

Klimatutlöst matbrist i tidiga medeltida Europa, en jämförande studie mellan historiska dokument och paleoklimatarkiv

Martin Ringholm

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 479
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2016

Klimatutlöst matbrist i tidiga medeltida Europa, en jämförande studie mellan historiska dokument och paleoklimatarkiv

Kandidatarbete
Martin Ringholm

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2016

Innehållsförteckning

1	Introduktion	7
1.1	Syfte	7
2	Problemställning och bakgrund	7
2.1	Samhällsaspekter och effekter av matbrist	9
2.2	Climate Forcing, Orsakande faktorer till klimatförändring och dess effekter	9
2.3	Vulkanutbrott och aerosolers effekt på klimatet	10
3	Metod	10
4	Resultat	11
4.1	Temperatur rekonstruktioner	12
4.2	Vulkanisk klimatpåverkan	13
4.3	Tillväxande glaciärer	13
5	Diskussion	13
5.1	Bevis för en kallperiod 820-824 AD i temperaturrekonstruktioner och avancerande glaciärer	14
5.2	Vulkaniska utbrott som orsak till en kallperiod	14
5.3	Osäkerhet i klimatrekonstruktioner och historiska dokument	14
5.4	Jämförande mellan temperaturrekonstruktioner	15
5.5	Andra svältperioder	16
6	Slutsatser och förslag till vidare studier	16
7	Tack	17
8	Referenser	17

Tabellförteckning

Tabell 1: Förklarande tabell över använd grunddata vid modellering av figur 1,2,3,4	11
---	----

Figurförteckning

Figur 1: Central Europe 2500 Year Tree Ring Summer Climate Reconstructions	12
Figur 2: Central Europe, 500 BC - 2003 AD, tree ring width, Stone pine and European Larch, reconstructed temperature	12
Figur 3: European Alps, 755-2004 AD, maximum latewood density temperature reconstruction, European Larch, PAGES Euro-Med 2k Version	12
Figur 4: Temperature reconstruction Europe Pages 2k Network	13
Figur 5: Vulkanisk sulfatdeposition mellan år 750-950 AD	13

Sammanfattning

Martin Ringholm

Ringholm, M., 2016: Klimatutlöst matbrist i tidiga medeltida Europa, en jämförande studie mellan historiska dokument och paleoklimatarkiv. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 479, 18 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Under år 820-824 AD drabbades stora delar av Europa av en intensiv kallperiod som orsakade kraftig matbrist och svält. Den historiska bevisningen för händelsen är förhållandevis tydlig men fram tills nu har denna kallperiod aldrig tidigare i detalj korrelerats till eller styrkts av klimatdata. Genom sammanställning och tolkning av befintlig litteratur och användning av befintlig högupplöst paleoklimatdata [huvudsakligen trädringsdata] har temperaturrekonstruktioner sammanställts för olika delar av Europa under tidsperioden 750-950 AD. Modifiering av tidigare data över vulkanisk sulfatdeposition från isborrkärnor har också genomförts med syfte att undersöka möjliga samband mellan vulkanism och uppkomst av kallperioden år 820-824 AD samt för flera liknande händelser under perioden 750-950 AD. Resultaten visar på snabba temperatursänkningar vid flera tillfällen under år 750-950 AD inklusive kallperioden 820-824 AD. Resultaten styrker därmed den historiska bevisningen. Gällande orsaksfaktorer och samband med vulkanism är det troligt att två till tre föregående utbrott kan ha varit utlösande faktorer till uppkomsten av kallperioden år 820-824 AD. Under perioden 750-950 AD förekommer även vissa samband beträffande vulkanutbrott och snabba klimatförändringar med sänkta temperaturer för svältperioderna mellan åren 762-764 AD, 841-845 AD och 939-944 AD. Viss osäkerhet i grundläggande data gör att resultaten bör tolkas översiktligt snarare än på detaljnivå.

Nyckelord: Paleoklimatarkiv, svält, matbrist, medeltiden, temperatur, klimatförändringar, vulkanutbrott

Handledare: Inga Labuhn

Ämnesinriktning: Geologi

*Martin Ringholm, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.
E-post: martin.ringholm.swe@gmail.com*

Abstract

MARTIN RINGHOLM

Ringholm, M., 2016: Climatetriggered food shortages in early medieval Europe, a comparative study of historical documents and paleoclimate archive. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 479, 18 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: During the time period 820-824 AD large parts of Europe were hit by an intense cold period causing severe food shortages and famines. The historical proof of the incident is relatively clear, however until now this cold period has never before in detail been correlated or confirmed by any climate data. Through compilation and interpretation of existing literature and high-resolution paleoclimate records, mainly tree-ring records, temperature reconstructions were examined for various parts of Europe during the time period 750-950 AD. Comparisons with existing data for volcanic sulfate deposition derived from ice-cores have also been carried out with a purpose of examine possible relationships between volcanism and the appearance of the cold period 820-824 AD as well as for several similar events during the time period 750-950 AD. The results show that rapid drops in temperature had occurred at several occasions during the years 750-950 AD, including the cold period 820-824 AD. The results thereby corroborate the historical evidence. Regarding causing factors and connection to volcanism, it is likely that two to three previous eruptions could have been triggering factors for the rise of the cold period 820-824 AD. During the time period 750-950 AD connections regarding volcanic eruptions and fast climate changes with lowered temperatures are also evident for the famines during the years 762-764 AD, 841-845 AD and 939-944 AD. Because of some uncertainties in the fundamental data, it is recommended that the data are used for general rather than detailed interpretations.

Keywords: Paleoclimate archive, famine, food shortage, medieval, temperature, climate change, volcanic eruption

Supervisor(s): Inga Labuhn

Subject: Geology

*Martin Ringholm, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.
E-post: martin.ringholm.swe@gmail.com*

1 Introduktion

Föreställ dig själv att ständigt leva med en känsla av hunger, tankarna kretsar konstant kring mat, din kropp är svag, sjuk och du måste varje dag kämpa till ditt yttersta för att överleva. Idag anses ca 800 miljoner människor av jordens befolkning lida av undernäring. Svält beräknas varje år ta fler liv än sjukdomarna Tuberkulos, Malaria och Aids gör tillsammans (WFP, 2016). Idag förekommer svält i flera länder och platser runt om på jorden och är en av vår tids största svårigheter att lösa. Ett av de hårdaste drabbade områdena är Afrikas horn som år 2011 drabbades av en mycket svår torka vilket lett till matbrist och svält hos befolkningen (Büntgen et al. 2011). Andra länder klassade som svältdrabbade områden är bland annat Nordkorea, Somalia, Etiopien, Haiti Namibia, Dominikanska republiken, Zambia med flera U-länder. Den mest svältdrabbade kontinenten är Afrika men även flera länder i Asien och Sydamerika är hårt drabbade. Svält förekommer till och med i Europa, länder som Ukraina har delar av befolkningen som lider av svält (WFP, 2016).

Dagens klimatförhållanden kännetecknas av en global temperaturstigning på grund av framförallt utsläpp av växthusgaser. Detta är dock inte den enda orsaken till att jordens klimat förändras. Uttrycket ”*climate forcing*” används ofta i litteraturen som benämning för de faktorer som orsakar klimatförändringar (EPA, 2016). Oavsett orsak till de klimatförändringar som äger rum idag så har varierande väderförhållanden med kalla så väl som varma temperaturanomalier under historiens gång kommit och gått under olika tidsperioder och platser. Med hjälp av paleoklimatarkiv är det möjligt att indirekt rekonstruera forna klimatförhållanden och urskilja historiska variationer hos diverse klimatkomponenter. Exempelvis används paleoklimatarkiv för rekonstruktion av vindriktning, nederbörd och temperatur inom en viss region (EPA, 2016). Ett av de vanligaste klimatarkiven som ofta används för indirekt rekonstruktion av nederbörd/temperaturförändringar är trädringar. Metoden är mycket användbar då det mycket exakt går att bestämma den tidpunkt då en trädring bildades. Detta görs baserat på olika egenskaper t.ex. kan olika trädringar från samma eller olika områden matchas med varandra med avseende på bredd, densitet, utseende mm. Trädens tillväxthastighet och ålder kan då uppskattas med god säkerhet som i sin tur används för att uppskatta temperatur eller och nederbörd för ett specifikt år (Regents 2012) och (Martinez 1996). Ytterligare en användbar metod för klimatrekonstruktion är analys av isborrkärnor. Flera sorters analyser klimatkopplade såväl som icke klimatkopplade kan utföras med hjälp av denna metod, allt från syreisotopanalys till mätning av mängd koldioxid, metangas, svavel och olika syror (Cole-Dai 2010). Andra vanliga paleokli-

matarkiv som används för återskapande av forna klimat är exempelvis sjö och havssediment, pollenkorn, koraller, glaciärer med flera (Griggs & Noguer 2002). Tack vare dessa olika paleoklimatarkiv har vi idag en bättre uppfattning om klimatförändringars utbredning, påverkan och varaktighet. Det blir också tydligt att detta inte enbart är ett fenomen som drabbat vår tidsålder. Fluktuerande klimatförhållanden har förekommit genom hela jordens historia och bevis för dessa påträffas inte enbart i klimatarkiv utan även i historiska dokument från människor som bevittnat dessa förändringar. Europa har exempelvis genom historien drabbats av många klimatförändringar som lämnat efter sig tydliga spår i historieböckerna. Medeltiden är en period där vi finner exempel på detta. Det finns idag historiska dokument som vittnar om en specifik kallperiod under åren 820-824 AD med väderförhållanden utöver de normala samt uteblivna skördar, matbrist och svält hos befolkningen. Dokument med historisk bevisning från flera olika platser i Europa har påträffats men fram tills nyligen har denna period inte i detalj korrelerats mot paleoklimatarkiv och därmed har de historiska dokumenten ännu inte kunnat styrkas. Klimatförändringar tycks enligt den historiska bevisningen ha spelat en central roll i denna svältperiod vilket för oss till syftet för denna studie.

1.1 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka om det med hjälp av högupplösta paleoklimatarkiv går att bevisa eller styrka den kallperiod som enligt historiska källor ska ha ägt rum under perioden 820-824 AD i medeltida Europa. Arbetet innefattar sammanställning av data och jämförelse mellan olika klimatrekonstruktioner under åren 750-950 AD. Framförallt riktar sig arbetet på existerande rekonstruktioner gällande temperaturförändringar under denna period. Rapporten kommer också att beröra eventuella klimatrelaterade orsaker till denna kallperiod och även belysa effekter av liknande klimatförändringar under historien som lett till matbrist och svält samt hur dessa har påverkat samhällen i Europa. Vetenskapliga artiklar och annan litteratur som berör dessa ämnen kommer också att sammanställas och dess forskningsresultat att återges. Slutligen kommer resultat att diskuteras tillsammans med eventuella svårigheter och problem. Förhoppningsvis kan denna studie styrka den historiska bevisningen för den svältperiod som drabbade Europa år 820-824 AD. Vi söker också svar på om det går att korrelera eller och styrka ytterligare kallperioder med hjälp av en del av den högupplösta data från paleoklimatarkiv som finns tillgänglig för perioden 750-950 AD i Europa.

2 Problemställning och bakgrund

Denna rapport fokuserar på tidsperioden 750-950 AD, som i stort sätt sammanfaller med Karolingernas heravälde i Europa. Matbrist under den Karolingiska tiden har tidigare ansetts vara utlöst av ökad befolkning

och andra socioekonomiska faktorer, men aktuella undersökningar tyder på att kortsiktiga klimatförändringar och extrema väderförhållanden var den viktigaste orsaken (Newfield 2013). Forskningsunderlaget för denna period är i dagsläget relativt tunt beroende bland annat på grund av brist på tillgänglig och trovärdig information (McCormick et al. 2007). Före perioden 1300 AD är det svårt att diagnostisera kriser när det kommer till matbrist. Bevisen är få och inkonsekventa (T. Newfield, pers. comm.). Merparten av den information från tidigare forskning om klimatets påverkan på samhällen som finns tillgänglig sträcker sig över betydligt längre tidsperioder än de fyra år som denna studie framförallt fokuserar på. Vissa mätningar täcker in ett tidsspän på 2500 år (Buentgen et al. 2011). Genom att undersöka längre tidsperioder blir det enklare och tydligare att jämföra data och se mönster och variationer framförallt vid rekonstruktioner av klimatförändringar. För att historisk information ska anses som användbar och pålitlig bör korrelation mellan olika historiska dokument vara möjlig för att försäkra sig om att dessa är pålitliga. Dokument ska kunna bekräfta och styra respektive författares påståenden med avseende på klimatförhållanden eller och klimatförändringar (McCormick et al. 2007). Det finns tydliga, av varandra oberoende historiska dokument som är mycket pålitliga från den Karolingiska regimen och även utanför denna som indikerar kallperioden under år 820-824 AD. Historikern och forskaren Tim Newfield tar i sin publikation från 2013 upp flera exempel på vittnesmål från denna period.

” Louis the Pious and Lothar may have been referring to conditions in the early 820s when writing of “constant food shortage”, “mortality of animals”, “pestilences of humans” and “the barrenness of almost all produce”

Newfield (2013).

I samma artikel framläggs utöver kalla vintrar, även bevis för bland annat kraftig nederbörd och hagelstormar som förstört böndernas grödor (Newfield 2013). Det ska dock understrykas att variationer gällande intensiteten hos de olika klimatförändringarna som tas upp i litteraturen säkerligen har skiljt sig åt mellan olika regioner. Därmed kommer även författarnas noterade iakttagelser variera från plats till plats och de krävs därför ofta att flera källor ska kunna styrka varandra för att en källa ska anses vara pålitlig (T. Newfield, pers. comm.).

Kallperioders omfattning kan ibland vara svår att uppskatta, exempelvis deras effekt på matproduktion. Man bör ifrågasätta om uttrycket svält [famine] och matbrist [foodshortage] är av samma betydelse idag jämfört med vad det en gång varit för snart 1200 år

sedan. Definition av dessa uttryck måste också tas hänsyn till vid bedömning av en svältperiods omfattning. Förenta Nationerna (FN) menar exempelvis att ett område som drabbats av matbrist först kan klassificeras som svältdrabbat då ett tiotal punkter uppfyllts, däribland specifika nivåer av dödlighet, undernäring och brist på föda (UN, 2016). Det kan också vara svårt att avgöra hur länge en svältperiod måste pågå för att kunna klassificeras som just en svältperiod. Det finns ingen bestämd gemensam definition för uttrycket svält utan åsikter kan skilja sig mellan olika forskare. Ett problem som lätt kan leda till argumentation om vad som faktiskt skall klassificeras som svält och vad för bevisning som skall krävas för att kunna fastställa detta. Newfield ger följande svar på frågan var gränsen mellan matbrist och svält går:

”Unfortunately, many historians use ‘famine’ to describe all sorts of food shortages, from one-week crises to multi-year events, from crises restricted to a single town to crises that span multiple regions. It is necessary to recognize there is a spectrum of food shortage, from minor events to severe events. Severe events are true famines”

(T. Newfield, pers. comm.).

Som Newfield påpekar kan det vara svårt att uppskatta skillnader mellan en äkta svältperiod och en period av matbrist. Gråzonen där emellan kan också vara stor vilket kan leda till ytterligare svårigheter när de kommer till kartläggning av olika svältkatastrofer under historiens gång.

Matbristperioder var frekvent förekommande under åren 750-950 AD och det finns historiska bevis för hela 22 olika svältperioder under åren 750-950 AD. Fyra av dessa 22 tillfällen skiljer sig något från de andra då de hade stor inverkan på många länder och varade under flera år. Dessa fyra svältperioder inkluderar följande år och länder. 762-764 AD (Frankrike, Italien, Balkan, Grekland, Irland och eventuellt södra England). 820-824 AD (norra Frankrike, västra Tyskland, Irland, sydöstra Frankrike, Grekland, Turkiet samt möjligen södra England). 841-845 AD (Frankrike, Italien, Grekland, Turkiet). 939-944 AD (Frankrike, västra Tyskland, Irland, Italien, Turkiet). För samtliga av dessa svältperioder förekommer bevis för kalla temperaturförhållanden. Temperaturvariationer har dock skett under hela tidsperioden 750-950 AD och även värmeperioder har under vissa skeden lett till svält och hunger (Newfield 2013). Åren 820-824 AD utvaldes som fallstudie eftersom en kallperiod och matbrist har vittnats av flera, oberoende historiska dokument, som också bevisar att kallperiodens effekt på samhället var en äkta svältperiod som drabbade stora delar av Europa under flera år.

2.1 Samhällsaspekt och effekter av matbrist

Då en svältperiod drabbar en viss region uppstår ofta snabba och tydliga effekter på samhället. För kallperioden år 820-824 AD finns utöver de bevis som redan nämnts exempelvis evidens för onormalt ökad dödlighet bland Europas befolkning och större spridning av sjukdomar hos boskapsdjur. Genom att studera andra svältperioder som drabbade Europa under den Karolingiska tidsperioden (820-924 AD är det möjligt att fylla i tomrummen för den aktuella svältperioden år 820-824 AD (T. Newfield, pers. comm.). För andra svältperioder finns bevisning som är kännetecknande för tider av matbrist och svält. Exempelvis regional och interregional migration från drabbade områden. Konsumtion av svältföda är ett annat exempel då detta är mat som vanligtvis inte annars konsumeras av befolkningen än under svåra förhållanden. Försök till styrda matpriser och förbud av hamstring är ytterligare åtgärder som ofta sätts i bruk i försök att bibehålla en marknadsstabilitet. Ökad välgörehet, allmosa och minskad militär aktivitet är också vanligt. Framförallt är ett av de vanligaste bevisen en tydlig ökning av dödlighet hos befolkningen till följd av sjukdomar som lättare sprids under svåra förhållanden då många människor också är mer mottagliga för sjukdomar och har nedsatt immunförsvar. Olika samhällen påverkas dock på olika sätt (T. Newfield, pers. comm.) (Newfield 2013).

Svältperioder tenderar vid flera tillfällen att sammanfalla med viktiga historiska händelser. Under vintern 763-764 AD i Aquitanien, en före detta region i sydvästra Frankrike, drabbades området av svält. Detta utnyttjades av fienderregioner som redan följande sommar utsatte Aquitanien för ett stort belägringsförsök (McCormick et al. 2007). Idag förekommer forskning som menar på att även franska revolutionen delvis skulle ha skett på grund av bristande tillgång på mat. Teorierna stödjer tanken om att matbristen orsakades av ett extremt kraftigt El Niño år som i sin tur ledde till skyhöga matpriser och skulle därmed ha utgjort en starkt bidragande orsak till revolutionen (Fraser 2011). Fenomenet El Niño förekommer än idag med intervall på 2-7 år och orsakar då den inträffar stora klimatförändringar. Effekterna som uppstår är bland annat kraftig nederbörd i vissa områden medan andra istället drabbas av svår torka. Somliga forskningsstudier pekar även på ett samband med ökad uppkomst sjukdomar (Ramírez & Grady 2016). De effekter som uppstår vid ett El Niño år är faktorer som klart kan vara och sannolikt historiskt sett har varit bidragande till matbrist och svältperioder.

Trots att många människor än idag lider av svält så är risken att drabbas nu avsevärt mycket mindre än för bara ca 200 år sedan. Länder som idag lider av svält beror till stor del på andra faktorer utöver förändrade klimatförhållanden. Ett lands politiska styre och då

framförallt ekonomiska situation spelar en central roll för länders globala inflytande, status och folkhälsa. På grund av det världsomfattande valutahandelssystem som idag används samt tilltro för pengars värde så har rikare länder en bättre chans att på olika sätt skydda och anpassa sig till olika klimatförändringar än vad ett fattigt land klarar av. Ekonomi är därmed en mycket viktig faktor för ett lands möjlighet till att gardera sig mot diverse klimatförändringar och matbrist (Fraser 2011). Den enorma utveckling som skett framförallt efter den industriella revolutionen är också en mycket viktig anledning till varför de flesta länder idag är bättre anpassade för att klara av fluktuationer i klimatet jämfört med vad många länder historiskt sett hade klarat av. Enorma framsteg och utveckling inom teknologi, medicin, jordbrukseffektivisering, kommunikation, högre levnadsstandard, med mera, är bara några av de faktorer som gynnat många länder och räddat miljontals människor från lidande av matbrist och svält.

2.2 Climate Forcing, Orsakande faktorer till klimatförändring och dess effekter

Enkla uteslutningsmetoder kan till viss del användas för att avgränsa eventuella orsaksfaktorer till kallperioden mellan 820-824 AD. Periodens snabba uppkomst och förvinnande samt dess korta varaktighet på 4 år gör att vissa direkta klimatkomponenter med en mer långsiktig påverkande effekt direkt kan avfärdas. Det vill säga exempelvis orbitala förändringar och plattetektonik (Ruddiman 2008). Även mänsklig påverkan kan uteslutas. Därmed bör den logiska förklaringen vara kortsiktiga klimatpåverkande faktorer. Förändringar i vindmönster och havsströmmar är sådana möjliga parametrar, som i sin tur kan ha påverkat nederbörd och temperaturförhållanden. Exempelvis kan det ha skett en liknande effekt som den vi ser idag berörande El Niño (Ramírez & Grady 2016). Förändring av vind och havsströmsmönster är dock ett mycket komplext system och kommer inte att behandlas närmare i denna rapport. En ytterligare möjlig förklaring till kallperioden är vulkanutbrott. Exempelvis påstår (Handler & Andsager 1993) att El Niño torde vara en påföljd efter större vulkanutbrott. Det är möjligt att ett liknande samspel mellan havscirkulation, vindmönster och vulkanism kan ha skett under kallperioden i Europa. Forskning på koppling mellan El Niño och vulkanism är dock ett debatterat ämne (Cole-Dai 2010). Tidigare forskningsresultat visar på större vulkaners förmåga att orsaka en snabb nedkylning av klimatet som kan vara under flera år. (Sigl et al. 2015). Den så kallade sena, antika lilla isperioden som varade i Europa kring mitten på 500-talet kan kopplas till vulkanutbrott som i sin tur även styrks med andra klimatarkiv (Haldon 2016). Mycket forskning finns också från det väldokumenterade vulkanutbrottet på Mount Pinatubo 1991

(Telford, 2011). Ett annat exempel är från vulkanen Etnas utbrott år 44 AD där historiska källor berättar om minskad solinstrålning som ledde till uteblivna skördar och svält i både Egypten och Rom (Robock, 2000). År 536 AD skedde ett stort vulkanutbrott på norra halvklotet som följdes av ytterligare ett stort utbrott på södra halvklotet år 540 AD. Detta resulterade i en kraftig nedkyllning under flera kommande år särskilt i nordnorden där en stor del av befolkningen dog (Toohey, 2016).

2.3 Vulkanutbrott och aerosolers effekt på klimatet

Vulkaners kylande effekt på klimatet uppstår vid vulkanutbrott då bland annat aerosoler och aerosolbildande svaveldioxidgaser släpps ut i atmosfären. Partiklarna är uppbyggda av flera olika ämnen exempelvis organiskt kol, svart kol, sulfater (Epa, 2016), metallföreningar och sammansättning av vatten och svavelsyra (Friberg, 2016). Aerosolerna har god förmåga att förbli luftburna under långa perioder innan de långsamt sedimenterar mot markytan. Dock förblir inte alla aerosoler långvariga i atmosfären. Aerosolers förmåga att hålla sig kvar i luften varierar mellan olika delar av atmosfären.

I Troposfären, det vill säga den del av atmosfären som befinner sig närmast jordytan, förblir aerosolpartiklarna ofta närvarande inom en kortare tidsperiod på ungefär en vecka för att sedan med hjälp av nederbörd föras till markytan. I stratosfären sker ingen nederbörd och aerosolerna förblir luftburna. Det långsamma luftutbytet mellan troposfären och stratosfären gör att aerosolerna kan förbli kvar i stratosfären under många år (Friberg, 2016). Då aerosolerna slutligen når markytan och sedimenterar bildar de tunna lager av tefra som kan användas för korrelation av vulkanutbrott i isborrkärnor och ofta går att åldersbestämma (Robock 2000). Partiklar som bygger upp aerosolmoln varierar i storlek, sammansättning form och densitet (Friberg, 2016) och har en klimatpåverkande effekt som oftast resulterar i nedkyllning av den lägre troposfären (Cole-Dai 2010). Detta sker genom att inkommande solinstrålning mot jordens atmosfär reflekteras då den träffar partiklarna vilket gör att strålarna i mindre utsträckning förmår att nå jordens yta, vilket orsakar ett kallare klimat. Aerosolerna kan dock ibland även ha en värmande effekt på stratosfären, då det överliggande atmosfärlagret ovan troposfären absorberar strålning från solen och jorden (Robock 2000). Effekten av ett vulkanutbrott är mycket snabb då atmosfären är en av de klimatsystem som har en mycket hastig responstid (Ramírez & Grady 2016) till skillnad från exempelvis isar, hav och markyta som har en längre responstid.

Flera olika egenskaper hos aerosoler är inblandade i när det gäller hur stor del av solstrålningen som påverkas av ett aerosolmoln. Morfologi, samman-

sättning, form samt den tid aerosolerna finns närvarande i atmosfären är exempel på sådana faktorer (Friberg 2016). Global volcanic forcing [GVF] är ett mått som används för uppskattning av hur mycket av solens instrålning som dämpas av vulkaniska aerosoler. Ett starkare GVF-värde indikerar därmed större mängd aerosoler vilket i sin tur kan indikera ett större utbrott. Detta är en användbar metod vid uppskattning av historiska vulkanutbrott. Sulfater är salter som utsondras vid vulkanutbrott och är ett lämpligt ämne som kan användas för att uppskatta mängden nedfall. Genom att studera årslager i isborrkärnor från glaciärer är det möjligt att koppla utbrottet till ett visst år och man kan på så sätt kartlägga vulkaners utbrottshistoria och omfattning (McCormick et al. 2007).

Aerosoler kan även utgöra påverkande komponenter i molnbildning, faktorer som reflektivitet, formationsprocesser och nederbördshastigheter kan då påverkas. Moln påverkar i sin tur klimatet genom att reflektera långvågig strålning vilket ger ett varmare klimat eller reflektera solinstrålning som då istället ger ett kallare klimat (Epa 2016). Aerosoler har även en effekt på vatten som gynnar kärnbildning vilket kan orsaka ökad nederbörd vid kondensation (McCormick et al. 2007).

3 Metod

Tillvägagångssättet i denna litteraturstudie har varit att använda sig av redan existerande litteratur och publicerad data. Diverse vetenskapliga artiklar, exempelvis Holzhauser et al. (2005) har använts för att få information om vad som i dagsläget finns publicerat kring tidsperioden 750-950 AD och om det fanns några vetenskapliga bevis för kallperioden utöver historiska vittnesuppgifter. Andra artiklar användes till stor del för att beskriva effekterna av klimatförändringar och svält samt för att hitta exempel på historisk bevisning (Newfield 2013). Intervju med historikern och forskaren Timothy Newfield gjordes för att få ytterligare mer förståelse för de historiska bevisningen och dess effekter på samhällen för perioderna 750-950 AD (framförallt perioden 820-824 AD) samt för att få svar på frågor kring hans forskning på området. Webbssidorna från FN användes i syfte att kunna förstå dagens situation gällande svält och vilka länder som är mest utsatta (UN, 2016) och (WFP, 2016).

Artikeln från EPA, (2016) användes för att översiktligt uppskatta hur olika orsaker och klimatarkiv kan knytas samman till klimatförändringar. Databaserna NOAA (<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/climate-reconstruction> 2016-03-30) och PAGES (<http://www.nature.com/ngo/journal/v6/n5/full/ngo1797.html> 2016-03-30) användes för insamling av tidigare publicerad högupplöst data från paleoklimatarkiv som visade historiska temperaturvariationer över Europa. Datan användes

sedan till att konstruera temperaturdiagram för perioden 750-950 AD med hjälp av Microsoft Excel.

Data från (Sigl et al. 2015) användes för konstruktion av fig. 5 samt för att uppskatta årlig mängd nedfall av aerosoler och tolka förekomst av vulkanutbrott under 750-950 AD. Utdrag från böcker har använts framförallt för att få bättre förståelse kring vulkaners effekt på klimatet som komplement till vetenskapliga artiklar samt för att få ökad förståelse för samverkan mellan olika klimatkomponenter och deras påverkan på klimatet (Ruddiman 2008).

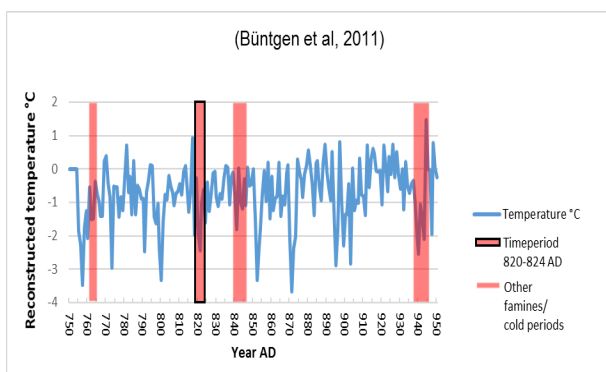
4 Resultat

En sammanfattning av paleoklimatdata använd i denna studie presenteras i tabell 1. Den inkluderar flera temperaturrekonstruktioner, så väl som bevis för tillväxande glaciärer, och global vulkanisk påverkan.

DATA NAME	TYPE OF RE-CONSTRUCTION	PROXIES	SEASONALITY	RESOLUTION	REFERENCE	LOCATION
<i>Central Europe 2500 Year Tree Ring Summer Climate Reconstructions</i>	Temperature	Tree-ring with	Summer (June, July, August)	Annual	(Büntgen et al. 2011)	Central Europe
<i>Central Europe, 500 BC - 2003 AD, tree ring width, Stone pine and European Larch,</i>	Temperature	Tree-ring width, (Stone pine and European Larch)	Summer	Annual	(Büntgen et al. 2011)	Western Europe. (High-elevation sites in the Austrian Alps and adjacent areas)
<i>European Alps, 755-2004 AD, maximum latewood density temperature reconstruction, European Larch, PAGES Euro-Med 2k Version</i>	Temperature	Tree-ring with , 180 recent and historic larch [Larix decidua Mill.]	Summer	Annual	(Büntgen et al. 2006)	Western Europe, Switzerland Swiss and Austrian Alps (high elevation)
<i>Temperature reconstruction Europe Pages 2k Network</i>	Temperature	Tree-ring maximum latewood density	Summer	Annual	(PAGES 2k Consortium, 2013)	Europe
<i>Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500</i>	Glacier advance	Tree-ring with, radiocarbon	Annual	Annual	(Holzhauser et al. 2005)	Swiss Alps
<i>Timing and climate forcing of volcanic eruptions for the past 2,500 years</i>	Global volcanic forcing	$\delta^{18}\text{O}$ isotope, Tree rings	-	Annual	(Sigl et al. 2015) och (Holzhauser et al. 2005)	Global

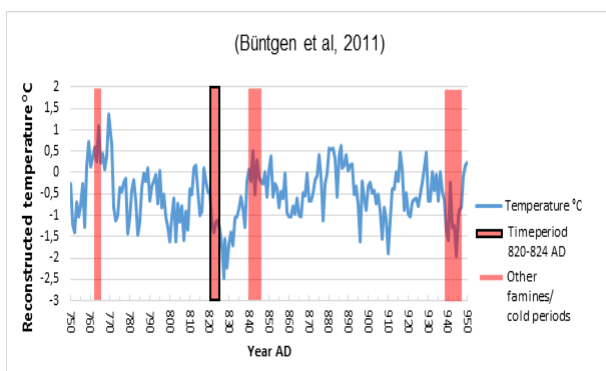
Figur 1: Central Europe 2500 Year Tree Ring Summer Climate Reconstructions (Büntgen et al, 2011).

4.1 Temperaturrekonstruktioner



Figur 1: Central Europe 2500 Year Tree Ring Summer Climate Reconstructions (Büntgen et al, 2011). The red bar with black outline indicates the cold period 820-824 AD and the remaining red bars show other cold periods.

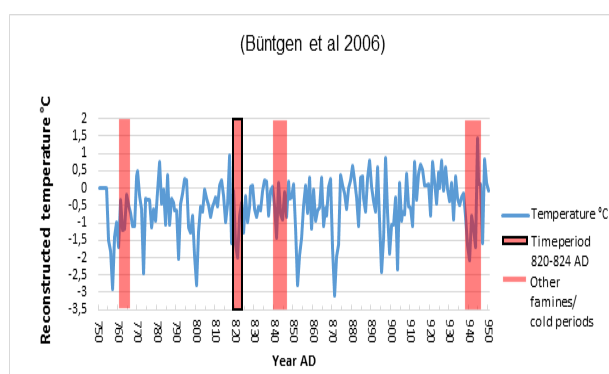
Central Europe 2500 Year Tree Ring Summer Climate Reconstruction av (Büntgen et al. 2011) visas i Fig. 1 ovan. Den rekonstruerade temperaturen uttrycks som en anomali i förhållande till den genomsnittliga temperaturen för referensperioden 1901-2000 AD. Från åren 820-824 AD visar rekonstruktionen följande temperaturutveckling jämfört med medeltemperatur för referensperioden, $-2,0^{\circ}\text{C}$, $-2,43^{\circ}\text{C}$, $-1,04^{\circ}\text{C}$, $-0,62^{\circ}\text{C}$, $-1,6^{\circ}\text{C}$. Detta ger ett medelvärde på $1,57^{\circ}\text{C}$ lägre än referensperioden. Innan kallperioden 820-824 AD förekommer fyra anomalier innan och fem anomalier efter kallperioden med temperaturer lägre än denna period. De negativa temperaturanomalierna är återkommande genom hela diagrammet med mellanrum på 10-20 år (Büntgen et al, 2011).



Figur 2: Central Europe, 500 BC - 2003 AD, tree ring width, Stone pine and European Larch, reconstructed temperature (Büntgen et al, 2011). The red bar with black outline indicates the cold period 820-824 AD and the remaining red bars show other cold periods.

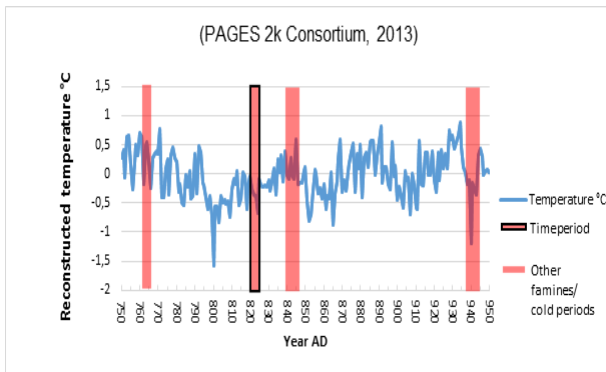
Central Europe, 500 BC - 2003 AD, tree ring width, Stone pine and European Larch, reconstructed temperature av (Büntgen et al. 2011) visas i Fig. 2 ovan. Den rekonstruerade temperaturen uttrycks som en anomali i förhållande till den genomsnittliga temperaturen för referensperioden 1901-2000 AD. Temperaturen under

åren 820-824 AD följer, $-0,47^{\circ}\text{C}$, $-1,18^{\circ}\text{C}$, $-1,40^{\circ}\text{C}$, $-1,14^{\circ}\text{C}$, $-1,11^{\circ}\text{C}$ i förhållande till referensperioden. Detta ger ett medelvärde på $-1,06^{\circ}\text{C}$ lägre än referensperioden. Diagrammet visar en tydlig temperatursänkning som påbörjas under år 818 AD och under år 823 AD sänks temperaturen med drygt 1°C . Därefter sker en kortvarig temperaturhöjning följt av ytterligare kallare temperaturer. Först 826 AD når den totala perioden på 200 år det absolut lägsta värdet med $-2,5^{\circ}\text{C}$ i förhållande till referensperioden. Andra negativa anomalier förekommer både före och efter år 820-824 AD. Negativa anomalier före 820 AD visar ungefär liknande temperaturer som kallperioden mellan 820-824 AD medan de efterkommande negativa anomalier uppvisar högre temperaturer än kallperioden 820-824 AD (Büntgen et al, 2011).



Figur 3: European Alps, 755-2004 AD, maximum latewood density temperature reconstruction, European Larch, PAGES Euro-Med 2k Version (Büntgen et al 2006). The red bar with black outline indicates the cold period 820-824 AD and the remaining red bars show other cold periods.

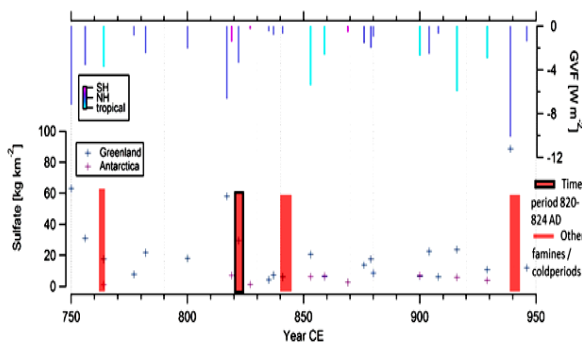
European Alps, 755-2004 AD, maximum latewood density temperature reconstruction, European Larch, PAGES Euro-Med 2k Version av (Büntgen et al 2006) visas i Fig. 3 ovan. Den rekonstruerade temperaturen uttrycks som en anomali i förhållande till den genomsnittliga temperaturen för referensperioden 1901-2000 AD. Under åren 820-824 AD visar rekonstruktionen följande temperaturutveckling jämfört med medeltemperatur för referensperioden, $-1,62^{\circ}\text{C}$, $-1,99^{\circ}\text{C}$, $-0,77^{\circ}\text{C}$, $-0,39^{\circ}\text{C}$, $-1,26^{\circ}\text{C}$. Medeltemperaturen för perioden 820-824 blir $-1,14^{\circ}\text{C}$ lägre än referensperioden. För tidsperioden 820-824 syns en snabb temperatursänkning med 2°C under år 820 AD följt av en temperaturstigning fram till år 823 AD där en ny temperatursänkning äger rum som följs av åter ökade temperaturer under år 824 AD. Nio negativa anomalier med lägre temperaturer än kallperioden 820-824 förekommer under tidsspannet på 200år, fyra före kallperioden och fem efteråt. (Büntgen et al 2006).



Figur 4: Temperature reconstruction Europe Pages 2k Network (PAGES 2k Consortium, 2013). The red bar with black outline indicates the cold period 820-824 AD and the remaining red bars show other cold periods.

Temperature reconstruction Europe Pages 2k Network av (PAGES 2k Consortium, 2013) visas i Fig. 4 ovan. Den rekonstruerade temperaturen uttrycks som en anomal i förhållande till den genomsnittliga temperaturen för referensperioden 1961-1990 AD. För åren 820-824 AD visar rekonstruktionen följande temperaturutveckling jämfört med medeltemperatur för referensperioden, $-0,61^{\circ}\text{C}$, $-0,23^{\circ}\text{C}$, $-0,03^{\circ}\text{C}$, $-0,27^{\circ}\text{C}$, $-0,35^{\circ}\text{C}$. Detta ett medelvärde på $-0,3^{\circ}\text{C}$ i förhållande till referensperioden. Under de 200 år som täcks in av tidsspannet förekommer negativa anomalier med lägre temperaturer än för kallperioden mellan 820-824. Tre av dessa förekommer före kallperioden och tre efteråt. För kallperioden 820-824 AD syns en tydlig nedgång med ett minimum på $-0,61^{\circ}\text{C}$ följt av en stigning i temperatur (PAGES 2k Consortium, 2013).

4.2 Vulkanisk klimatpåverkan



Figur 5: Vulkanisk sulfatdeposition och global vulkanisk klimatpåverkan (GVF) under åren 750-950 AD (Sigl et al. 2015). The red bar with black outline indicates the cold period 820-824 AD and the remaining red bars show other cold periods.

Som tidigare nämnts finns det idag forskning med vissa indikationer på vulkanutbrott som har gått att koppla till svältperioder. Genom att sammanställa data från perioden 750-950 AD som visar hur mycket av den inkommande solinstrålningen som har dämpats av

reducerade vulkaniska aerosoler, kan man få en uppfattning om mängden vulkanutbrott som ägt rum och möjligen uppskatta dess effekt på klimatet. (Sigl et al. 2015) har rekonstruerat global vulkanisk klimatpåverkan baserad på provtagning av flera isborrkärnor från Grönland och Antarktis (Fig.5). Värden för vulkanisk sulfatdeposition, det vill säga indikation på vulkanutbrott, visas i kg per km^2 för Grönland (blå plustecken) respektive Antarktis (Lila plustecken). GVF [Wm^{-2}] visar hur mycket den inkommande solinstrålningen (mätt i watt per m^2) som reduceras på grund av vulkaniska aerosoler. Den röda stapeln med svart kant indikerar kallperioden 820-824 AD och de röda staplarna indikerar kallperioderna 762-764 AD, 841-845 AD och respektive 939-944 AD. Förhållandevis mycket stor deposition sulfat förekommer på norra halvklotet strax innan år 820 AD. Ytterligare deposition av sulfat i norra hemisfären syns ca år 822 AD och lägre nivåer förekommer även på södra halvklotet ca år 827 AD (Sigl et al. 2015).

4.3 Tillväxande Glaciärer

(Holzhauser et al. 2005) har med hjälp av kartläggning av glaciärens tillväxt på land identifierat en kallperiod som stämmer överens med svältperioden 820-824 AD. Datering av glaciärens tillväxt/ avsmältning kan göras på flera olika sätt, exempelvis kan kol-14 metoden användas på eventuellt organiskt material. Metoden är dock problematisk i det avseendet att den inte ger någon exakt tidsdatering för glaciärens rörelsemönster. Holzhauser et al. löste detta problem genom att kombinera kol 14 metoden med dendrokronologi vilket är en mer exakt dateringsmetod. Genom att beräkna åldern för de träd som dött in situ då glaciären har avancerat och tvingat dem ge vika, har man bevisat med god precision när tillväxt hos den lägre Grindevald glaciären skett och därmed identifierat att en kallperiod ägt rum under 820-834 AD (Holzhauser et al. 2005).

5 Diskussion

“The early 820s events, on account of its spatially vast, multi-year scope, is undoubtedly a true famine. Crises that span multiple regions, multiple years and generate mortality are true famines”

(T. Newfield, pers. comm.).

De historiska bevisen för en svältperiod är enligt Newfield övertygande. De resultat som kommit fram ur denna rapport är kanske inte fullt lika övertygande som de historiska bevisen men det tycks trots allt fin-

nas en uppenbart genomgående trend när det gäller kallperioden 820-824 AD.

5.1 Bevis för en kallperiod 820-824 AD i temperaturrekonstruktioner och avancerande glaciärer

Samtliga framtagna rekonstruktioner av temperaturförhållanden för perioden 820-824 AD visar på temperatursänkningar utöver det normala jämfört med referensperioderna. Rekonstruktionerna visar sjunkande temperaturer som antingen är på väg, nyligen har passerat eller påföljande år når ett temperaturminimum. Temperatursänkningarna ligger omkring ca $0,6^{\circ}\text{C} - 2^{\circ}\text{C}$ under respektive grafs referensvärden (och skiljer sig åt när det gäller hur stor temperatursänkning som skett). Jämfört med andra år så är temperaturerna under 820-824 AD inte de kallaste för perioden 750-950 AD. Kallperioden styrks även av (Holzhauser et al. 2005) som bevisat tillväxt av glaciären Grindewald under denna period. I och med studien från Holzhauser kan man anta att även ökad nederbörd har skett då detta utöver låga temperaturer också är en nödvändig faktor för glaciärens tillväxt vilket också styrks av den historiska bevisningen av Newfield (2013)

5.2 Vulkaniska utbrott som orsak till en kallperiod

Kallperioden 820-824 AD kan inte enbart förklaras med klimatförändringar och variationer har förekommit mellan olika områden i Europa. Resultaten stärker dock teorin kring de klimatsakande faktorerna att vulkanutbrott är en starkt bidragande orsak till uppkomsten av denna kallperiod. Enligt (Sigl et al. 2015) kan datan för sulfatnedfall (Figur. 5) ha en felmarginal på 5 år vilket då möjliggör förekomst av tre vulkaniska utbrott strax innan eller under svältperioden, två av dessa förekom på det norra halvklotet och en på det södra halvklotet. Utbrottet strax före år 820 AD är ett av de största som skett under tidsperioden 750-950 AD med förhållandevis stora mängder sulfatnedfall. Det är möjligt att dessa utbrott kan ha förstärkt varandras effekter och därmed orsakat kraftig påverkan på klimatet. Eftersom vi idag relativt bra förstår de nedkylningseffekter som vulkaner har på klimatet samt deras effekt på atmosfären, så är detta en god indikation på att dessa vulkanutbrott har lett till kallperioden 820-824 AD.

5.3 Osäkerhet i klimatrekonstruktioner och historiska dokument

Flera olika faktorer påverkar de klimatrekonstruktioner som tagits fram i denna studie. Dessa faktorer kan delvis förklara varför resultaten varierar mellan rekonstruktioner baserade på olika data. Rekonstruktionernas olika referensperioder är en bidragande faktor till detta. Data i Fig. 1,2,3 är relaterade för peri-

oden 1921-2000 AD medan Fig. 4 istället är relaterad till referensperioden 1961-1990 AD. Data som ställts mot varandra som har olika referensperioder kommer att uppvisa olika värden eftersom medeltemperaturen för perioderna kommer att skilja sig åt beroende på vilka år respektive rekonstruktion omfattar. Respektive referensperiods varaktighet är även avgörande för hur väl eventuella temperaturmaximum och minimum kan utjämnas, det vill säga avvikande år med extrema temperaturanomalier som påverkar tidsspännets medeltemperatur. En referensperiod med ett kort tidsintervall påverkas mer av år med extrema temperaturer än vad en lång referensperiod gör. En längre referensperiod är därmed att föredra framför en kort för att få en mer rättvisande medeltemperatur. Relation till samma referensperiod är också nödvändigt för noggrann jämförelse mellan klimatrekonstruktioner. Av den paleoklimat-data vi har använt oss av i denna rapport vid temperaturmodellering så har data från figur 1,2,3 producerats av Büntgen et al. och i figur 4 (PAGES 2k Consortium, 2013) är även Büntgen en av medförfattarna. De tre diagrammen konstruerade av data där Büntgen et al. är huvudförfattare efterliknar varandra tämligen väl medan diagrammet konstruerat med hjälp av data från (PAGES 2k Consortium, 2013) skiljer sig en hel del från de andra tre. Kanske är detta ett resultat av olika metoder och tolkning av trädringsdata. Det kan också bero på variationer i temperatur mellan olika datainsamlingsplatser i Europa. Vidare kan man även ifrågasätta om Ulf Büntgens deltagande i samtliga artiklar/data som har använts för rekonstruktioner i detta arbete, kan betraktas som en oberoende insamling och tolkning av data. Kanske hade data som presenterats oberoende av Ulf Büntgens deltagande varit intressant att addera för att se om denna data hade skiljt sig från Ulf Büntgens publikationer. Detta hade då kunnat säkerställa att behandling, insamling och tolkning av data genomförts på liknande sätt och att resultat är överensstämmande.

Varierande temperaturer för olika rekonstruktioner kan också förklaras med att kallperioden har drabbat Europas länder olika hårt och därmed orsakat varierande temperaturer mellan olika platser. Det är sannolikt att graden av matbrist måste ha skilt sig beroende på olika länders inland respektive kustlandsklimat. Även samhällens beroende av olika födokällor som exempelvis jordbruk och boskapsskötsel måste också ha spelat en avgörande roll för svältperiodens konsekvenser. Samhällen och länder lokaliserade vid kustområden bör ha påverkats mindre av klimatförändringarna än länder och samhällen i inlandet då de förra troligen kunde försörja sig med mat från havet och inte alls var lika beroende av jordbruk och boskapsskötsel. Å andra sidan kan exempelvis jaktförutsättningar varit mer förmånliga vid inlandsklimat än längs med kusten. Man kan också tänka sig att även om Nordens klimat var kallare än övriga Europa så bör människorna

här varit bättre anpassade för temperaturvariationer än exempelvis befolkningen i södra Europa var. Även grödors anpassning och motståndskraftighet till svängningar i temperatur bör ha skiljt sig åt mellan olika länder vilket missgynnat matproduktion olika mycket.

Temperaturuppskattningar över centrala Europa bör vara tämligen trovärdiga då temperatur vanligen är relativt homogen över större områden. Uppskattning av nederbördsmönster däremot bör granskas mer kritiskt då denna parameter är mer variabel, inhomogen och svårare att generalisera i förhållande till temperatur. Nederbördsdata bör därmed beaktas med större varsamhet i förhållande till temperaturdata. Val av dateringsmetod är en begränsande faktor när det kommer till uppskattning av temperatur. Trädringsdata som framförallt använts för klimatrekonstruktioner i detta arbete ger visserligen en god uppskattning av temperaturen men metoden är begränsad till ett visst antal månader per år, oftast sommarmånader. Detta är ett problem eftersom de flesta historiska källor från 820-824 AD talar om kalla vintrar vilket inte kan bekräftas enbart genom trädringsdata. Kompletterande undersökningar krävs därmed för uppskattning av klimatförändringar även under vintermånaderna.

Osäkerhet finns inte enbart i naturvetenskaplig information utan även i historisk information. Det är viktigt att komma ihåg att den bevisning som finns bara förmedlar en liten del av sanningen. Exempelvis är det sannolikt att historiska källor enbart behandlar vulkanutbrott som hade en uppenbar påverkande effekt på människors liv under 750-950 AD.

Samma tanke påpekas även av flera författare exempelvis (Cole-Dai et al. 2010) som skriver

“only those eruptions that actually caused immediate and significant societal and economic damages were worthy of entry in the history books”

(Cole-Dai et al. 2010).

Detta bör ha varit ett faktum i synnerhet för platser med mindre befolkning (Gao et al. 2008). Newfield menar i sin artikel att man på samma sätt måste vara medveten om att det antal svältperioder som identifierats säkerligen bara är en liten del av den faktiska mängd som förekommit. De svältperioder som tas upp är enbart de perioder där bevisningen klassas som tillräcklig säker (Newfield 2013). Säkerligen kommer fler svältperioder att identifieras allt eftersom nya fynd görs och forskningsteknik utvecklas. Förhoppningsvis kan ytterligare framtida studier inom detta intressanta och viktiga ämne hjälpa oss att bättre förstå historien och kanske även bidra med ledtrådar för framtidens klimatförändringar.

5.4 Jämförande mellan temperaturrekonstruktioner

I Fig.1 baserad på data från (Büntgen et al. 2011) minskar temperaturen år 820 AD snabbt med nästan 2°C. Två år senare når temperaturen ett minimum för att sedan stiga till det ungefärliga ursprungsläget på ca 0,5°C kallare än referensperioden. Kallperioden urskiljer sig dock inte nämnvärt mot varken tidigare eller senare negativa temperaturanomalier för det totalt 200-åriga tidsspännet. Ca 10 stycken anomalier uppvisar lägre temperaturer än den aktuella kallperioden 820-824 AD, varav vissa visar näst intill 1°C kallare. Ett mönster av cyklicitet tycks förekomma med drygt 10 år mellan respektive kallperiod. Påföljande period efter den maximala kallperioden år 871 AD [-3,68°C i förhållande till referensperioden] visar på en varmare trend i de negativa temperaturanomalierna. Samtliga negativa temperaturanomalier efter år 871 AD uppnår aldrig lika låga temperaturer som innan år 871 AD.

Vid jämförande av rekonstruktioner med data från (Büntgen et al. 2011) Fig 1. och (Büntgen et al. 2006) Fig 3. så syns nästintill identiska upp och nedgångar i temperatur men värdet på temperaturen är förskjutet med 0,5°C mellan de olika rekonstruktionerna. Figur 1 visar lägre temperaturer än i figur 2. Troligen är detta resultatet av förnyad och förbättrad noggrannhet i mätningarna från 2006 som publicerats på nytt 2011 då samma grunddata har använts vid respektive publikation. Då (Büntgen et al. 2011) figur 1 är den senaste studien och den visar också lägst temperatur så är troligen denna mest överensstämmande med verkligheten. De historiska dokumenten och bevisningen för kallperioden 820-824 AD indikerade ju också att mycket kalla förhållanden var förekommande. Att samma data används är troligen ett resultat av att det är svårt att hitta träd som kan dateras så pass långt bak i tiden som till 800-talet. Med tanke på att data presenterad av delvis samma författare och som består av samma grunddata kan ge så pass olika resultat med variationer upp till 0,5°C, bör man kanske ifrågasätta trovärdigheten hos detaljer i data publicerad av Büntgen et al, det vill säga figur 1,2,3. Även andra studier som berör variationer i temperatur så pass långt bak i tiden bör användas med försiktighet. Denna data är troligen mer pålitlig för generell tolkning och överblick gällande temperaturförändringar snarare än tolkning på detaljnivå.

Data från Büntgen et al. (2011) Fig. 2, visar värden från höghöjds-områden. På grund av detta skulle man kanske kunna förvänta sig lägre temperaturvärden och färre svängningar än mätningar gjorda i områden på lägre altitud då exempelvis havet kan ha en kylande/värmande effekt. Det visar sig dock att temperaturen är högre jämfört med de andra modellerna. Exempelvis om man jämför datan med (Büntgen et al. 2011) figur 1 så ser vi att figur 1 har hela 13 stycken negativa tem-

peraturanomalier som når under -2°C medan figur 2 enbart har ett tillfälle där temperaturen understiger -2°C i förhållande till referensperioden. Denna lägsta temperaturnedgång sammanfaller med åren 820-824 AD men når dock sitt absoluta temperaturminimum först år 826 AD. Utöver denna anomali förekommer dock ingen så pass kraftig temperatursänkning under åren 750-950. Vi ser alltså att i Fig. 1 (Büntgen et al. 2011) förekommer flera snabbt uppstående negativa temperaturanomalier som också når mycket lägre temperaturer än vad höghöjdsdata från (Büntgen et al. 2011) Fig. 2 gör då denna modellering visar på mer långsamma övergångar mellan varm och kallperioder. Detta tolkas som ett resultat av variationer i altitud.

Data från PAGES 2k Consortium, (2013) Fig. 4 utgör den rekonstruktion som generellt sett uppvisar de högsta temperaturförhållandena under åren 750-950 AD. Den lägsta temperatur som påträffas är $-1,57^{\circ}\text{C}$ i förhållande till referensperioden vilket sker år 800 AD. En låg temperatursänkning följs av en snabb motsvarande temperaturökning för 820-824 AD då temperaturen når en nivå på $-0,67^{\circ}\text{C}$ i förhållande till referensperioden. Temperaturförändringarna för kallperioden 820-824 AD är relativt liten enligt denna data och man kan ifrågasätta om en så pass liten temperatursänkning skulle kunna ha orsakat den kallperiod som den historiska bevisningen talar för. Denna låga temperatursänkning kan dock vara en indikation på varierande grad av temperatursänkningar inom olika delar av Europa. Artikeln där denna temperaturdata publicerades är skriven av ett flertal experter och summerar dagens kunskap inom temperaturvariationer de senaste 2000 åren.

5.5 Andra svältperioder

Tittar man på temperaturvariationer för de andra historiskt bevisade svältperioder som tidigare nämnts så visar dessa något annorlunda resultat än för kallperioden 820-824 AD. För perioden 762-764 AD visar generellt samtliga temperaturrekonstruktioner en snabb temperatursänkning med ca $0,7^{\circ}\text{C}$ som sedan följs av en snabb höjning med ungefär motsvarande temperatur. Enda undantaget är Büntgen et al. (2011) Fig. 2, där perioden påverkas av en temperaturhöjning med ca $0,6^{\circ}\text{C}$. Med undantag för detta diagram så stödjer alltså dessa resultat en temperatursänkning. Perioden föregås enbart av ett utbrott ca år 755 AD som visar tämligen höga sulfatnivåer och ytterligare indikation på att två senare utbrott kan ha förekommit före år 762 AD. Ett samband kan därmed finnas mellan utbrotten och kallperioden.

Nästa svältperiod under åren 841-845 AD är svårare att tolka då det förekommer både temperatursänkningar och ökningarna med variationer omkring $0,5^{\circ}\text{C}$. I Fig.3 (Büntgen et al. 2006) syns snabba temperaturvariationer med både upp och nedgångar med $1-1,5^{\circ}\text{C}$. Det är svårt att säkert säga något om denna

svältperiod utifrån rekonstruktionerna men det tycks dock inte ha varit en jämn kallperiod som nått sitt minimum och sedan återgått utan troligen har temperaturen varierat en del även under kallperioden. Koppling till vulkanism för denna period är relativt trolig då den föregås av två utbrott på norra halvklotet ca år 835 AD och 837 AD. Mängden sulfat är dock relativt låg vilket indikerar mindre utbrott.

Den sista svältperioden under åren 939-944 AD visar i Fig. 1 (Büntgen et al. 2011) en mycket anmärkningsvärd höjning under året 943 AD med hela $3,5^{\circ}\text{C}$ i förhållande till referensperioden. Detta följs dock av en sänkning på ca $1,5^{\circ}\text{C}$ året därpå. Denna kraftiga höjning framgår även av Fig. 3 (Büntgen et al. 2006). Dock förekommer inga indikatorer på en liknande höjning i någon av de andra modelleringarna. Exempelvis visar data från PAGES 2k Consortium, (2013) en sänkning i temperatur på ca -1°C som sedan stiger till ca $+0,5^{\circ}\text{C}$ över referensperioden, alltså värden som bättre matchar de historiska bevisen. Det tycks inte förekomma någon gemensam trend för denna period då rekonstruktioner visar så pass olika temperaturvariationer för denna period. Gällande vulkanism så föregås perioden av två utbrott år 929 AD som visar på låga sulfatnivåer och ett utbrott i norra hemisfären med höga nivåer sulfat vilket kan ha skett innan kallperioden. Det är därmed troligt att även denna kallperiod skulle kunna bero på dessa utbrott.

Kallperioderna som nämnts ovan tycks uppvisa delvis liknande mönster som för kallperioden 820-824 AD, framförallt kall/svältperioden 762-764 AD då denna passar in både i temperaturrekonstruktioner och förekomst av vulkanism. Perioden 841-845 AD är inte lika tydlig gällande temperatursänkningar men desto mer trolig när det gäller samband med vulkanism. Den sista perioden 939-944 AD visar mycket varierande temperaturer och vulkanism kan mycket väl ha varit en bidragande orsak till denna svältperiod. Det bör påpekas för ingen av dessa tre svält/kallperioder är fullt lika tydliga indikationer hos temperatursänkning som för perioden 820-824 AD men likande mönster gällande koppling till vulkanism tycks förekomma.

6 Slutsatser och förslag till vidare studier

Utifrån de resultat som presenterats i denna studie det kan fastställas att samtliga rekonstruktioner stärker den historiska bevisningen för en kallperiod under åren 820-824 AD. Denna slutsats grundas på att samtliga upprättade temperaturrekonstruktioner med hjälp av befintlig trädringsdata visar på temperaturer under det normala för referensperioderna. Det finns även ett fåtal artiklar baserade på andra metoder som också pekar på just detta, exempelvis Holzhauser et al. (2005). Hur stor temperatursänkning som ägde rum är dock mer osäkert. Resultaten visar på temperatursänkningar mellan $-0,6^{\circ}\text{C}$ till -2°C i förhållande till respektive dia-

grams referensperiod. Det finns dock även en del osäkerheter i den data som använts för temperaturrekonstruktioner, vilket gör att resultaten inte bör tolkas på allt för detaljerad nivå utan snarare användas för att få en översiktlig uppfattning om temperaturvariationer under perioden 820-824 AD. De främsta anledningarna till att resultaten inte är fullt pålitliga beror bland annat på att olika data som har använts för olika rekonstruktioner är relaterade till referensperioder som inte är gemensamma för samtliga modeller. Ett annat problem är att respektive data representerar olika tidsperioder på året och det framgår även inte alltid vilka månader som datan grundar sig på. Dessutom avspeglar temperaturrekonstruktionerna enbart variationer under sommarhalvåret och kan därmed inte direkt relateras till de historiska dokument som vittnar om kalla vintrar. Insamling av data från olika platser och altituder samt det faktum att kallperioden inte påverkade hela Europa i samma omfattning gör det svårt att uppskatta en mer precis angivelse för hur stor temperaturförändring som skett. Det är också svårt att uppskatta när kallperioden hade sitt absoluta minimum samt exakt när den börjar och slutar genom att enbart se till de resultat presenterade i denna rapport då dessa skiljer sig mellan olika temperaturrekonstruktioner. Utifrån mätningar av Sigl et al. (2015) är det troligt att Kallperioden 820-824 AD delvis orsakades av vulkanutbrott. Även flera andra kallperioder inom tidsperioden 750-950 AD tycks på samma sätt vara relaterade till vulkanism och uppvisar delvis sänkta temperaturer, dock är bevisningen för dessa perioder något mer osäkra.

Fler studier och rådata behövs för att med större säkerhet kunna uttrycka sig om kallperioden 820-824 AD samt andra svältperioder under medeltida Europa. Förslagsvis skulle det vara användbart att utföra vidare studier genom att titta på historiska vindförhållanden och havsströmmar, t.ex. med hjälp av datamodeller för paleoklimat för att se om dessa kan ha spelat någon vital roll i klimatförändringarna för kallperioden 820-824 AD men även för de andra kallperioder som behandlats under perioden 750-950 AD. Nederbördsförhållanden skulle också vara intressant att undersöka om man önskar att få en bättre förståelse om hur vissa specifika områden inom Europa påverkades av kallperioden. De minskade nederbördsnivåer som presenteras i Büntgen et al. (2011) Fig.1 bör korrelera med de historiska dokument som presenteras Newfield, (2013) där detta nämns i skrifter. Framförallt skulle det behövas mer insamling av paleoklimatdata oberoende av den som används i detta arbete. Även undersökningar mer lokal data, exempelvis för ett specifikt land hade varit intressant. Detta skulle kunna bli mycket brukbar information för framtida forskning och skulle även kunna hjälpa till att få ökad förståelse kring temperaturförändringar, minimera eventuella felmarginaler samt jämföra resultaten med denna studie. Detta är ett krävande arbete då de är

svårt att finna användbart bevarat material från den aktuella tidsåldern, men det skulle ge en betydligt större säkerhet om data från ytterligare flera regioner i Europa kunde användas och ställas mot varandra.

7 Tack

Jag skulle först och främst vilja framföra ett stort tack till min handledare Inga Labuhn som verkligen har hjälpt mig i mitt arbete genom att alltid ställa upp på möten, svara på mina frågor, försett mig med användbart material och kommit med förslag kring arbetet under processens gång. Jag är mycket tacksam för den tid du har lagt ner för att hjälpa mig med detta kandidatarbete och jag hade inte kunnat begära mer från dig, stort tack. Tack också Mats Rundgren och Dan Hammarlund för era bidrag med och förslag på användbara källor. Finally I would also like to thank Timothy Newfield for answering my questions and sharing your thoughts and research with me.

8 Referenser

- Büntgen, U., Tegel, W., Nicolussi, K., McCormick, M., Frank, D., Trouet, V., Kaplan, J. O., Herzig, F., Heussner, K.-U., Wanner, H., Luterbacher, J. & Esper, J., 2011 2500 years of European climate variability and human susceptibility: *Science* .582-578 ,331 doi: 10.1126/science.1197175
- Büntgen, U., Brázdil, R., Heussner, K.-U., Hofmann, J., Kotic, R., Kyncl, T., Pfister, C., Chromá, K. & Tegel, W., 2011: Combined dendrodocumentary evidence of Central European hydroclimatic springtime extremes over the last millennium: *Quaternary Science Reviews* .3959-3947 ,30doi: 10.1016/j.quascirev.2011.10.010
- Cole-Dai, J., 2010: Volcanoes and climate: *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* ,1 .839-824doi: 10.1002/wcc.76
- Epa :2016 ,Causes of Climate Change. Hämtad 2016-04-14 2016, från <https://www3.epa.gov/climatechange/science/causes.html>.
- Fraser, E. D. G., 2011: Can economic, land use and climatic stresses lead to famine, disease, warfare and death? Using Europe's calamitous 14th century as a parable for the modern age: *Ecological Economics*-1269 ,70 .1279doi: 10.1016/j.ecolecon.2010.02.010
- Friberg, J., 2016: Studies of Volcanic Influence on Aerosols, Clouds and Climate .300 ,
- Gao, C., Robock, A. & Ammann, C., 2008: Volcanic forcing of climate over the past 1500 years: An improved ice core-based index for climate models: *Journal of Geophysical Research. Atmospheres* ,113 n/a.
- Griggs, D. J. & Noguer, M., 2002: Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on

- Climate Change: *Weather (00431656)* ,57 .267
- Haldon, J., 2016: History: Cooling and societal change: *Nature Geoscience* .192-191 ,9 doi: 10.1038/ngeo2659
- Handler, P. & Andsager, K., 1993: Impact of volcanic aerosols on global climate: *Trends in Geophysical Research* .593-581 ,2
- Holzhauser, H., Magny, M. & Zumbuehl, H. J., 2005: Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years: *Holocene* .801-789 ,15 doi: 10.1191/0959683605hl853ra
- Martinez, L., 1996: Crossdating - The Basic Principle of Dendrochronology. Hämtad 2016-04-15, från <http://www.ltrr.arizona.edu/lorim/basic.html>.
- Mccormick, M., Dutton, P. E. & Mayewski, P. A., 2007: Volcanoes and the Climate Forcing of Carolingian Europe, A.D. 750-950. *Medieval Academy of America*. 865 s.
- Newfield, T. P., 2013: The Contours, Frequency and Causation of Subsistence Crises in Carolingian Europe (750-950 CE) .172-117 , PAGES 2k Consortium., 2013: Continental-scale temperature variability during the past two millennia: *Nature Geosci* .346-339 ,6 doi: 10.1038/ngeo1797
- Ramírez, I. & Grady, S., 2016: El Niño, Climate, and Cholera Associations in Piura, Peru, 1991-2001: A Wavelet Analysis: *EcoHealth*-83 ,13 .99doi: 10.1007/s10393-015-1095-3
- Regents, T. a. B. O., 2012: About Tree Rings. Hämtad 2016-05-05 2016, från <http://ltrr.arizona.edu/about/treerings>.
- Robock, A., 2000: Volcanic eruptions and climate: *Reviews of Geophysics* .219-191 ,38 doi: 10.1029/1998rg000054
- Ruddiman, W. F., 2008: *Earth's climate : past and future* .New York : W.H. Freeman, cop. 2008, .2ed.
- Sigl, M., Winstrup, M., McConnell, J. R., Welten, K. C., Plunkett, G., Ludlow, F., Büntgen, U., Caffee, M., Chellman, N., Dahl-Jensen, D., Fischer, H., Kipfstuhl, S., Kostick, C., Maselli, O. J., Mekhaldi, F., Mulvaney, R., Muscheler, R., Pasteris, D. R., Pilcher, J. R., Salzer, M., Schüpbach, S., Steffensen, J. P., Vinther, B. M. & Woodruff, T. E., 2015: Timing and climate forcing of volcanic eruptions for the past 2,500 years: *Nature* .549-543 ,523doi: 10.1038/nature14565
- Telford, P. J., Lathière, J., Abraham, N. L., Archibald, A. T., Braesicke, P., Johnson, C. E., Morgenstern, O., O'connor, F. M., Pike, R. C., Wild, O., Young, P. J., Beerling, D. J., Hewitt, C. N. & Pyle, J. A., 2011: Earth System Science 2010: Global Change, Climate and People: Effects of Climate-induced Changes in Isoprene Emissions after the eruption of Mount Pinatubo: *Procedia Environmental Sciences* .205-199 ,6 doi: 10.1016/j.proenv.2011.05.021
- Toohey, M., Krüger, K., Sigl, M., Stordal, F. & Svensen, H., 2016: Climatic and societal impacts of a volcanic double event at the dawn of the Middle Ages: *Climatic Change* .412-401 ,136doi: 10.1007/s10584-016-1648-7
- Un.,2016: When a food security crisis becomes a famine. Hämtad 2016-04-05 2016, från <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=39113#.VwzTf6SLTIU>.
- 2016 Huger Map 2015. Hämtad 2016-04-05 2016, från <http://www.wfp.org/-map-hunger/http://www.wfp.org/content.2015>

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

429. Sjunnesson, Alexandra, 2015: Spårämnesförsök med nitrat för bedömning av spridning och uppehållstid vid återinfiltration av grundvatten. (15 hp)
430. Henao, Victor, 2015: A palaeoenvironmental study of a peat sequence from Iles Kerguelen (49° S, Indian Ocean) for the Last Deglaciation based on pollen analysis. (45 hp)
431. Landgren, Susanne, 2015: Using calcein-filled osmotic pumps to study the calcification response of benthic foraminifera to induced hypoxia under *in situ* conditions: An experimental approach. (45 hp)
432. von Knorring, Robert, 2015: Undersökning av karstvittring inom Kristianstadsslättens NV randområde och bedömning av dess betydelse för grundvattnets sårbarhet. (30 hp)
433. Rezvani, Azadeh, 2015: Spectral Time Domain Induced Polarization - Factors Affecting Spectral Data Information Content and Applicability to Geological Characterization. (45 hp)
434. Vasilica, Alexander, 2015: Geofysisk karaktärisering av de ordoviciska kalkstensenheter på södra Gotland. (15 hp)
435. Olsson, Sofia, 2015: Naturlig nedbrytning av klorerade lösningsmedel: en modellering i Biochlor baserat på en fallstudie. (15 hp)
436. Huitema, Moa, 2015: Inventering av föroreningar vid en brandövningsplats i Linköpings kommun. (15 hp)
437. Nordlander, Lina, 2015: Borrningsteknikens påverkan vid provtagning inför dimensionering av formationsfilter. (15 hp)
438. Fennvik, Erik, 2015: Resistivitet och IP-mätningar vid Äspö Hard Rock Laboratory. (15 hp)
439. Pettersson, Johan, 2015: Paleoekologisk undersökning av Triberga mosse, sydöstra Öland. (15 hp)
440. Larsson, Alfred, 2015: Mantelplymer - realitet eller *ad hoc*? (15 hp)
441. Holm, Julia, 2015: Markskador inom skogsbruket - jordartens betydelse (15 hp)
442. Åkesson, Sofia, 2015: The application of resistivity and IP-measurements as investigation tools at contaminated sites - A case study from Kv Renen 13, Varberg, SW Sweden. (45 hp)
443. Lönsjö, Emma, 2015: Utbredningen av PFOS i Sverige och världen med fokus på grundvattnet - en litteraturstudie. (15 hp)
444. Asani, Besnik, 2015: A geophysical study of a drumlin in the Åsnen area, Småland, south Sweden. (15 hp)
445. Ohlin, Jeanette, 2015: Riskanalys över pesticidförekomst i enskilda brunnar i Sjöbo kommun. (15 hp)
446. Stevic, Marijana, 2015: Identification and environmental interpretation of microtextures on quartz grains from aeolian sediments - Brattforsheden and Vittskövle, Sweden. (15 hp)
447. Johansson, Ida, 2015: Is there an influence of solar activity on the North Atlantic Oscillation? A literature study of the forcing factors behind the North Atlantic Oscillation. (15 hp)
448. Halling, Jenny, 2015: Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfrei-Tornquistzonen, Dalby stenbrott, Skåne. (15 hp)
449. Nordas, Johan, 2015: A palynological study across the Ordovician Kinnekulle. (15 hp)
450. Åhlén, Alexandra, 2015: Carbonatites at the Alnö complex, Sweden and along the East African Rift: a literature review. (15 hp)
451. Andersson, Klara, 2015: Undersökning av sluttestsmetodik. (15 hp)
452. Ivarsson, Filip, 2015: Hur bildades Bushveldkomplexet? (15 hp)
453. Glommé, Alexandra, 2015: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in plagioclase, evidence for a crustal origin of the Hakefjorden Complex, SW Sweden. (45 hp)
454. Kullberg, Sara, 2015: Using Fe-Ti oxides and trace element analysis to determine crystallization sequence of an anorthositenorite intrusion, Älgön SW Sweden. (45 hp)
455. Gustafsson, Jon, 2015: När började platttektoniken? Bevis för platttektoniska processer i geologisk tid. (15 hp)
456. Bergqvist, Martina, 2015: Kan Ölands grundvatten öka vid en uppdämning av de utgrävda diken genom strandvallarna på Ölands östkust? (15 hp)
457. Larsson, Emilie, 2015: U-Pb baddeleyite dating of intrusions in the southeasternmost Kaapvaal Craton (South Africa): revealing multiple events of dyke emplacement. (45 hp)
458. Zaman, Patrik, 2015: LiDAR mapping of presumed rock-cored drumlins in the Lake Åsnen area, Småland, South Sweden. (15 hp)
459. Aguilera Pradenas, Ariam, 2015: The formation mechanisms of Polycrystalline diamonds: diamondites and carbonados. (15 hp)
460. Viehweger, Bernhard, 2015: Sources and effects of short-term environmental

- changes in Gullmar Fjord, Sweden, inferred from the composition of sedimentary organic matter. (45 hp)
461. Bokhari Friberg, Yasmin, 2015: The paleoceanography of Kattegat during the last deglaciation from benthic foraminiferal stable isotopes. (45 hp)
462. Lundberg, Frans, 2016: Cambrian stratigraphy and depositional dynamics based on the Tomten-1 drill core, Falbygden, Västergötland, Sweden. (45 hp)
463. Flindt, Anne-Cécile, 2016: A pre-LGM sandur deposit at Fiskarheden, NW Dalarna - sedimentology and glaciotectonic deformation. (45 hp)
464. Karlatou-Charalampopoulou, Artemis, 2016: Vegetation responses to Late Glacial climate shifts as reflected in a high resolution pollen record from Blekinge, south-eastern Sweden, compared with responses of other climate proxies. (45 hp)
465. Hajny, Casandra, 2016: Sedimentological study of the Jurassic and Cretaceous sequence in the Revinge-1 core, Scania. (45 hp)
466. Linders, Victor, 2016: U-Pb geochronology and geochemistry of host rocks to the Bastnäs-type REE mineralization in the Riddarhyttan area, west central Bergslagen, Sweden. (45 hp)
467. Olsson, Andreas, 2016: Metamorphic record of monazite in aluminous migmatitic gneisses at Stensjöstrand, Sveconorwegian orogen. (45 hp)
468. Liesirova, Tina, 2016: Oxygen and its impact on nitrification rates in aquatic sediments. (15 hp)
469. Perneby Molin, Susanna, 2016: Embryologi och tidig ontogeni hos mesozoiska fisködlor (Ichthyopterygia). (15 hp)
470. Benavides Höglund, Nikolas, 2016: Digitization and interpretation of vintage 2D seismic reflection data from Hanö Bay, Sweden. (15 hp)
471. Malmgren, Johan, 2016: De mellankambriska oelandicuslagren på Öland - stratigrafi och facietyper. (15 hp)
472. Fouskopoulos Larsson, Anna, 2016: XRF -studie av sedimentära borrhärnor - en metodikstudie av programvarorna Q-spec och Tray-sum. (15 hp)
473. Jansson, Robin, 2016: Är ERT och Tidsdomän IP potentiella karteringsverktyg inom miljögeologi? (15 hp)
474. Heger, Katja, 2016: Makrofossilanalys av sediment från det tidig-holocena undervattenslandskapet vid Haväng, östra Skåne. (15 hp)
475. Swierz, Pia, 2016: Utvärdering av vattenkemisk data från Borgholm kommun och dess relation till geologiska förhållanden och markanvändning. (15 hp)
476. Mårdh, Joakim, 2016: WalkTEM-undersökning vid Revinge-1 provpumpningsanläggning. (15 hp)
477. Rydberg, Elaine, 2016: Gummigranulat - En litteraturstudie över miljö- och hälsopåverkan vid användandet av gummigranulat. (15 hp)
478. Björnfors, Mark, 2016: Kusterosion och äldre kustdyners morfologi i Skälderviken. (15 hp)
479. Ringholm, Martin, 2016: Klimatutlöst matbrist i tidiga medeltida Europa, en jämförande studie mellan historiska dokument och paleoklimatarkiv. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund