aucklands vulkaniska fält, Rangitoto, naturlig remanent magnetisering, magnetisk inklinationsvärden

**Handledare:** Andreas Nilsson

**Ämnesinriktning:** Kvärtärgeologi

*Ingeborg Hjorth, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: lat15ihj@student.lu.se*

# Paleomagnetic study of the Rangitoto volcano, New Zealand, to determine its eruption history

INGEBORG HJORTH

Hjorth, I., 2019: Paleomagnetic study of the Rangitoto volcano, New Zealand, to determine its eruption history. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 559, 13 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

**Abstract:** Rangitoto is a volcanic island, located northeast of Auckland, New Zealand, and belongs to Auckland Volcanic field (AVF), which consists of c. 50 extinct monogenetic volcanoes. Since Rangitoto has characteristics that makes it different from the other volcanoes in the area, it is believed that the volcanic field has undergone a change and entered a new phase. Rangitoto had its latest eruption about 500 years ago and since the metropolitan area of Auckland is situated close to Rangitoto and on top of the AVF it is important to examine the eruption rate to be able to evaluate the risks for new eruptions in the future. There are different hypotheses about the eruption history of Rangitoto and those that are evaluated in this study are that most of the eruptions, which comprise the shield building phase, occurred during a period of 1) about 100 years, or 2) up to 500 years. To test these hypotheses, 157 samples of basalt from 35 of Rangitoto's lava flows have been analysed to determine their paleomagnetic directions (or more specifically the inclinations). The lava flows have been divided into 6 groups with similar inclination values. The variations in inclination between the different groups indicate that the magnetic field has changed relatively much, which is more compatible with hypothesis 2. However, comparison with independent reference curves indicates an eruption sequence of over thousand years, which is incompatible with both hypotheses. From this the following conclusions can be drawn: i) that the inclination variations do not only reflect changes in earth's magnetic field, or ii) that the reference curves are not reliable within their confidence intervals, or iii) that the datings, which the hypotheses are based on, are incorrect.

**Keywords:** paleomagnetism, Auckland volcanic field, Rangitoto, natural remanent magnetization, magnetic inclination

**Supervisor:** Andreas Nilsson

**Subject:** Quaternary Geology

*Ingeborg Hjorth, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: lat15ihj@student.lu.se*

# 1 Introduktion

Vulkanön Rangitoto tillhör Aucklands vulkaniska fält (AVF) som främst består av ca 50 utdöda monogenetiska vulkaner (Shane et al. 2013), vilket innebär att de har haft en kortvarig aktivitet på några dagar upp till 1 år och bara haft utbrott en gång (Wood 1980). Rangitoto är ett undantag från dessa och är en sköldvulkan som tros ha bildats 650–550 kal. år BP (Linnell et al. 2016), där BP står för "Before Present" = 1950 e.Kr. Ca hälften av det vulkaniska materialet i området kommer från Rangitoto (Needham et al. 2011) som också är större än de andra vulkanerna i området och är den enda som haft utbrott under de senaste 10 000 åren (Shane et al. 2013). Det senaste utbrottet var explosivt och tros ha inträffat ca 550–500 kal. år BP och gjorde att kratrar (eng. *Scoria cones*) bildades på toppen av vulkanen (Needham et al. 2011). Eftersom Rangitoto har en annan storlek och struktur än de andra i området spekulerar man om huruvida området genomgått en förändring till polygenetiska utbrott från en central krater (eng. *central vent region*) (Shane et al. 2013), eller om det är ett vulkaniskt komplex som består av äldre kratrar under Rangitoto (Linnell et al. 2016).

Enligt en hypotes om utbrotthistorien baserad på dateringar av tefra (aska) i närliggande sjösediment (Shane et al. 2013), är Rangitoto inte en monogenetisk vulkan utan utbrott tros ha skett under ett tidsintervall på ca 1000 år, från  $1498 \pm 140$  till minst  $504 \pm 6$  kal. år BP. Nya dateringar från en borrhäls kärna som togs upp från vulkanens sida år 2014 (Linnell et al. 2016) tyder dock på att de första utbrotten skedde redan 6000 kal. år BP men att den skölduppbyggande fasen, vilket innefattar majoriteten av lavaflödena (1–128 m i figur 1), skedde från ca 650 till 550 kal. år BP, en period på max 100 år. Den övre åldern är baserad på en foraminifer som hittades i botten av borrhälskärnan och kol-14

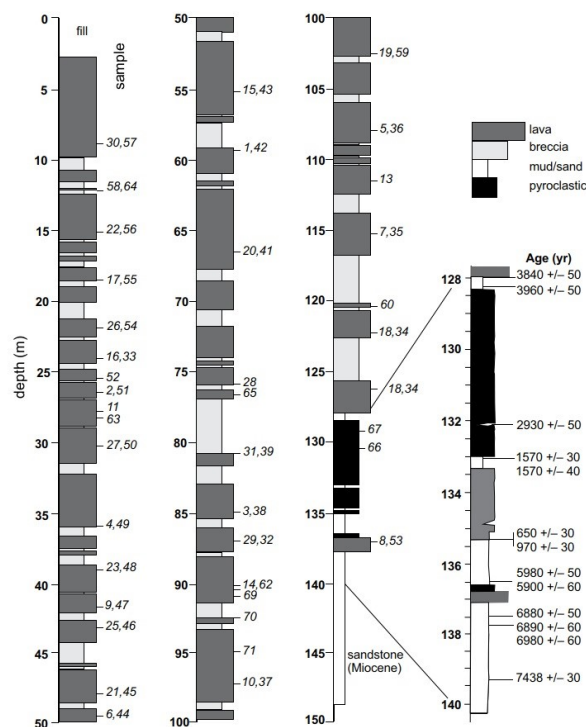


Fig. 1. Logg från borrhälskärnan med C14-dateringar från de djupaste delarna. Från Linnell et al. (2016).

daterades till  $650 \pm 30$  kal. år BP. Det finns också en datering från samma djup i borrhälskärnan på  $970 \pm 30$  kal. år BP vilken skulle tyda på att utbrotten skett under en period på upp till 500 år, om den yngre åldern ignoreras och man räknar från det första explosiva utbrott som skedde 550–500 kal. år BP. På så vis skulle Shanes teori om att utbrotten skett under 1000 år kunna modifieras till ca 500 år. Hypoteserna kan sammanfattas till att utbrotten antingen skett under en period på 100 år (hypotes 1) eller en period på 500 år (hypotes 2).

Eftersom Auckland, som är ett storstadsområde och Nya Zeelands största stad, ligger beläget på AVF är det mycket viktigt att ta reda på så mycket som möjligt om områdets tidigare utbrottsfrekvens för att kunna bedöma risken för framtida naturkatastrofer (Molloy et al. 2009).

Syftet med den här studien är att ta reda på mer information om Rangitotos utbrotthistoria genom att analysera paleomagnetiska riktningar (inklinationer) från lavaflödena och se hur riktningarna varierar mellan de olika lavaflödena och hur de förhåller sig till ökat djup.

När lavaflöden svalnar blir de magnetiserade av jordens magnetfält genom att magnetiska partiklar (av t.ex. magnetit), som fungerar som små dipoler, ställer in sig i samma riktning som jordens magnetfält har vid tidpunkten för utbrottet. Eftersom jordens magnetfält förändras över tiden kan sekvenser av lavaflödena indirekt dateras genom att jämföra lavaflödenas magnetiska riktningar med oberoende referenskurvor (Butler 1992).

Frageställningarna som har undersökts i denna studie är:

1. Kan vi utesluta att lavaflödena är från ungefär samma tidsperiod (<5–10 år)?
2. Om ja, kan variationerna i inklinationerna användas för att datera lavaflödena?
3. Kan vi utesluta någon av hypoteserna?

## 2 Bakgrund

Här förklaras några viktiga magnetiska termer som nämns i denna studie och som behövs för att förstå hur paleomagnetism kan användas som dateringsmetod.

### 2.1 Jordens magnetfält

Det geomagnetiska fältet genereras av jordens flytande yttre kärna. Magnetfältet kan till stor del beskrivas som ett dipolfält där fältlinjerna går från magnetiska sydpolen till nordpolen. Magnetfältet förändras på tidskalor från 1 år till miljontals år vilket ger upphov till variationer i magnetfältets riktning på olika platser på jorden. Vinkeln mellan magnetfältets horisontella riktning och geografiskt norr kallas för deklination och vinkeln mellan magnetiska fältlinjerna och jordytan kallas inklination. Mönstret som magnetfältet flyttar sig i ser olika ut i undersökningar från olika kontinenter eftersom variationerna blir olika i förhållande till var på jorden man befinner sig (Butler 1992).

### 2.2 Naturlig remanent magnetisering (NRM)

Naturlig remanent magnetisering (NRM) är en kvarstående magnetisering hos framförlatt ferromagnetiska

mineral i bergarten. Kornen fungerar som små magnetiska dipoler och ställer in sig i samma riktning som det geomagnetiska fältet har vid tiden för bergartens bildning. De flesta magmatiska bergarter har en typ av remanent magnetisering som kallas för *thermoremanent magnetism* (TRM) och bildas när bergarten/lavan, i närheten av ett magnetfält (i detta fall jordens), svalnar över en viss temperatur som kallas Curie-temperatur. Curietemperaturen är 580 °C för magnetit och 680 °C för hematit. Magnetiseringarna är väldigt stabila och kan bevaras under lång geologisk tid. Genom att mäta de magnetiska riktningarna (inklination och deklination) hos bergarten och jämföra med oberoende referenskurvor kan man tillsammans med andra dateringsmetoder ta reda på vilken tid bergarten bildades (Butler 1992).

### 2.3 Avmagnetisering med alternerande fält (AF)

Det är vanligt att bergarter har både primär NRM och sekundär NRM. Primär NRM erhåller bergarten när den bildas och sekundär NRM kan bildas på grund av bland annat kemiska förändringar, blixtnedslag eller långsiktig exponering för jordens magnetfält efter bildningen. Sekundära magnetiseringar tillkommer ofta efter bergartens bildning och kan förändra eller delvis skymma primär NRM. För att isolera den primära magnetiseringen avmagnetiseras proverna med hjälp av alternerande fält (AF) som oftast effektivt tar bort sekundära NRM. Ett alternerande magnetiskt fält har formen av en sinusvåg, ofta med en frekvens på 400 Hz. Magnituden av fältet, eller vågens amplitud, minskar linjärt med tiden och fältet avklingar efter ca 1 minut. Många avmagnetiseringsinstrument låter provet rotera så att alla provets axlar en efter en avmagnetiseras då de kommer i linje med det avmagnetiserande fältet. I takt med att maxamplituden på det alternerande fältet ökas kommer en större del av den ursprungliga magnetiseringen att avmagnetiseras. I regel krävs det lägre maxamplitud för att avmagnetisera de sekundära komponenterna (Butler 1992).

## 3 Undersökningsområde

AVF ligger på gränsen mellan två tektoniska plattor (eng. *intraplate tectonic setting*); indoaustraliska plattan och stillahavsplattan (Codrington 2005). Området består av 50 kratrar från monogenetiska utdöda vulkaner och har en total lavavolym på ca 1.7 km<sup>3</sup>. Kratrar är spridda över ett område på ca 360 km<sup>2</sup>. Utbrotten i området startade ca 250 ka och har fortsatt ore-gelbundet till ca 0.5 ka (Linell et al. 2016). Ön Rangitoto ligger nordost om Auckland, Nya Zeeland, se figur 2, och är en symmetrisk sköldvulkan som är ca 6 km bred och sträcker sig 260 m över havet. Den tillhör AVF och är den yngsta av vulkanerna i området (Needham et al. 2011).

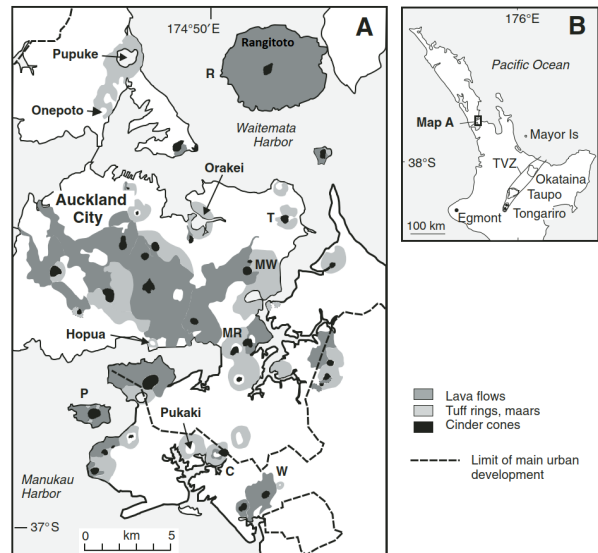


Fig. 2. Karta över Aucklands vulkaniska fält. Modifierad efter Molloy et al. (2009).

## 4 Metod

År 2014 tog Aucklands Universitet upp en borrkärna som består av ca 50 lavaflöden, utspridda på 128 m (Linnell et al. 2016). Prover har tagits ut från borrkärnan och skickats till Lunds universitet där 157 mindre basaltprover, från 35 olika lavaflöden, har sågats ut från proverna. Provernas remanenta magnetisering uppmättes med hjälp av en ”2G-Enterprises superconducting rock magnetometer (model 760)” i paleomagnetiska laboratoriet på Lunds universitet. För att fastställa stabiliteten av den remanenta magnetiseringen gjordes upprepade mätningar efter att provet successivt avmagnetiserats med hjälp av alternerande fält. Proven avmagnetiserades med successivt ökande styrka med intervall av 5mT upp till 40mT och därefter med 10mT upp till 80mT. Eftersom det inte finns någon information om den horisontella riktningen på borrkärnan är det främst inklinationerna som undersöks och analyseras i denna studie. Data från tidigare studier som gjorts på magnetisk intensitet (pers. komm. Megan Allington; Aulin 2017) på vissa av lavaflödena har jämförts med inklinationsvärdena från denna studie och kommenteras i diskussionsavsnittet nedan.

## 5 Resultat

För varje prov har ett vektorkomponentdiagram gjorts upp, se figur 3, där de röda och blå punkterna visar den kvarvarande magnetiseringen efter varje AF-steg i vertikal led (y, z) och horisontell led (y, x). Axlarna visar väderstrecken med antagandet att x-axeln pekar mot norr. Den slutgiltiga riktningen beräknades genom principkomponentanalys (Kirschvink 1980) av magnetiseringarna mellan 15 till 80mT (se röd/blå linje i figur 3). MAD (Maximum Angular Deviation) är ett värde som visar hur mycket punkterna avviker från en rak linje. AD (Angular Deviation from origin) visar med hur stor vinkel linjen avviker från origo. Proverna har generellt sett låga AD- och MAD-värden, speciellt MAD-värdena som mestadels är under 1, vilket betyder att resultaten är av mycket bra kvalitet (Butler 1992).



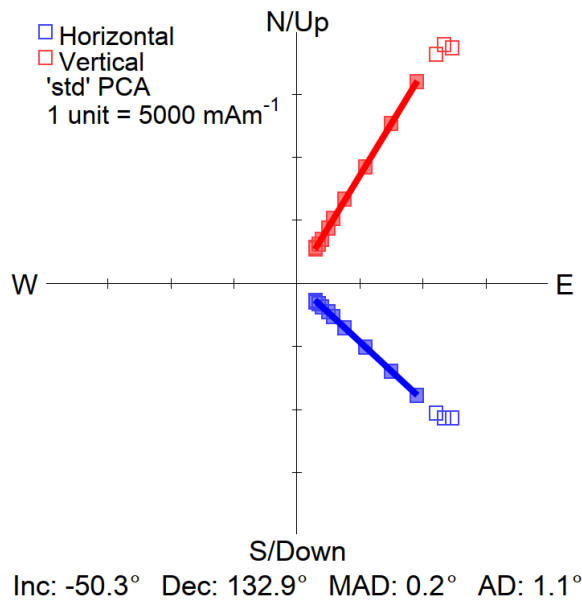


Fig. 3. Exempel på ett vektorkomponentdiagram från ett av proverna där den röda linjen visar inklinationen och den blå visar deklinationen.

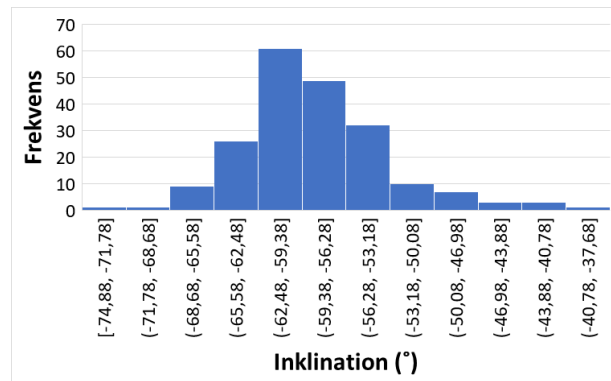


Fig. 4. Histogram över inklinationsvärdena från alla prover.

Inklinationerna från alla prover har sammanställts i ett histogram, se figur 4, som i detta fall visar att de inte är helt normalfördelade, eftersom det inte finns en symmetrisk fördelning runt ett medelvärde.

I figur 5 har inklinationsvärdena lagts in i ett diagram i förhållande till djupet. Varje lavaflöde har olika färg och här ses hur spridda värdena är inom de olika lavaflödena, samt hur inklinationstrenden ser ut. Exempelvis har lavaflöde 1, 9 och 49 väldigt stor spridning av inklinationsvärdena. De flesta inklinationsvärden ligger dock samlade mellan ca  $-53^\circ$  och  $-67^\circ$ . Mindre negativa inklinationsvärden förekommer framförallt vid djup på ca 10 m, 40 m, 60 m och eventuellt även vid 130 m.

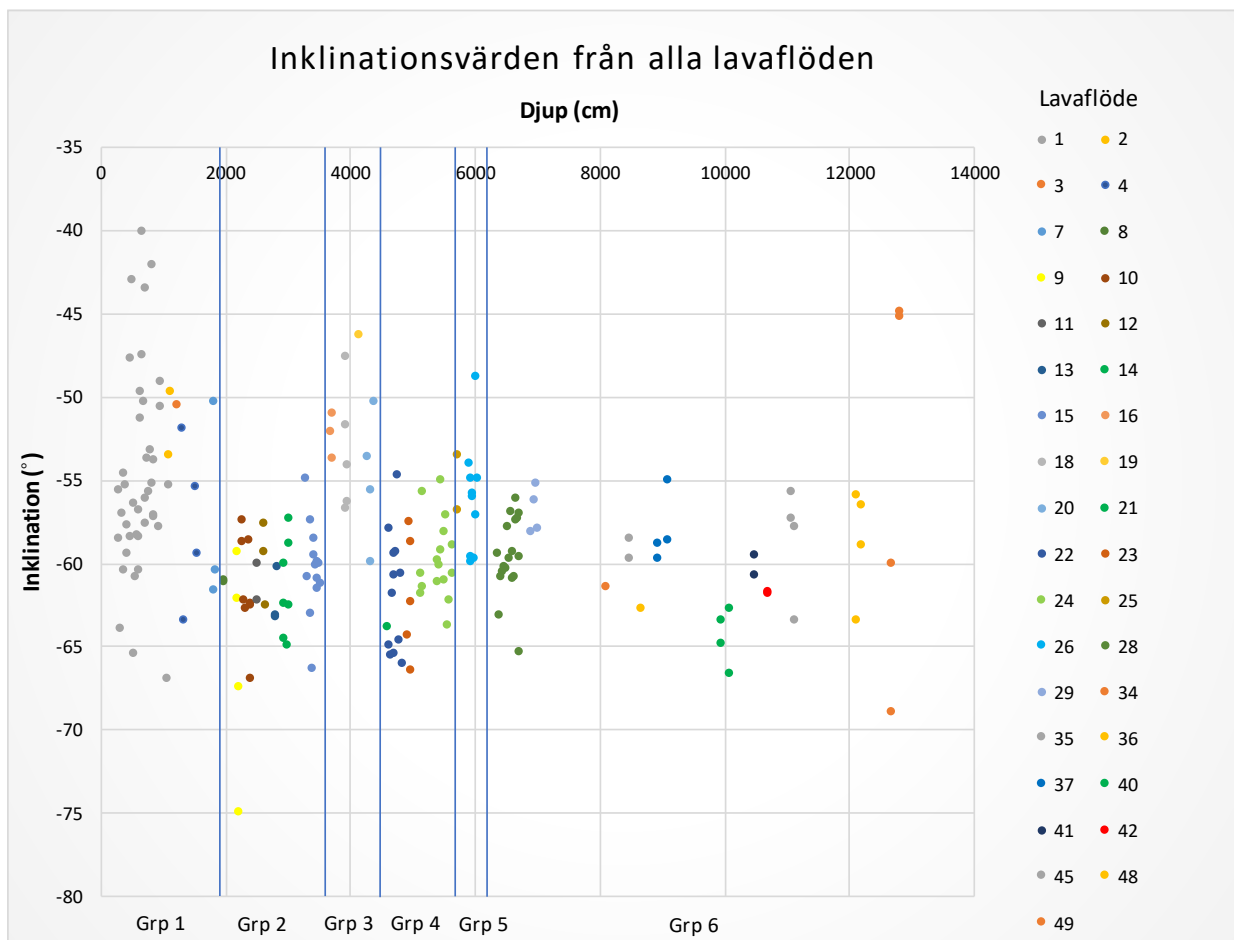


Fig. 5. Diagram som visar alla provers inklinationsvärden i förhållande till djupet. Proverna har olika färger beroende på vilket lavaflöde de tillhör. De blå linjerna delar upp lavaflöden som antas vara från samma tidsperiod i olika grupper, enligt figur 6 nedan.

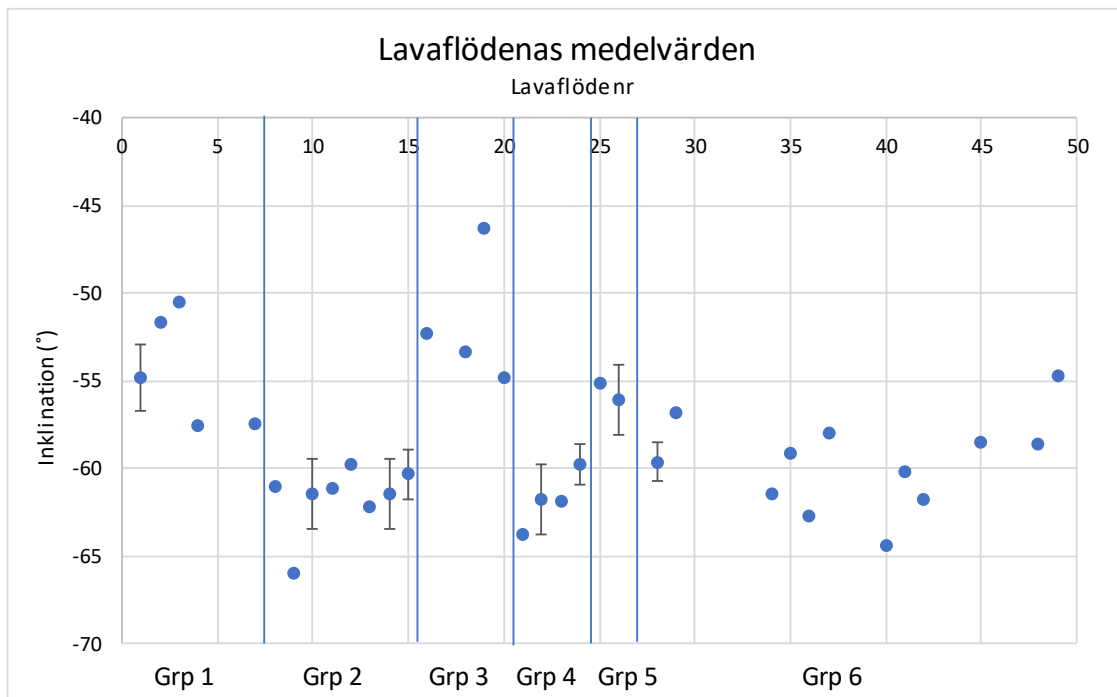


Fig. 6. Medelvärden av varje lavaflödes inklinationer, med en punkt för varje lavaflöde. Felstaplarna visar standardfelet. De blå linjerna delar upp lavaflöden som antas vara från samma tidsperiod i olika grupper.

De enskilda lavaflödenas medelvärden sammanfattas i figur 6, där lavaflöden med 6 eller fler prover har felstaplar som visar 95% konfidensintervall ( $\pm 2$  standardfel). För  $n=6$  kommer standardavvikelsen och standardfelet överlag att underskattas med ca 5 % (Garland & Tripathi, 1971). Om inklinationerna från två lavaflöden inte överlappar varandra inom respektive konfidensintervall kan man med stor sannolikhet säga att det har passerat tid mellan att de två utbrotten ägde rum, tillräckligt lång tid för att magnetfältet ska ha hunnit ändras. Konfidensintervall som överlappar varandra representerar lavaflöden där vi inte kan utsluta att de kommer från ungefär samma tidsperiod. Lavaflöden som antas vara från ungefär samma tidsperiod har delats in i grupper med nr 1 – 6 för att man tydligare ska kunna se de översiktliga variationerna i inklinationens värden mellan de olika grupperna.

Grupperna från figur 6 har sammanfattats i diagrammet i figur 7 nedan, där man tydligare ser inklinationernas generella variation mellan grupperna av lavaflöden, där grupperna antas vara från olika tidsperioder med olika magnetfält.

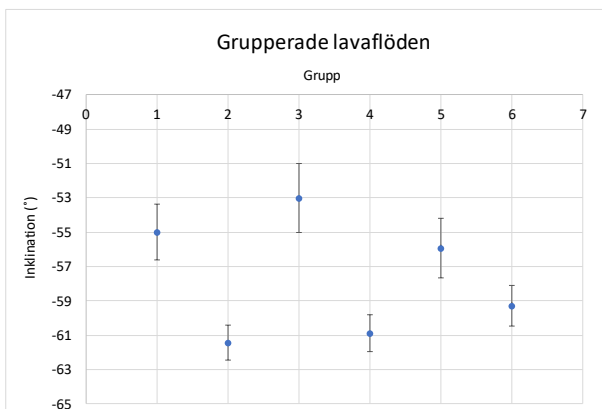


Fig. 7. Samlade värden för grupp 1–6, från figur 6.

## 6 Diskussion

Inklinationerna från alla prover är inte helt normalfördelade, se figur 4, vilket betyder att en del värden avviker mycket från den generella trenden. Det kan dels bero på att vi har för få mätningar för att det ska kunna bli en perfekt formad kurva, men det beror förmodligen också på att inklinationsriktningarna varierar mellan vissa av lavaflödena (se figur 5 och 6) vilket eventuellt tyder på förändringar i magnetfältet, dvs att mätvärdena kommer från olika populationer och ej borde vara normalfördelade.

I figur 7 ser man grupper av värden som skiljer sig mycket åt och glappen mellan staplarna i Y-led tolkas som att magnetfältet har ändrat riktning minst 4 gånger under utbrottshistorien.

Det finns några viktiga felkällor som eventuellt kan förklara variationerna i inklinationsriktningarna. Den första är att borrkärnan kanske inte gått helt rakt under borrningen, dvs att lutningen på borrkärnan har varierat. Den andra är att jordskalv i samband med vulkanutbrott kan ha gjort att delar av lavaflödena (t.ex. flöde 16–20) tippats och fått en viss lutning. Enligt Butler (1992) kan blixtnedslag också påverka den remanenta magnetiseringen och ändra riktningarna, fast sådana magnetiseringar brukar ha en tydlig signatur som inte observerats i denna studie. Måtfel kan även förekomma om proverna blivit sågade snett, så att de inte har kunnat ligga helt rakt under mätningarna. Geokemiska variationer i olika delar av lavaflödena skulle också kunna påverka resultaten, men då främst den magnetiska intensiteten, se nedan.

I den här studien utgår vi från att påverkan från dessa felkällor är försumbara. En anledning till att det inte är så troligt att de ovanstående felkällorna påverkat resultaten särskilt mycket är att resultat från intensitetsmätningar från tidigare studier (pers. komm. Megan Allington; Aulin 2017) jämfört med resultaten från

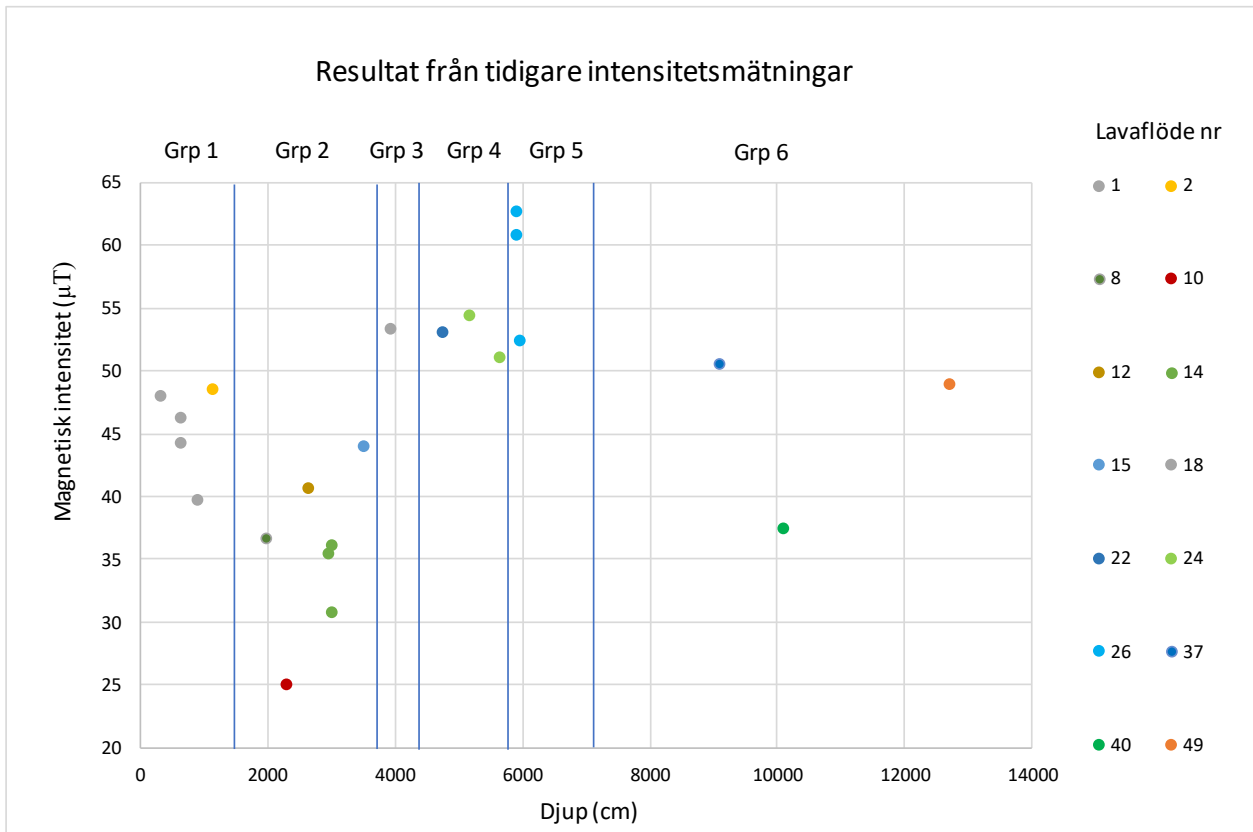


Fig. 8. Intensitetsvärdenas variation med djupet. Lavaflödena är indelade efter samma gruppering som i tidigare diagram.

inklinationmätningarna i denna studie, visar på förändringar som sker ungefär samtidigt, se figur 5 och 8.

Att intensitetstrenden följer inklinationstrenden ganska bra visar på att inklinationförändringarna borde bero på förändringar i magnetfältet eftersom det då är rimligt att det samtidigt skett en ändring i intensitet. Att dessa trender inte alltid följer varandra exakt kan bero på att intensiteten kanske inte alltid ändras lika mycket som inklinationen, och olika geokemi på olika djup inom lavaflödena kan som sagt påverka resultaten, framförallt den magnetiska intensiteten.

Grupperna med lavaflödenas inklinationvärden och intensitetsvärden kan jämföras med dataset med referenskurvor över magnetfältets variation globalt och lokalt. Här har de jämförts med ett dataset från Helliö & Gillet (2018), som bl.a. inkluderar paleomagnetisk data från Lake Mavora som ligger på Nya Zeelands sydö, se figur 9.

100-års perioden, mellan 550 kal. år BP och 650 kal. år BP, som motsvarar utbrottshistorien enligt hypotes 1, är markerad med en mörkare blå färg i figur 9. Under den här perioden har det med stor säkerhet skett utbrott. 500-års perioden, från 500 kal. år BP till 1000 kal. år BP enligt hypotes 2 är markerad med en ljusare blå färg, då det inte är lika säkert att utbrotten sträcker sig över en så lång period.

De grupperade lavaflödenas inklinationvariationer har inte någon självklar överensstämmelse med referenskurvan, men den närmaste överensstämmelse man får vid jämförelse med kurvan tyder på att utbrotten skulle skett under mer än tusen år, vilket inte stämmer med någon av hypoteserna. Det är dock enligt dateringarna från Linnell et al. (2016) inte rimligt att anta att utbrott relaterade till den skölduppybyggande fasen

skulle ha skett tidigare än ca 1000 kal. år BP. Eftersom variationerna i inklinationvärdena ändå är ganska stora verkar det, enligt resultaten från denna studie, därför mer sannolikt med ett utbrottsförlopp på 500 år, dvs hypotes 2, för att magnetfältet ska ha hunnit ändras så pass mycket.

Alternativt kan de oförenliga variationerna med referenskurvan bero på att modellens felmarginaler är underskattade. Modellen är baserad på många olika dataset som alla har relativt osäkra dateringar, vilket gör att de modellerade magnetfältvariationerna blir ganska utjämnade. Den troligaste förklaringen är kanske en kombination av ovanstående faktorer både vad gäller osäkerheterna för inklinationvariationerna i den här studien och för de modellerade magnetfältvariationerna.

Om värdena som sticker ut från den generella trenden, se figur 5 och 6 (grupp 1 och 3), inte är orsakade av magnetfältförändringar, eller om alla lavaflöden egentligen har så spridda värden som exempelvis lavaflöde 1 (om fler mätningar på varje lavaflöde hade gjorts), så skulle värdena egentligen vara ganska samlade. Då skulle de också stämma ganska bra överens med referenskurvas trend mellan 550 och 650 kal. år BP, vilket ger stöd åt hypotes 1.

De grupperade värdena från intensitetsmätningarna är mer förenliga med sin referenskurva och sammanfaller ganska bra med tidsspannet 500 till 1000 kal. år BP. Det ska dock tilläggas att intensitetsvärdena är få och bara en av grupperna har fler än 6 värden, vilket valdes som undre gräns för att beräkna 95% konfidensintervall. Detta betyder att intensitetsvärdena är mer opålitliga och att det därför också skulle kunna vara en slump att variationerna stämmer relativt bra

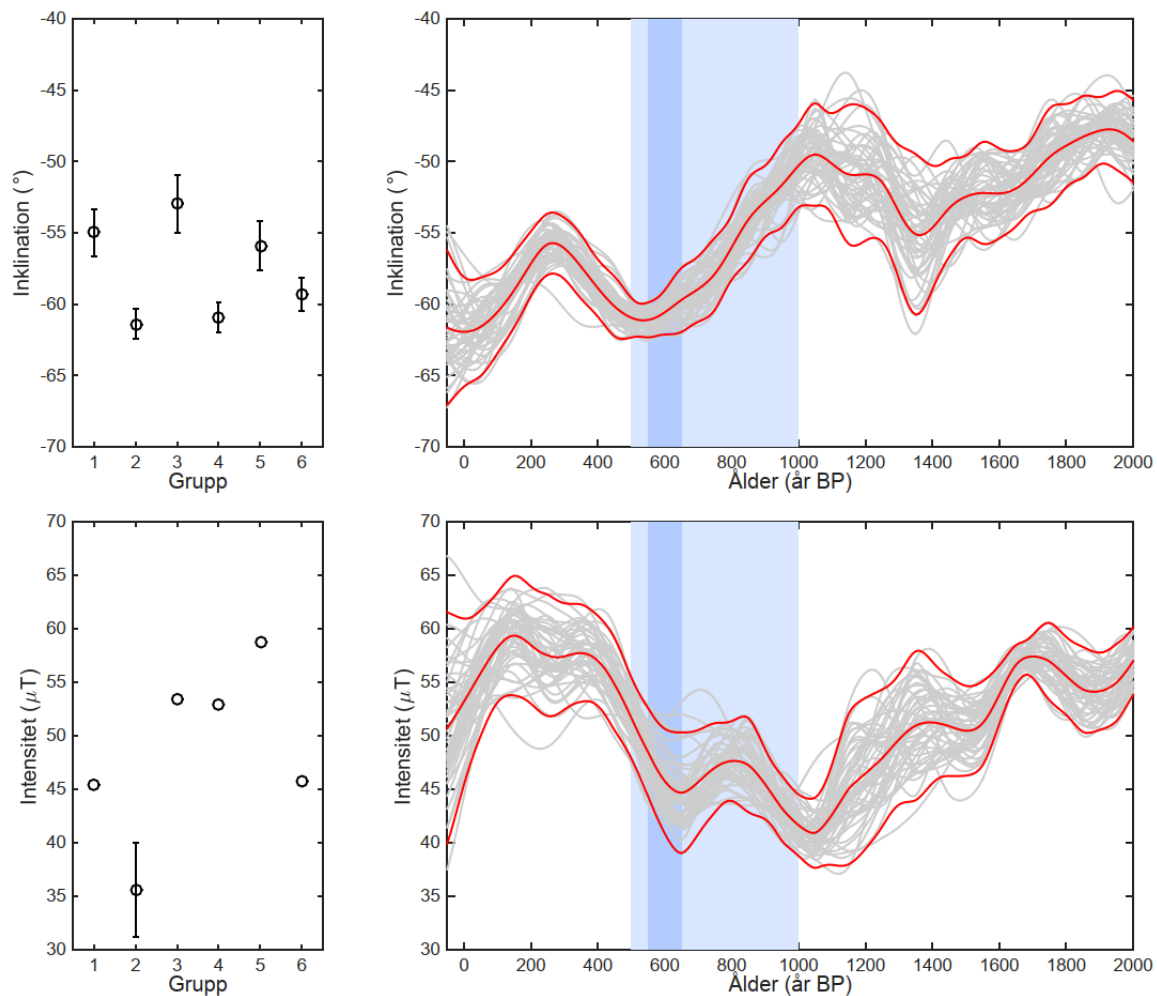


Fig. 9. Sammanfattade resultat från inklinations- och intensitetsmätningar, jämförda med referenskurvor av dataset från Lake Mavora. De grå kurvorna är från individuella modeller. De röda kurvorna markerar 2 standardavvikelser. Modifierad av Andreas Nilsson efter HELLIO & Gillet (2018).

överens med referenskurvan. Jämförelsen av intensitets- och inklinationsvärdenas variation med referenskurvorna ger inte tillräckligt bra stöd åt någon av hypoteserna om utbrotts-historien. Man kan därför inte säga med säkerhet om den ena eller andra hypotesen är mer trolig.

Resultaten från denna studie har tolkats ganska översiktligt och är inte tillräckligt säkra för att man ska kunna göra en exakt åldersbedömning, man kan bara spekulera om mer eller mindre troliga åldersspann. Då mätningar bara gjorts på 35 av 50 lavaflöden skulle mätningar från fler lavaflöden behöva göras för att få en mer heltäckande bild över inklinationernas variation. Fler prover från varje lavaflöde skulle också behöva mätas för att få bättre statistik, men utan mer tillförlitliga referenskurvor så kommer det ändå vara svårt att utesluta den ena eller andra hypotesen.

Inklinationsvariationerna från lavaflödena visar på stora variationer i magnetfältet som troligtvis är oförenligt med ett kort utbrottsförlopp (hypotes 1). Jämförelser med referenskurvor för området tyder dock på att inklinationsvariationerna även är oförenliga med hypotes 2, men detta kan eventuellt bero på begränsningar med modellen som referenskurvorna är baserade på.

## 7 Slutsatser

Inklinationsvärdenas överensstämmelse med referenskurvan tyder på en period av utbrott som sträcker sig över tusen år och passar därför inte med någon av hypoteserna. Slutsatserna som kan dras av detta är att det antingen beror på: i) att variationerna i inklinationsvärden, på grund av olika felkällor, inte bara beror på förändringar i jordens magnetfält, eller ii) att referenskurvorna har stora felmarginaler och inte är tillförlitliga inom sina konfidensintervall, eller iii) att de tidigare dateringar som gjorts, och som ligger till grund för hypoteserna i denna studie, skulle vara felaktiga.

## 8 Tack

Stort tack till min handledare Andreas Nilsson för all hjälp och vägledning. Tack också till Megan Allington som förberett och sågat ut basaltproverna inför mätningarna. Jag vill även tacka min familj och närmaste vänner för deras stöd, uppmuntran och goda råd.

## 9 Referenser

- Aulin, L., 2017: Constraining the duration of eruptions of the Rangitoto volcano, New Zealand, using paleomagnetism. Dissertations in Geology at Lund University, No. 516, 18 pp. 15 hp (15 ECTS credits)
- Butler, R. F., 1992: Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes. Boston: Blackwell Scientific Publ., cop. 1992.
- Codrington, S., 2005: Planet Geography. Solid Star Press, 761 s.
- Gurland, J. & Tripathi, R. C., 1971: A Simple Approximation for Unbiased Estimation of the Standard Deviation: *The American Statistician* 25(4), 30-32. doi:10.2307/2682923
- Hellio, G. & Gillet, N., 2018: Time-correlation-based regression of the geomagnetic field from archeological and sediment records: *Geophysical Journal International* 214, 1585-1607. doi: 10.1093/gji/ggy214
- Kirschvink, J. L., 1980: The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data: *Geophysical journal international* 62, 699-718. doi: 10.1111/j.1365-246X.1980.tb02601.x
- Linnell, T., Shane, P., Smith, I., Augustinus, P., Cronin, S., Lindsay, J. & Maas, R., 2016: Long-lived shield volcanism within a monogenetic basaltic field: The conundrum of Rangitoto volcano, New Zealand: *Geological Society of America Bulletin* 128, 1160-1172. doi: 10.1130/b31392.1
- Molloy, C., Shane, P. & Augustinus, P., 2009: Eruption recurrence rates in a basaltic volcanic field based on tephra layers in maar sediments: Implications for hazards in the Auckland volcanic field: *Geological Society of America Bulletin* 121, 1666-1677. doi: 10.1130/b26447.1
- Needham, A. J., Lindsay, J. M., Smith, I. E. M., Augustinus, P. & Shane, P. A., 2011: Sequential eruption of alkaline and sub-alkaline magmas from a small monogenetic volcano in the Auckland Volcanic Field, New Zealand: *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 201, 126-142. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2010.07.017
- Shane, P., Gehrels, M., Zawalna-Geer, A., Augustinus, P., Lindsay, J. & Chaillou, I., 2013: Longevity of a small shield volcano revealed by crypto-tephra studies (Rangitoto volcano, New Zealand): Change in eruptive behavior of a basaltic field: *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 257, 174-183. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2013.03.026
- Wood, C., 1980: Morphometric evolution of cinder cones: *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 7, 387-413. doi: 10.1016/0377-0273(80)90040-2



**Tidigare skrifter i serien  
”Examensarbeten i Geologi vid Lunds  
universitet”:**

504. Ahrenstedt, Viktor, 2017: Depositional history of the Neoproterozoic Visingsö Group, south-central Sweden. (15 hp)
505. Schou, Dagmar Juul, 2017: Geometry and faulting history of the Long Spur fault zone, Castle Hill Basin, New Zealand. (15 hp)
506. Andersson, Setina, 2017: Skalbärande marina organismer och petrografi av tidigcampanska sediment i Kristianstadsbassängen – implikationer på paleomiljö. (15 hp)
507. Kempengren, Henrik, 2017: Förorenings-spridning från kustnära deponi: Applicering av Landsim 2.5 för modellering av lakvattentransport till Östersjön. (15 hp)
508. Ekborg, Charlotte, 2017: En studie på samband mellan jordmekaniska egenskaper och hydrodynamiska processer när erosion påverkar släntstabiliteten vid ökad nederbörd. (15 hp)
509. Silvé, Björn, 2017: LiDARstudie av glaciala landformer sydväst om Söderåsen, Skåne, Sverige. (15 hp)
510. Rönning, Lydia, 2017: Ceratopsida dinosauriers migrationsmönster under kritiden baserat på paleobiogeografi och fylogeni. (15 hp)
511. Engleson, Kristina, 2017: Miljökonsekvensbeskrivning Revinge brunnsfält. (15 hp)
512. Ingered, Mimmi, 2017: U-Pb datering av zirkon från migmatitisk gnejs i Delsjöområdet, Idefjordenterrängen. (15 hp)
513. Kervall, Hanna, 2017: EGS - framtidens geotermiska system. (15 hp)
514. Walheim, Karin, 2017: Kvartsmineralogins betydelse för en lyckad luminiscensdatering. (15 hp)
515. Aldenius, Erik, 2017: Lunds Geotermisystem, en utvärdering av 30 års drift. (15 hp)
516. Aulin, Linda, 2017: Constraining the duration of eruptions of the Rangitoto volcano, New Zealand, using paleomagnetism. (15 hp)
517. Hydén, Christina Engberg, 2017: Drumlinerna i Löberöd - Spår efter flera isrörelseriktningar i mellersta Skåne. (15 hp)
518. Svantesson, Fredrik, 2017: Metodik för kartläggning och klassificering av erosion och släntstabilitet i vattendrag. (45 hp)
519. Stjern, Rebecka, 2017: Hur påverkas luminiscenssignaler från kvarts under laboratorieförhållanden? (15 hp)
520. Karlstedt, Filippa, 2017: P-T estimation of the metamorphism of gabbro to garnet amphibolite at Herrestad, Eastern Segment of the Sveconorwegian orogen. (45 hp)
521. Önnervik, Oscar, 2017: Ooider som naturliga arkiv för förändringar i havens geokemi och jordens klimat. (15 hp)
522. Nilsson, Hanna, 2017: Kartläggning av sand och naturgrus med hjälp av resistivitetmätning på Själland, Danmark. (15 hp)
523. Christensson, Lisa, 2017: Geofysisk undersökning av grundvattenskydd för planerad reservvattentäkt i Mjölkalånga, Hässleholms kommun. (15 hp)
524. Stamsnijder, Joaen, 2017: New geochronological constraints on the Klipriviersberg Group: defining a new Neoproterozoic large igneous province on the Kaapvaal Craton, South Africa. (45 hp)
525. Becker Jensen, Amanda, 2017: Den eocena Furformationen i Danmark: exceptionella bevaringstillstånd har bidragit till att djurs mjukdelar fossiliserats. (15 hp)
526. Radomski, Jan, 2018: Carbonate sedimentology and carbon isotope stratigraphy of the Tallbacken-1 core, early Wenlock Slite Group, Gotland, Sweden. (45 hp)
527. Pettersson, Johan, 2018: Ultrastructure and biomolecular composition of sea turtle epidermal remains from the Campanian (Upper Cretaceous) North Sulphur River of Texas. (45 hp)
528. Jansson, Robin, 2018: Multidisciplinary perspective on a natural attenuation zone in a PCE contaminated aquifer. (45 hp)
529. Larsson, Alfred, 2018: Rb-Sr sphalerite data and implications for the source and timing of Pb-Zn deposits at the Caledonian margin in Sweden. (45 hp)
530. Balija, Fisnik, 2018: Stratigraphy and pyrite geochemistry of the Lower–Upper Ordovician in the Lerhamn and Fågelsång -3 drill cores, Scania, Sweden. (45 hp)
531. Höglund, Nikolas, 2018: Groundwater chemistry evaluation and a GIS-based approach for determining groundwater potential in Mörbylånga, Sweden. (45 hp)
532. Haag, Vendela, 2018: Studie av mikrostrukturer i karbonatslagkägglor från nedslagsstrukturen Charlevoix, Kanada. (15 hp)
533. Hebrard, Benoit, 2018: Antropocen – vad, när och hur? (15 hp)
534. Jancsak, Nathalie, 2018: Åtgärder mot kusterosion i Skåne, samt en fallstudie av erosionsskydden i Löderup, Ystad kommun. (15 hp)
535. Zachén, Gabriel, 2018: Mesosideriter – redogörelse av bildningsprocesser samt SEM-analys av Vaca Muerta meteoriten.

- (15 hp)
536. Fägersten, Andreas, 2018: Lateral variability in the quantification of calcareous nannofossils in the Upper Triassic, Austria. (15 hp)
537. Hjertman, Anna, 2018: Förutsättningar för djupinfiltration av ytvatten från Ivösjön till Kristianstadbassängen. (15 hp)
538. Lagerstam, Clarence, 2018: Varför svalde svanödlor (Reptilia, Plesiosauria) stenar? (15 hp)
539. Pilser, Hannes, 2018: Mg/Ca i bottenlevande foraminiferer, särskilt med avseende på temperaturer nära 0°C. (15 hp)
540. Christiansen, Emma, 2018: Mikroplast på och i havsbotten - Utbredningen av mikroplaster i marina bottensediment och dess påverkan på marina miljöer. (15 hp)
541. Staahnacke, Simon, 2018: En sammanställning av norra Skånes prekambriiska berggrund. (15 hp)
542. Martell, Josefín, 2018: Shock metamorphic features in zircon grains from the Mien impact structure - clues to conditions during impact. (45 hp)
543. Chitindingu, Tawonga, 2018: Petrological characterization of the Cambrian sandstone reservoirs in the Baltic Basin, Sweden. (45 hp)
544. Chonewicz, Julia, 2018: Dimensionerande vattenförbrukning och alternativa vattenkvaliteter. (15 hp)
545. Adeen, Lina, 2018: Hur lämpliga är de geofysiska metoderna resistivitet och IP för kartläggning av PFOS? (15 hp)
546. Nilsson Brunlid, Anette, 2018: Impact of southern Baltic sea-level changes on landscape development in the Verkeån River valley at Haväng, southern Sweden, during the early and mid Holocene. (45 hp)
547. Perälä, Jesper, 2018: Dynamic Recrystallization in the Sveconorwegian Frontal Wedge, Småland, southern Sweden. (45 hp)
548. Artursson, Christopher, 2018: Stratigraphy, sedimentology and geophysical assessment of the early Silurian Halla and Klinteberg formations, Altajme core, Gotland, Sweden. (45 hp)
549. Kempengren, Henrik, 2018: Att välja den mest hållbara efterbehandlingsmetoden vid sanering: Applicering av beslutsstödsverktyget SAMLA. (45 hp)
550. Andreasson, Dagnija, 2018: Assessment of using liquidity index for the approximation of undrained shear strength of clay tills in Scania. (45 hp)
551. Ahrenstedt, Viktor, 2018: The Neoproterozoic Visingsö Group of southern Sweden: Lithology, sequence stratigraphy and provenance of the Middle Formation. (45 hp)
552. Berglund, Marie, 2018: Basaltkuppen - ett spel om mineralogi och petrologi. (15 hp)
553. Hernnäs, Tove, 2018: Garnet amphibolite in the internal Eastern Segment, Sveconorwegian Province: monitors of metamorphic recrystallization at high temperature and pressure during Sveconorwegian orogeny. (45 hp)
554. Halling, Jenny, 2019: Characterization of black rust in reinforced concrete structures: analyses of field samples from southern Sweden. (45 hp)
555. Stevic, Marijana, 2019: Stratigraphy and dating of a lake sediment record from Lyngsjön, eastern Scania - human impact and aeolian sand deposition during the last millennium. (45 hp)
556. Rabanser, Monika, 2019: Processes of Lateral Moraine Formation at a Debris-covered Glacier, Suldenferner (Vedretta di Solda), Italy. (45 hp)
557. Nilsson, Hanna, 2019: Records of environmental change and sedimentation processes over the last century in a Baltic coastal inlet. (45 hp)
558. Ingered, Mimmi, 2019: Zircon U-Pb constraints on the timing of Sveconorwegian migmatite formation in the Western and Median Segments of the Idefjorden terrane, SW Sweden. (45 hp)
559. Hjorth, Ingeborg, 2019: Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrottshistoria. (15 hp)



# LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
Sölvegatan 12, 223 62 Lund