

Dendrokronologi – en nyckelmetod för att förstå klimat- och miljöförändringar i Jämtland under holocen

Karl Höjbert

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 613
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2021

Dendrokronologi – en nyckelmetod för att förstå klimat- och miljöförändringar i Jämtland under holocen

Kandidatarbete
Karl Höjbert

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2021

Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte och mål	7
2	Områdesbeskrivning.....	7
3	Metoder.....	8
3.1	Insamling av prover	8
3.2	Litteraturstudier	8
3.3	Mätning av trädringar	8
3.4	¹⁴ C-datering	9
4	Resultat	9
4.1	Litteraturstudier	9
4.2	Insamling av prover	9
5	Diskussion	12
6	Slutsats	13
7	Fortsatta studier	14
8	Tack.....	14
9	Referenser.....	14

Dendrokronologi – en nyckelmetod för att förstå klimat- och miljöförändringar i Jämtland under holocen

Karl Höjbert

Höjbert, K., 2021: Dendrokronologi – en nyckelmetod för att förstå klimat- och miljöförändringar i Jämtland under holocen, Nr. 613, 15 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Genom att använda sig av dendrokronologi kan man skapa högupplösta klimatarkiv från subfossila trädrester. Från torvtäkten Ope-Brynjefflon i Jämtland har 178 holocena prover av tall (*Pinus sylvestris*) hämtats för att användas i klimatrekonstruktioner. Syftet med den här studien är att fortsätta det redan påbörjade arbetet med att analysera proverna för att (1) ta reda på över hur lång tid och vilket intervall materialet omspannar sig och att försöka förlänga den befintliga kronologin, samt (2) försöka hitta och tolka eventuella spår av klimat- och miljöförändringar. Under arbetets gång utfördes främst mätning av proverna med dendrokronologisk standardmätutrustning och datorprogrammet TSAP-win, men även litteraturstudier gjordes. För att kunna datera proverna utfördes ¹⁴C-dateringar. Analyserna resulterade i två kronologier, varav den ena var 486 år lång och kunde dateras från 6001 till 5516 ± 72 f.Kr. Den andra var 346 år lång och kunde inte dateras. Den daterade kronologin hamnar i det holocena klimatoptimat, med allmänt goda tillväxtförhållanden, men det finns spår av en köldperiod 7799-7677 före nutid. Tidigare studier visar dock att trots kortvariga kallare perioder i Fennoskandia vid olika tidpunkter omkring 8500-6250 före nutid, så kännetecknades perioden 8000-5800 före nutid av ett generellt varmare klimat.

Nyckelord: Dendrokronologi, tall, Holocen, klimat, Jämtland.

Handledare: Johannes Edvardsson och Dan Hammarlund

Ämnesinriktning: Kwartärgeologi

Karl Höjbert, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.

E-post: Karl.hojbert@gmail.com

Dendrochronology— a key method for understanding climate– and environmental change in Jämtland during the Holocene

Karl Höjbert

Höjbert, K., 2021: Dendrochronology— a key method for understanding climate– and environmental change in Jämtland during the Holocene. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 613, 10 pp. 15 hp

Abstract: By using dendrochronology, it is possible to create climate archives with high resolution from subfossil remains of trees. 178 samples of pine (*Pinus sylvestris*) have been collected from the peat-extraction site Ope-Brynjeflon in Jämtland, Sweden, in order to be used in climate reconstructions. The aim of this project is to continue this work and analyse these samples in order to (1) find out over how much time and what time-interval is covered by the source-material spans and to extend the pre-existing chronology, and (2) to try to find and interpret potential traces of climate– and environmental change. The main part of the project consisted of measuring the samples using dendrochronological equipment along with the program TSAP-win, but literature studies were also performed. ¹⁴C-dating was also performed in order to absolutely date the samples. The analysis resulted in two chronologies, one of which spanned 486 years from 6001 to 5516 ± 72 BC. The other one spanned 346 years and could not be absolutely dated. The dated chronology falls within the Holocene thermal maximum, with generally favorable conditions for growth. However, there are some traces of a colder period about 7799-7677 BP. Earlier studies show that despite the presence of short-lived cold periods throughout Fennoscandia at varying times around 8500-6250 BP, the period between 8000 and 5800 BP is characterized by a generally warm climate.

Keywords: Dendrochronology, pine, Holocene, climate, Jämtland.

Supervisor(s): Johannes Edvardsson and Dan Hammarlund

Subject: Quaternary Geology

*Karl Höjbert, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden.
E-mail: Karl.hojbert@gmail.com*

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Sedan den senaste istiden tog slut efter yngre dryas har det både skett globala och regionala förändringar i klimatet, som det så kallade 8.2-eventet omkring 8400 till 8000 före nutid, som resulterade i ett kallare klimat i bland annat Grönland och Nordeuropa (Alley et al. 1997; Edvardsson et al. 2016). För att detektera och förstå historiska klimatförändringar kan man använda sig av flera olika källmaterial som kiselalger, pollen, samt syreisotop-halter i isbörnkärnor och i stalagmiter (Alley et al. 1997; Rosen et al. 2001; Bergman et al. 2005; Sundqvist et al. 2007). Flera av de här källmaterialen har dock inte så hög upplösning, vilket gör dendrokronologiska data väldigt användbara eftersom de kan användas som klimatarxiv med årlig upplösning (Edvardsson et al. 2016). Genom en ökad förståelse av dåtida klimatmönster så blir det lättare att skilja naturliga variationer från förändringar som orsakats av människor (Edvardsson et al. 2016).

Ända sedan 1700-talet har trädringsstudier utförts i Sverige, bland annat av Carl von Linné 1745, men det var under 1960-talet som subfossila träd började användas för att konstruera trädringskronologier i ett antal projekt (Linderholm et al. 2010; Edvardsson et al. 2016). Med hjälp av subfossila ekar från Irland skapade Pilcher et al. (1977) en 2990 år lång kronologi och Leuschner et al. (2002) lyckades skapa en kronologi som sträcker sig 7665 år, från 6069 f.Kr. till 1596 e.Kr., med ekar från Tyskland, Holland och Irland. En Jämtländsk trädringskronologi började konstrueras på 1990-talet, och i nuläget sträcker sig kronologin från 4868 f.Kr. till 2006 e.Kr., vilket motsvarar ca 7000 år (Gunnarson 2008; Linderholm et al. 2010). I kronologin går det att identifiera historiska variationer i klimatet i den centrala delen av Skandinavien, som varierande sommartemperaturer (Linderholm et al. 2010). Förekomsten av subfossila träd har även använts för att uppskatta förändringar i vattennivån i de sjöar där de påträffades. Trädens tillväxt beror på flera olika klimatfaktorer. Effekterna av tillväxtsångens längd, och specifika faktorer, som nederbörd och temperatur, är vanligen starkast nära ett trädslags utbredningsgräns. Studier av tallar i Norden visade att om variationerna i bredden hos årsringarna beror på en enskild faktor, i stället för flera, blir variationen i årsringarnas bredd större. Variationen i trädens tillväxt speglar även klimatet tydligare bland träd som växer nära sin utbredningsgräns (Linderholm et al. 2010).

Torvmarker bildas av organiskt växtmaterial som ackumuleras i vattenmättade miljöer och är viktiga av flera anledningar (Erwin 2009). Globalt innehåller torvmarker 30% av allt terrestriskt kol, de har en reglerande effekt på klimatet och är viktiga för att bevara biodiversitet (Erwin 2009). Hydrologiska förändringar kan ha stor påverkan på hur mycket torv som ackumuleras, vilket i sin tur kan påverka den globala kolcykeln. Torvmarker täcker uppskattningsvis 4 miljoner km² och har både förmågan att binda CO₂ och att fungera som ett klimatarxiv (Edvardsson et al. 2016). Förändringar så som bränder och hydrologiska variationer kan resultera i en förändrad mosstillväxt och kolinlagring, vilket i sin tur påverkar den globala kolcykeln (Nelson et al. 2021).

Det jag hoppas kunna uppnå med det här kandidatarbetet är att preparera och analysera subfossila träd från torvtäkten Ope-Brynjefflon när Främmertjärnen i Jämtland. Av de totalt 178 prover som samlats in från torvtäkten mellan 2018 och 2020 har bara 32 analyserats. Med hjälp av dessa första prover så skapades en tidserie som sträcker sig över 391 år och har ¹⁴C-daterats till 5954 – 5564 ± 72 f.Kr. Förhoppningsvis kommer den existerande tidsserien kunna förlängas med hjälp av det kompletterande materialet och genom att jämföra med andra klimatstudier utförda på andra källmaterial kan förhoppningsvis en mer detaljerad bild av klimathistorien i regionen framträda.

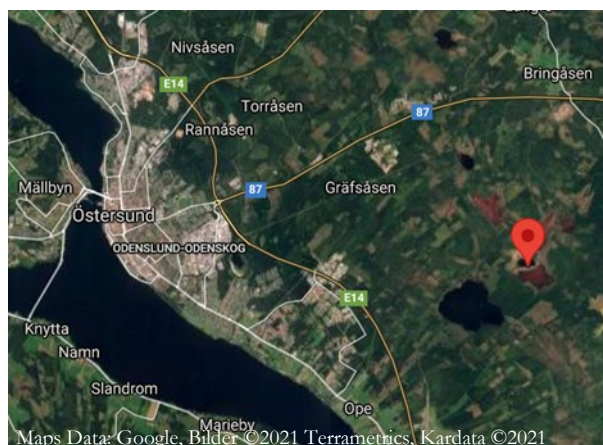
1.2 Syfte och mål

Detta examensarbete bygger på preliminära resultat presenterade i en dendrokronologisk rapport till Jämtkraft (pers. kom. Dr. Johannes Edvardsson, Geologiska institutionen, Lunds universitet). Syftet med examensarbetet är att fortsätta arbetet med att analysera prover från tall (*Pinus sylvestris*) tagna från torvtäkten Ope– Brynjefflon i Jämtland, som påbörjats av Dr. Johannes Edvardsson. Målet med examensarbetet är att:

- Fastställa materialets ålder, hur lång tid materialet representerar och om möjligt förlänga den befintliga kronologin.
- Söka efter och tolka klimat- och miljöförändringar baserat på tillväxtvariationer i trädringsserierna.

2 Områdesbeskrivning

Främmertjärnen är belägen i Östersunds kommun ca 8 km öster om Östersund i Jämtland (enligt Google earth)(Fig. 1). Vid Främmertjärnen finns torvtäkten Ope-Brynjefflon med sina fyra delområden, Brynjefflon, Opefflon, Tjärnfflon och Storfflon (pers. kom., Björn Nilsson, Jämtkraft). Torvtäkten ligger mellan 310 och 461 möh och har skördats sedan 1984. De återstående avlagringarna utgörs främst av kärrtorv med inslag av trädrester och vattenklöver.



Figur 1: Främmertjärnens läge i förhållande till Östersund. De omgivande torvmarkerna representerar torvtäkten Ope-Brynjefflon.

Kring Ope-brynjeflon är myrmarkerna trädklädda, både med sumpbarrskog, naturskogsartade barrskogar och produktionsskog. Den uppmätta grundvattenytan låg på en meters djup och Brynjeflon respektive Opeflon har sitt avrinningsområde åt nordväst och nordöst, med vatten som i förlängning når Storsjön (pers. kom., Björn Nilsson, Jämtkraft).

3 Material, metoder och litteraturstudier

3.1 Insamling av prover

Materialet som användes vid mätningarna är tagna från de 178 prover av tall (*P. sylvestris*) som samlats av Dr. Johannes Edvardsson. Proverna samlades in 2018-2020 från deponierna och ytorna på torvtäkten Ope-Brynjeflon vid Främmertjärnen i Jämtland. Torvtäkten tillhör Jämtkraft.

3.2 Litteraturstudier

Under arbetets gång användes främst Web of Science för att leta efter artiklar, men även Lub search och Google Scholar användes. Artiklar söktes som skulle handla om bakgrund och metodik kring trädringstudier för att få en ökad förståelse för ämnet. Även artiklar som berörde torv och subfossila träd var viktiga i det avseendet. Andra relevanta artiklar var sådana som handlade om klimathistoria, främst Nordens men även Grönlands och Kanadas, eftersom de kunde användas för att förstå det klimathistoriska sammanhanget under holocen och tolka resultaten. För att inte allt skulle baseras på dendrokronologi och för att göra tolkningarna tydligare användes källor som undersökte olika sorters klimatarkiv, till exempel kiselalger, pollen, samt syreisotoper i stalagmiter och isborrkärnor. Eftersom inget platsbesök kunde genomföras användes platsbeskrivningar som tillhandahållits av Jämtkraft (pers. kom., Björn Nilsson, Jämtkraft).

3.3 Mätning av trädringar

Mätningen av trädringarna följde de metoder som beskrivits av Edvardsson et al. (2012). Trädprover från mossarna nära Främmertjärnen valdes ut och frystes i vissa fall för att inte förstöra de prover som var alldeles för mjuka. En till tre radier skars ut med industrirakblad så att ringarna skulle synas tydligare. Årsringarna mättes därefter med hjälp av en standarddendrokronologisk mätutrustning bestående av ett LINTAB mätbord med 0,01 mm noggrannhet kopplat till en dator med mätprogrammet TSAP-win (Fig. 2) (Rinn 2003). Årsringarnas antal och bredd noterades och sammanställdes med hjälp av programmet TSAP-win. Radierna mättes dels visuellt, men ett t-test utfördes även så att de enskilda radierna så att de kunde jämföras statistiskt genom så kallad korsdatering (Baillie & Pilcher 1973). Prover som stämde överens med varandra sammanfogades till en medelkurvor som sedan också jämfördes med varandra. Stämde två eller fler medelkurvor statistiskt och visuellt överens med varandra så sammanfogades de till en kronologi. Den nya kronologin korsdaterades sedan med både nya prover och kronologier som skapats tidigare för att

kunna göra en datering. Totalt mättes 16 prover att lägga till de 32 som tidigare analyserats. För att ta bort trender i årsringsserierna som beror på trädens ålder och storlek, den så kallade ålderstrenden (Cook 1985), gjordes en standardisering av trädringsserierna. Standardiseringen gjordes med programmet ARSTAN (Cook och Krusic, 2006) och följde metoder beskrivna av Edvardsson et al. (2019). I denna process filteras trädens ålderstrend bort samtidigt som trädringsserierna omvandlas till dimensionslösa trädringindex. Syftet med indexserierna är att de främst ska spegla klimat- och miljöförändringar under trädens levnad och mindre visa på trädens åldrande (som inte behöver vara kopplat till klimat eller miljö). Ett medelvärde beräknades från både absolut- och indexvärdena



Figur 2: Bilder på provutrustning och prover som användes vid mätningarna. Den övre bilden visar standarddendrokronologisk mätutrustning med bland annat LINTAB bord och stereomikroskop. Den undre visar tre trädprover med utskurna radier.

för de olika kronologierna som i sin tur användes för att beräkna standardavvikelsen för respektive kronologi. Den övre och den undre standardavvikelsen användes sedan som gränser för hög respektive låg tillväxt. Årsringbredder som översteg en standardavvikelse ansågs representera hög tillväxt och de som var lägre än en standardavvikelse ansågs representera låg tillväxt (Figur 3b, 3c, 4b och 4c).

3.4 ¹⁴C-dateringar

Dateringarna i rapporten baseras analyser utförda i ¹⁴C-laboratoriet på Lunds universitet (Edvardsson et al. 2019). För ett av proverna från de tidigare mätningarna gjordes ¹⁴C-dateringarna dels på äldre årsringarna nära mitten och dels på yngre årsringarna nära kanten. Genom att ta två prover med känt antal år mellan dem går det att öka precisionen på ¹⁴C-dateringen genom så kallad wiggle-matching (Galimberti et al. 2004). Resultaten från ¹⁴C-analysen kalibrerades med programmet Oxcal (Ramsey 1995) enligt samma metoder som beskrivs i Edvardsson et al. (2012).

4 Resultat

4.1 Litteraturstudier

Bergman et al. (2005) använde sig av data från Stentjärnen, som ligger på 987 m över havet i Jämtland, för att kartlägga sedimentsekvenser som de delade upp i olika zoner. Den första zonen motsvarar tiden kort efter att området kring Storulvån och Sylarna blev isfritt omkring 10 500 före nutid. Då dominerade en pionjärflora bestående av bland annat kråkbär (*Empetrum nigrum*), humleblomster (*Geum rivale*), fjällsippa (*Dryas octopetala*), samt dvärgvide (*Salix herbacea*). Det finns även pollenspår från tall (*Pinus*) och glasbjörk (*B. pubescens*) från samma tid. Pionjärväxterna ersätts omkring 10 300 före nutid förmodligen av olika gräs- och björkarter, möjligen på grund av en nedkylning 10 400-10 000 före nutid. Den andra zonen, från omkring 9800-9200 före nutid karaktäriseras av skog med bland annat *Pinus* och *Betula*, samt en (*Juniperus communis*). I den tredje zonen syns en minskning i mängden glasbjörk (*B. pubescens*), samt i stort sätt en avsaknad av makrofossil från tall (*P. sylvestris*) omkring 8500-8200 före nutid. *Dryas octopetala* dyker också upp för första gången sedan deglaciationen vid den här tiden. Efter den här perioden är makrofossil från glasbjörk (*B. pubescens*) vanliga fram till 5000 före nutid och det förekommer även *Alnus* och *Juniperus* (Bergman et al. 2005). Geisecke (2005) har också tittat på data från Abborrtjärnen och Styggjärnen i Jämtland där det bland annat finns spår av al (*Alnus*) från omkring 9000 före nutid. Pollendata från Abborrtjärnen tyder på att både *A. glutinosa* och *A. incana* växte på platsen, men att de sedan drog sig tillbaka på grund av ett förändrat klimat. Det finns även spår av hasselpollen (*Corylus avellana*) så tidigt som 10 200 före nutid och de når ett maximum omkring 9000 före nutid vid båda lokalerna (Geisecke 2005).

Isotopstudier gjorda på stalagmiter i Korallgrottan i norra Jämtland har också använts för att rekonstruera klimatet i området (Sundqvist et al. 2007). Syreisotopsammansättningen i stalagmiterna är kopplat till mängden nederbörd och i förlängning årstemperaturen eftersom kallare perioder resulterar i minskad vinterbörd, vilket i sin tur innebär högre $\delta^{18}\text{O}$ -värden i stalagmiterna. Utifrån de här sambanden visar perioden mellan 9500 före nutid och 7800 före nutid generellt en trend mot ett varmare klimat. Några undantag finns kring 8300 och 8100 år före nutid, vilket styrks av låga $\delta^{18}\text{O}$ -värden i isbörnkärnor från Grönland (Alley et al. 1997; Sundqvist et al. 2007). Under tiden

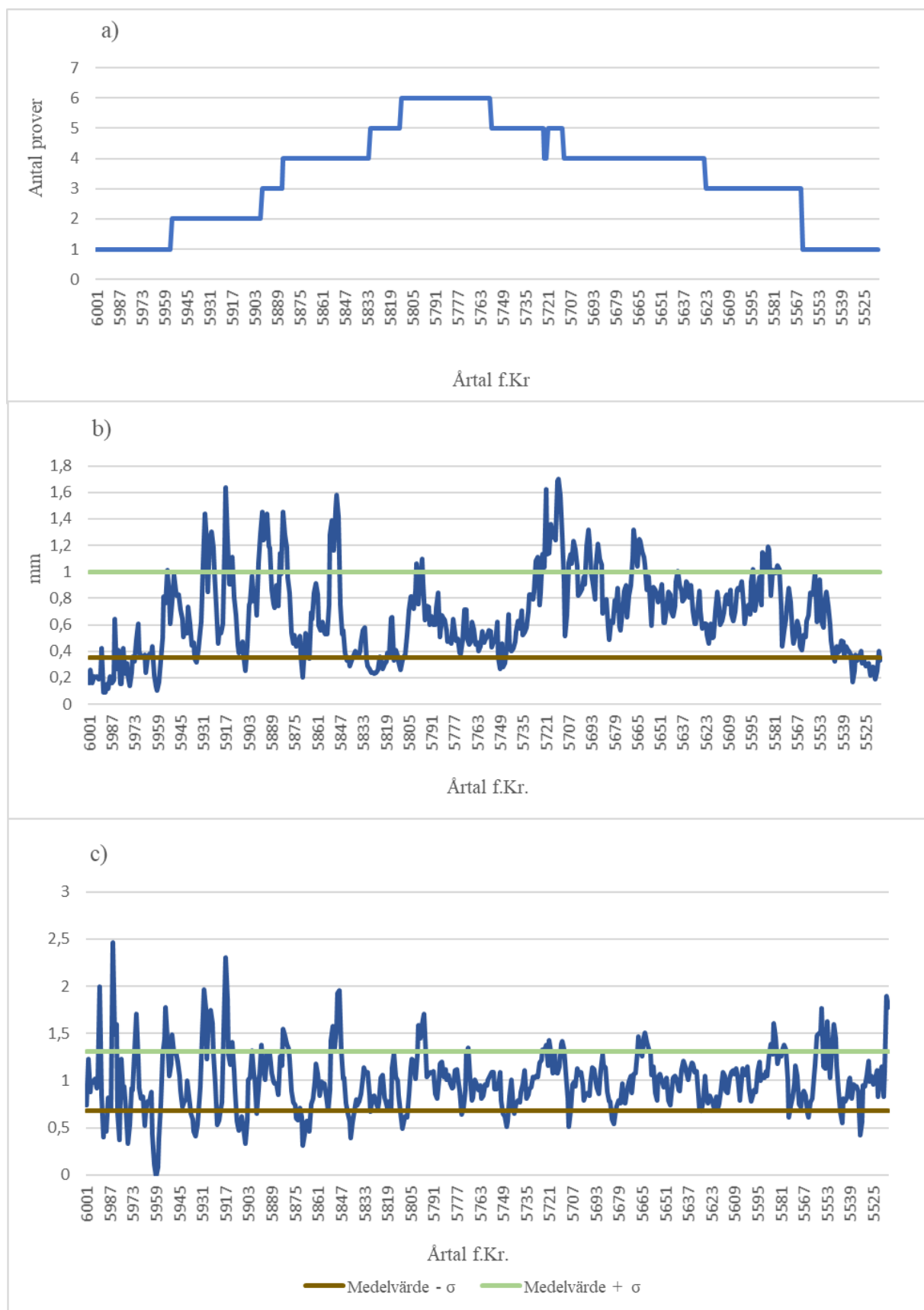
efter tyder resten av källmaterialet på att klimatet blev stabilare och varmare med tiden och det är troligt att uppvärmningen representerar det holocena klimatoptimat (Holocene Thermal Maximum, HTM), då temperaturerna i norra Skandinavien var högre än idag. (Sundqvist et al. 2007).

Vid sjön Spåime i Jämtland, som ligger 887 m över havet, har växtrester av glasbjörk (*B. pubescens*) och tall (*Pinus sylvestris*) påträffats från 9700 före nutid respektive 6500 före nutid, och stubbar och stammar av *P. sylvestris* har påträffats vid Åreskutan och Helagsfjället så tidigt som 11700-11200 före nutid (Kullman & Kjallgren 2000; Hammarlund et al. 2004). Förekomsten av pollen och frukt från *B. pubescens* tyder på att de förekommer vid Spåime från 9700 före nutid (Hammarlund et al. 2004). Bortsett från en period omkring 8500 före nutid så är pollenhalterna innan 5000 före nutid från *B. pubescens* högre än idag. Trädgränsen tros ha legat i höjd med sjön Spåime omkring 7000-5000 före nutid, men makrofossil från *P. sylvestris* och *B. pubescens* har påträffats på högre höjder omkring 9200-8200 före nutid, respektive 7500-5000 före nutid (Hammarlund et al. 2004). Data från Helagsfjället och Åreskutan tyder på att den högsta trädgränsen för *P. sylvestris* troligen var ca 500 m ovanför den moderna omkring 9400 före nutid, vilket tillsammans med vedresterna tyder på ett mindre blåsigt och varmare sommarklimat vid den tiden. (Kullman & Kjallgren 2000). Innan 8800 före nutid finns det dock inga spår av megafossil i dalgångarna. Det skulle kunna tyda på att inlandsisen låg kvar längre där. Förekomsten av termofila träd längre norrut och på högre altituder mellan 8700 och 8000 före nutid kan vara ett tecken på ett mer kontinentalt och varmare klimat vid den tiden (Kullman & Kjallgren 2000).

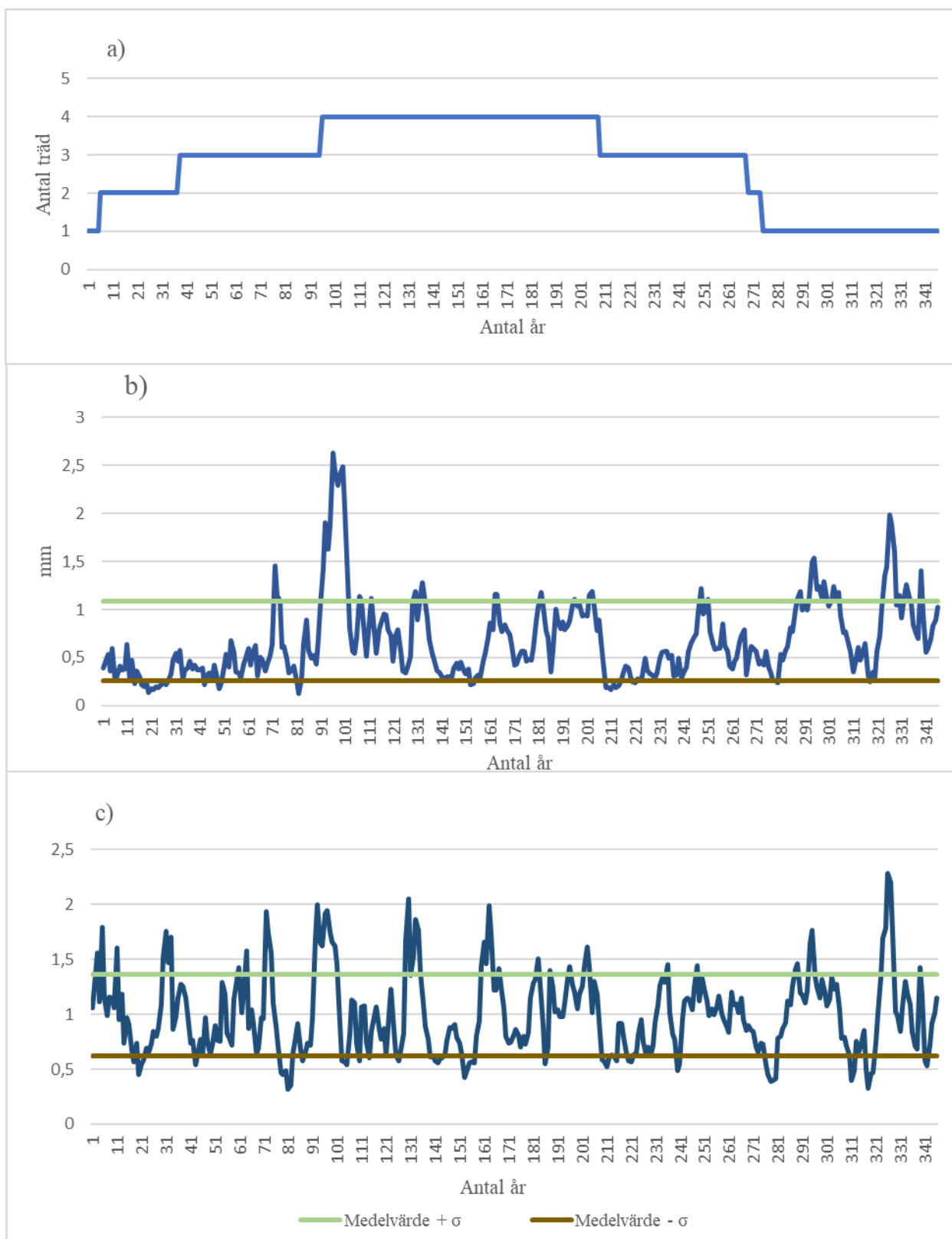
Alm (*Ulmus*) dyker upp omkring 7500 före nutid och når sitt maximum vid 5500 före nutid. Pollen från lind (*Tilia cordata*) och ek (*Quercus*) tyder på att de inte förekom i så stor omfattning i området under samma tid (Geisecke 2005). Mellan 6000 och 5000 före nutid sker det en övergång med en minskad mängd *Alnus*, *Betula* och *Ulmus* samtidigt som pollen från *P. sylvestris* ökar (Geisecke 2005).

4.2 Årsringsmätningar

Årsringsmätningarna resulterade i två kronologier, 2JTM0003 och 1JTM0152, som sträcker sig över 486 respektive 346 år (Fig. 3 och 4). 2JTM0003 kunde absolutdateras genom en matchning med ett tidigare ¹⁴C-daterat prov och sträcker sig från 6001 f.Kr till 5516 ± 72 f.Kr. 2JTM0003-kronologin baseras på, beroende på tidpunkt, mellan ett och sex olika trädprover (Fig. 3a). Beroende på om man tittar på den absoluta bredden på årsringar eller trädgränsindex så innehåller 2JTM0003 22 perioder av lägre tillväxt med en medellängd på 3 år. 2JTM0003 innehåller även 24 perioder av högre tillväxt med en medellängd på 2,58 år baserat på absolut årsringsbredd och 22 perioder av förhöjd tillväxt med en medellängd på 3,59 år enligt index. Den absoluta årsringsbredden visar även att tiden mellan 5953 och 5848 ± 72 f.Kr. karaktäriseras av stora svängningar mellan hög och låg tillväxt, den längsta perioden med lägre tillväxt är mellan 5797 och 5727 ± 72 f.Kr. och den längsta perioden med högre



Figur 3: Resultat från 2JTM0003 från 6001 till 5516 f.Kr. a) Antal prover som kronologin baseras på ett specifikt år. b) Årsringsdata baserat på ringarnas bredd i mm år för år c) Årsringsdata baserat på index år för år.



Figur 4: Resultat från 1JTM0152 a) Antal prover som kronologin baseras på ett specifikt år. b) Årsringsdata baserat på ringarnas bredd i mm år för år c) Årsringsdata baserat på index år för år.

tillväxt 5727 och 5578 \pm 72 f.Kr.

Figur 3c visar på stora variationer i tillväxt mellan 6001 och 5847 \pm 72 f.Kr. som gradvis minskar i amplitud för att sedan övergå till en period med mindre variationer i årsringsbredd mellan 5847 och 5588 \pm 72 f.Kr. då amplituderna börjar öka igen.

1JTM0152 baseras på ett till fyra prover, beroende på tidpunkt (Fig. 4a), och har inte kunnat kopplas till ett absolut daterat prov. Baserat på årsringsbredd innehåller 1JTM0152 17 perioder av lägre tillväxt med en medellängd på 2,76 år och enligt index-värden så innehåller samma kronologi 10 perioder av lägre tillväxt med en medellängd på 2,90 år. När det gäller perioder av förhöjd tillväxt visar den absoluta årsringsbredden på 20 perioder med en medellängd på 2,50 år samtidigt som index-värdena visar på 22 perioder med en medellängd på 2,31 år.

Enligt Figur 4b är de första 72 åren den längsta perioden med stabil låg tillväxt, följt av en period med växelvis hög och låg tillväxt med en längd på ca 20 – 50 år. I Figur 4c är hela perioden karaktäriserad av stora variationer i tillväxt över perioder på omkring 5 till 40 år, vilket tyder på i allmänhet instabila förhållanden.

5 Diskussion

Något som är väldigt tydligt när man jämför resultaten inom respektive kronologi är att de skiljer sig från varandra beroende på om man använder årsringsbredd eller index (Fig. 3 och 4). Det här gäller både antalet och amplituden hos topparna och dalarna. Det finns inget tydligt mönster som visar på att den ena metoden eller den andra resulterar i fler eller färre toppar, men index-metoden resulterade i längre perioder av avvikande tillväxt i alla fall utom perioder av förhöjd tillväxt på prov 1JTM0152.

När det gäller datan för årsringsbredderna från 2JTM0003 (Fig. 3a) är värdena väldigt låga fram till omkring år 5958 \pm 72 f.Kr., då värdena snabbt stiger och överstiger en standardavvikelse fem år senare, vid 5953 \pm 72 f.Kr. Därefter följer en period med relativt höga värden fram till 5849 \pm 72 f.Kr., då värdena sjunker till den undre gränsen för en standardavvikelse. Förutom vid två tillfällen, år 5800 \pm 72 f.Kr. och 5797 \pm 72 f.Kr., så når värdena inte över den övre standardavvikelsen förrän vid 5727 \pm 72 f.Kr. Det skulle kunna tolkas som en period på 122 år med låg tillväxt. Efter att Jämtland blev isfritt omkring 10 500 före nutid så syns en succession av växter som övergår från pionjärflora till en ökad förekomst av tall (*Pinus*) och glasbjörk (*B. pubescens*) (Bergman et al. 2005). Därefter, omkring 8500-8200 f.Kr., syns en tydlig nedgång i mängden makrofossil från glasbjörk (*B. pubescens*) och tall (*Pinus*), samt en förekomst fjällsippa (*Dryas octopetala*), vilket också tyder på ett kallare klimat. En möjlig orsak till nedgången i mängden makrofossil från *B. pubescens* och *P. sylvestris* kan vara lägre medeltemperaturer under somrarna kopplat till 8.2-eventet, som karaktäriserades av en nedkylning omkring 8200 före nutid och som det finns spår av i syre-isotop-data från Grönland (Alley et al. 1997; Bergman et al. 2005). Även *A. glutinosa* och *A. incana* minskar

också i förekomst på grund av ett förändrat klimat och Hammarlund et al. (2004) visar på lägre pollenhalter från *B. pubescens* omkring 8500 före nutid (Giesecke 2005). Som sagt visar även Sundqvist et al. (2007) på en återgång till kallare klimat i Jämtland vid 8300 och 8100 före nutid, vilket också matchar 8.2-eventet (Alley et al. 1997). Dock matchar årtalen inte 2JTM0003 eftersom 5849 och 5727 f.Kr. motsvarar 7799 före nutid respektive 7677 före nutid. Enligt Bergman et al. (2005) har bland annat glasbjörk (*B. pubescens*) blivit vanligare igen vid den här tiden. En möjlig förklaring enligt Edvardsson et al. (2016) är att perioder med lägre temperaturer är ogynnsamma för mosseträd. Under andra perioder med kallare klimat, som under folkvandringstiden 300 – 600 e.Kr. och den lilla istiden 1350-1850 e.Kr. påträffar inga subfossila träd i mossar (Edvardsson et al. 2016).

Däremot visar isotopdata från Labyrintgrottan på en period av kraftig nedkylning mellan 7800 och 7600 före nutid, vilket matchar den minskade tillväxten som syns i 2JTM0003 (Sundqvist 2007). Enligt en studie utförd av Heikkilä & Seppä (2003) i södra Finland finns det däremot spår av en nedkylning 7000 – 6700 före nutid och Kullman (1995) tolkar en minskning av antalet subfossil från *P. sylvestris* i Skanderna vid 7500-6250 före nutid som en möjlig konsekvens av en kortare nedkylning med sitt klimax vid 7200 före nutid. Kiselalg- och Chironomid-data från Sarek visar också på nedkylningar vid 8500 respektive 7600 före nutid, följt av stigande temperaturer (Rosen et al. 2001).

Något man också kan se i Figur 3a och 3b är en ökning av antalet tallar samtidigt som årsringarna blir bredare omkring 5951 f.Kr., motsvarande 7901 före nutid, vilket tyder på att tallar började etableras på de blöta torvmarkerna kring Främmertjärnen. En möjlig förklaring är att torvmarkerna blivit torrare, vilket i sin tur gjort myrarna mer lämpliga för tallar att växa på. Giesecke (2005) visar också på att mer termofila träd som *T. cordata* börjar synas i pollen-arkivet omkring 7300-7000 före nutid och *Ulmus* nådde pollenmaximum vid 6700 före nutid, samt 6300 före nutid. Sundqvist et al. (2007) visar på högre temperaturer och Hammarlund et al. (2004) visar på högre halter av *B. pubescens* vid den här tiden. Enligt Heikkilä och Seppä (2003) visar en högupplöst pollen-stratigrafi från södra Finland att perioden mellan 8000 före nutid och 4500 före nutid på pollenförekomster från termofila träd som *Tilia*, *Ulmus* och *Corylus*. Tidsperioden anses motsvara det holocena klimat-optimat. Trots lägre temperaturer omkring 7000-6700 före nutid så finns även de högsta rekonstruerade temperaturerna omkring 8000-5800 före nutid. Efter det holocena klimat-optimats slut vid 4500 före nutid så beräknas medeltemperaturen ha sjunkit 1,5 °C följt av högre förekomster av *Pinus* och *Picea abies* (Heikkilä & Seppä 2003). Trots de låga temperaturerna vid 7000-6700 före nutid så kan de främst högre temperaturerna vid 8000-5800 före nutid vara kopplade till den ökade etablering och tillväxten av *P.* kring Främmertjärnen. Spår av varmare temperaturer från och med 7800 före nutid observeras också i $\delta^{18}\text{O}$ -värden från stalagmiter och data från bland annat kiselalger och chironomider

tyder på 1-2 °C varmare temperaturer vid 7300 före nutid (Rosen et al. 2001; Sundqvist et al. 2007).

När man tittar på graferna från 1JTM0152 kan man se liknande mönster som i 2JTM0003. Datan från Figur 4b börjar lågt kring den lägre standardavvikelsen fram till 72-73 och 91-101 som motsvara två höga toppar över den övre standardavvikelsen. Därefter följer återigen ett antal värden som svänger mellan den övre och den undre standardavvikelsen. Det är värt att notera att om man jämför absolutvärdena är inga årsringar i Figur 3b bredare än 2 mm samtidigt som Figur 4b visar på en tillväxt som överstiger 2 mm under sex år, från år 97 till 102. Det tyder på att det var väldigt goda tillväxtförhållanden för tall under den perioden.

Det är svårare att se några liknande sammanhang när man använder sig av grafen som baserats på index (Figur 3c och 4c). Figur 3c inleds med både höga och låga värden som sedan gradvis minskar i amplitud till omkring 5587 ± 72 f.Kr. Mellan 5661 och 5587 ± 72 f.Kr., är tillväxten aldrig högre eller lägre än en standardavvikelse. Generellt sett är det omkring 9-80 år mellan "topparna" vid den övre standardavvikelsen. I Figur 4c syns jämna oscillationer som överstiger den övre respektive den undre standardavvikelsen med jämna mellanrum. Aningen högre toppar syns vid år 73, 93, 97, 130, 163, samt 326. Generellt sett är det omkring 6-40 år mellan "topparna" vid den övre standardavvikelsen.

Edvardsson et al. (2016) beskriver att syftet med att skapa indexserierna är att filtrera bort de faktorer som påverkar bredden på årsringarna men som inte är ett resultat av klimatet. Exempel på den sortens faktorer kan vara trädets geometri, höjd och ålder. Det blir därför tydligt när man jämför Figur 3b med 3c, respektive Figur 4b med 4c att skillnaderna i årsringsbredd inte blir lika uttalade. Dock kan man fortfarande se vissa mönster i index-graferna, till exempel sker en nedgång både i Figur 3b och 3c vid år 153, 5849 f.Kr. Till skillnad från i Figur 3b, så tycks figur 3c vända mot högre toppar vid 5559 ± 72 f.Kr. Eftersom den ^{14}C -daterade kronologin i Figur 3 inleds 7951 före nutid hamnar som sagt hela den nyetablerade kronologin efter 8.2-eventet och under det Holocena klimat-optimat (Alley et al. 1997; Heikkilä & Seppä 2003). Om kronologin hade innehållit källmaterial från tiden kring 8.2-eventet så är det möjligt att skillnaderna i årsringsbredderna hade blivit tydligare, vilket hade gjort det lättare att se ett eventuellt samband. När det gäller 1JTM0152 (Fig. 4) är det svårt att placera den i vid någon specifik tidsperiod, men det är troligt att den också representerar tiden efter 8.2-eventet eftersom det var troligen då som tallar började etablera sig på torvmossar.

Andra faktorer som nederbörd har en påverkan på trädens tillväxt, och redan existerande träd på torvmarker har förmågan att påverka grundvattenytan i torvmarker genom att ändra evapotranspirationen (Linderholm et al. 2002; Limpens et al. 2014a). Till exempel kan träd på torvmarker, främst under trädkolonisationens tidiga stadium, ha en uttorkande effekt på torvmarker, vilket i sin tur kan underlätta unga trädsticklingars överlevnad (Limpens et al. 2014a; Limpens et al. 2014b). Höga grundvattenytan kan, å andra

sidan, ha en negativ effekt på trädens tillväxt och överlevnad (Boggie 1972). Linderholm et al. (2010) poängterar också att klimatfaktorer, som längden är olika årstider, varierar beroende på var man befinner sig i Fennoskandia, både i östlig/västlig och nordlig/sydlig riktning. Även nederbördens betydelse för tillväxten ökar ju längre österut och söderut man kommer i Fennoskandia, samtidigt som temperaturrens betydelse minskar (Linderholm et al. 2010). Således är det tydligt att det alltså finns fler faktorer än temperaturen som kan ligga bakom variationerna i årsringsbredd.

6 Slutsatser

Genom att undersöka materialet från Ope-Brynjefflon och jämföra resultatet med andra studier har det framkommit en del samband, även om flera frågor fortfarande är obesvarade.

Variationen i ringtjocklek i årsringsserierna hjälpte till att skapa en tydligare bild av högupplösta klimatförändringar i början av holocen och dess variabilitet. Skillnaderna mellan graferna var tydliga beroende på om den absoluta årsringsbredden, med alla möjliga faktorer som inte har med klimatet att göra, och indexserierna, där sådana variationer sällades bort. Trots skillnaderna mellan resultatet från absolutvärdena och indexserierna gick det att utröna liknande mönster i båda parametrarna. ^{14}C -dateringarna underlättade mycket i försöket att sätta kronologierna i ett större sammanhang men när den möjligheten inte fanns var det svårare att dra några slutsatser om materialets sammanhang. Följande slutsatser kan dock dras:

- Den ^{14}C -daterade provet som daterar kronologin 2JTM0003 representerar troligen tiden efter 8.2-eventet och påverkas förmodligen inte direkt av de lägre temperaturerna under den perioden. Istället kommer kronologin förmodligen från det holocena klimatoptimat, som karaktäriseras av högre temperaturer, lägre grundvattenstånd och ökad kolonisation av träd på torvmarker.
- Det är svårare att dra slutsatser om 1JTM0152 eftersom proverna i den tidserien inte har daterats absolut och eftersom det inte finns några tydliga perioder av hög eller låg tillväxt. Det är dock troligast att kronologin hamnar efter 8.2-eventet eftersom tallar började etablera sig på torvmarker vid den tiden.
- Trots att skillnaderna i årsringsbredd blir mindre tydliga i indexserierna än i den absoluta årsringsbredden, eftersom faktorer som inte är kopplade till klimatet sällas bort, går det ändå att se liknande variationer. Indexserierna är förmodligen också mer tillförlitliga eftersom variationer som inte orsakats av klimatet har filtrerats bort.
- Det är inte säkert att variationerna i årsringsbredd har orsakats av temperaturförändringar. Andra lokala faktorer som mängden träd i omgivningen, grundvattenytans nivå och nederbörd kan också påverka trädens tillväxt.

7 Fortsatta studier

En självklar rekommendation som förmodligen skulle öka förståelsen mycket kring trädens tillväxt i området är att fortsätta undersöka proverna från Ope-Brynjeffon. Majoriteten av proverna har inte analyserats än och en större mängd analyserade prover ökar chansen för potentiell matchning mellan proverna och möjligheten att utveckla längre kronologier. Skulle nya mätningar matcha prover som har ¹⁴C-daterats kan man även placera dem i ett större sammanhang och öka förståelsen ytterligare. En annan fråga som hade varit intressant att undersöka är hur andra klimat- och miljöfaktorer kan ha påverkat trädens tillväxt. Vad spelar till exempel grundvattennivåerna och nederbörden mer exakt för roll i trädens tillväxt? Finns det något samband med vegetationsförändringar i området?

8 Tack

Jag skulle vilja tacka mina handledare Johannes Edvardsson och Dan Hammarlund för deras vägledning, goda råd och stöd. Tack även till Britta Smångs som hjälpte mig med referenshanteringen och Björn Nilsson som svarade på frågor om lokalen.

9 Referenser

- Alley, R. B., Mayewski, P. A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K. C. & Clark, P. U., 1997: Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology* 25, 483-486. doi: 10.1130/0091-7613(1997)025<0483:Hciapw>2.3.Co;2
- Baillie M.G.L., Pilcher J.R., 1973. A simple cross-dating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* 38, 35-43
- Bergman, J., Hammarlund, D., Hannon, G., Barnekow, L. & Wohlfarth, B., 2005: Deglacial vegetation succession and Holocene tree-limit dynamics in the Scandes Mountains, west-central Sweden: stratigraphic data compared to megafossil evidence. *Review of Palaeobotany and Palynology* 134, 129-151. doi: 10.1016/j.revpalbo.2004.12.005
- Boggie, R., 1972: Effect of water-table height on root development of pinus-contorta on deep peat in Scotland. *Oikos* 23, 304-312. doi: 10.2307/3543168
- Cook, E.R., 1985. A time series analysis approach to tree ring standardization (Doctoral dissertation, University of Arizona).
- Cook, E.R., Krusic, P.J., 2006. ARSTAN_41: A Tree-Ring Standardization Program based on detrending and autoregressive time series modeling, with interactive graphics. tree-ring laboratory, Lamont Doherty Earth observatory of Columbia University, New York.
- Edvardsson, J., Bauziene, I., Lamentowicz, M., Simanauškiene, R., Tamkevičiute, M., Taminskas, J., Linkevičiene, R., Skuratovic, Z., Corona, C. & Stoffel, M., 2019: A multi-proxy reconstruction of moisture dynamics in a peatland ecosystem: A case study from Cepkeliai, Lithuania. *Ecological Indicators* 106, 12. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.105484
- Edvardsson, J., Linderson, H., Rundgren, M. & Hammarlund, D., 2012: Holocene peatland development and hydrological variability inferred from bog-pine dendrochronology and peat stratigraphy - a case study from southern Sweden. *Journal of Quaternary Science* 27, 553-563. doi: 10.1002/jqs.2543
- Edvardsson, J., Stoffel, M., Corona, C., Bragazza, L., Leuschner, H. H., Charman, D. J. & Helama, S., 2016: Subfossil peatland trees as proxies for Holocene palaeohydrology and palaeoclimate. *Earth-Science Reviews* 163, 118-140. doi: 10.1016/j.earscirev.2016.10.005
- Erwin, K. L., 2009: Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management* 17, 71-84. doi: 10.1007/s11273-008-9119-1
- Galimberti, M., Ramsey, C. B. & Manning, S. W., 2004: Wiggle-match dating of tree-ring sequences. *Radiocarbon* 46, 917-924. doi: 10.1017/s0033822200035967
- Giesecke, T., 2005: Holocene forest development in the central Scandes Mountains, Sweden. *Vegetation History and Archaeobotany* 14, 133-147. doi: 10.1007/s00334-005-0070-2
- Gunnarson, B. E., 2008: Temporal distribution pattern of subfossil pines in central Sweden: perspective on Holocene humidity fluctuations. *Holocene* 18, 569-577. doi: 10.1177/0959683608089211
- Hammarlund, D., Velle, G., Wolfe, B. B., Edwards, T. W. D., Barnekow, L., Bergman, J., Holmgren, S., Lamme, S., Snowball, I., Wohlfarth, B. & Possnert, G., 2004: Palaeolimnological and sedimentary responses to Holocene forest retreat in the Scandes Mountains, west-central Sweden. *Holocene* 14, 862-876. doi: 10.1191/0959683604hl756rp
- Heikkilä, M. & Seppä, H., 2003: A 11,000 yr palaeotemperature reconstruction from the southern boreal zone in Finland. *Quaternary Science Reviews* 22, 541-554. doi: 10.1016/s0277-3791(02)00189-0
- Kullman, L., 1995: Holocene tree-limit and climate history from the Scandes-mountains, Sweden. *Ecology* 76, 2490-2502. doi: 10.2307/2265823
- Kullman, L. & Kjallgren, L., 2000: A coherent post-glacial tree-limit chronology (*Pinus sylvestris* L.) for the Swedish scandes: Aspects of paleoclimate and "recent warming" based on megafossil evidence. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 32, 419-428. doi: 10.2307/1552391
- Leuschner, H. H., Sass-Klaassen, U., Jansma, E., Bailie, M. G. L. & Spurk, M., 2002: Subfossil European bog oaks: population dynamics and long-term growth depressions as indicators of changes in the Holocene hydro-regime and climate. *Holocene* 12, 695-706. doi: 10.1191/0959683602hl584rp
- Limpens, J., Holmgren, M., Jacobs, C. M. J., Van Der Zee, S., Karofeld, E. & Berendse, F., 2014a: How Does Tree Density Affect Water Loss of Peatlands? A Mesocosm Experiment. *Plos One* 9, 11. doi: 10.1371/journal.pone.0091748
- Limpens, J., Van Egmond, E., Li, B. X. & Holmgren, M., 2014b: Do plant traits explain tree seedling

- survival in bogs? *Functional Ecology* 28, 283-290. doi: 10.1111/1365-2435.12148
- Linderholm, H. W., Björklund, J. A., Seftigen, K., Gunnarson, B. E., Grudd, H., Jeong, J. H., Drobyshch, I. & Liu, Y., 2010: Dendroclimatology in Fennoscandia - from past accomplishments to future potential. *Climate of the Past* 6, 93-114. doi: 10.5194/cp-6-93-2010
- Linderholm, H. W., Moberg, A. & Grudd, H., 2002: Peatland pines as climate indicators? A regional comparison of the climatic influence on Scots pine growth in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* 32, 1400-1410. doi: 10.1139/x02-071
- Nelson, K., Thompson, D., Hopkinson, C., Petrone, R. & Chasmer, L., 2021: Peatland-fire interactions: A review of wildland fire feedbacks and interactions in Canadian boreal peatlands. *Science of the Total Environment* 769, 14. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145212
- Pilcher, J. R., Hillam, J., Baillie, M. G. L. & Pearson, G. W., 1977: LONG SUB-FOSSIL OAK TREE-RING CHRONOLOGY FROM NORTH OF IRELAND. *New Phytologist* 79, 713-729. doi: 10.1111/j.1469-8137.1977.tb02255.x
- Ramsey, C. B., 1995: Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: The OxCal program. *Radiocarbon* 37, 425-430. doi: 10.1017/s0033822200030903
- Rinn, F., 2003. TSAP-Win, Software for tree-ring measurement, analysis and presentation. Rinntech. URL: <http://www.rinntech.com>
- Rosen, P., Segerstrom, U., Eriksson, L., Renberg, I. & Birks, H. J. B., 2001: Holocene climatic change reconstructed from diatoms, chironomids, pollen and near-infrared spectroscopy at an alpine lake (Sjuodjläure) in northern Sweden. *Holocene* 11, 551-562. doi: 10.1191/095968301680223503
- Sundqvist, H. S., Holmgren, K. & Lauritzen, S. E., 2007: Stable isotope variations in stalagmites from northwestern Sweden document climate and environmental changes during the early Holocene. *Holocene* 17, 259-267. doi: 10.1177/0959683607073292

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

559. Hjorth, Ingeborg, 2019: Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrottshistoria. (15 hp)
560. Westberg, Märta, 2019: Enigmatic worm-like fossils from the Silurian Waukesha Lagerstätte, Wisconsin, USA. (15 hp)
561. Björn, Julia, 2019: Undersökning av påverkan på hydraulisk konduktivitet i förorenat område efter in situ-saneringsförsök. (15 hp)
562. Faraj, Haider, 2019: Tolkning av georadarprofiler över grundvattenmagasinet Verveln - Gullringen i Kalmar län. (15 hp)
563. Bjeremo, Tim, 2019: Eoliska avlagringar och vindriktningar under holocen i och kring Store Mosse, södra Sverige. (15 hp)
564. Langkjaer, Henrik, 2019: Analys av Östergötlands kommande grundvattenresurser ur ett klimtperspektiv - med fokus på förstärkt grundvattenbildning. (15 hp)
565. Johansson, Marcus, 2019: Hur öppet var landskapet i södra Sverige under Atlantisk tid? (15 hp)
566. Molin, Emmy, 2019: Litologi, sedimentologi och kolisotopstratigrafi över krita-paleogen-gränsintervallet i borrhningen Limhamn-2018. (15 hp)
567. Schroeder, Mimmi, 2019: The history of European hemp cultivation. (15 hp)
568. Damber, Maja, 2019: Granens invandring i sydvästa Sverige, belyst genom pollenanalys från Skottenesjön. (15 hp)
569. Lundgren Sassner, Lykke, 2019: Strandmorfologi, stranderosion och stranddeposition, med en fallstudie på Tylösand sandstrand, Halland. (15 hp)
570. Greiff, Johannes, 2019: Mesozoiska konglomerat och Skånes tektoniska utveckling. (15 hp)
571. Persson, Eric, 2019: An Enigmatic Cerapodian Dentary from the Cretaceous of southern Sweden. (15 hp)
572. Aldenius, Erik, 2019: Subsurface characterization of the Lund Sandstone – 3D model of the sandstone reservoir and evaluation of the geoenergy storage potential, SW Skåne, South Sweden. (45 hp)
573. Juliusson, Oscar, 2019: Impacts of subglacial processes on underlying bedrock. (15 hp)
574. Sartell, Anna, 2019: Metamorphic paragenesis and P-T conditions in garnet amphibolite from the Median Segment of the Idefjorden Terrane, Lilla Edet. (15 hp)
575. Végvári, Fanni, 2019: Vulkanisk inverkan på klimatet och atmosfärcirkulationen: En litteraturstudie som jämför vulkanism på låg respektive hög latitud. (15 hp)
576. Gustafsson, Jon, 2019: Petrology of platinum-group element mineralization in the Koillismaa intrusion, Finland. (45 hp)
577. Wahlquist, Per, 2019: Undersökning av mindre förkastningar för vattenuttag i sedimentärt berg kring Kingelstad och Tjutebro. (15 hp)
578. Gaitan Valencia, Camilo Esteban, 2019: Unravelling the timing and distribution of Paleoproterozoic dyke swarms in the eastern Kaapvaal Craton, South Africa. (45 hp)
579. Eggert, David, 2019: Using Very-Low-Frequency Electromagnetics (VLF-EM) for geophysical exploration at the Albertine Graben, Uganda - A new CAD approach for 3D data blending. (45 hp)
580. Plan, Anders, 2020: Resolving temporal links between the Högberget granite and the Wigström tungsten skarn deposit in Bergslagen (Sweden) using trace elements and U-Pb LA-ICPMS on complex zircons. (45 hp)
581. Pilser, Hannes, 2020: A geophysical survey in the Chocaya Basin in the central Valley of Cochabamba, Bolivia, using ERT and TEM. (45 hp)
582. Leopardi, Dino, 2020: Temporal and genetic constraints of the Cu-Co Vena-Dampetorp deposit, Bergslagen, Sweden. (45 hp)
583. Lagerstam Lorien, Clarence, 2020: Neck mobility versus mode of locomotion – in what way did neck length affect swimming performance among Mesozoic plesiosaurs (Reptilia, Sauropterygia)? (45 hp)
584. Davies, James, 2020: Geochronology of gneisses adjacent to the Mylonite Zone in southwestern Sweden: evidence of a tectonic window? (45 hp)
585. Foyen, Alex, 2020: Foreland evolution of Blåisen, Norway, over the course of an ablation season. (45 hp)
586. van Wees, Roos, 2020: Combining luminescence dating and sedimentary analysis to derive the landscape dynamics of the Velická Valley in the High Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
587. Rettig, Lukas, 2020: Implications of a rapidly thinning ice-margin for annual moraine formation at Gornergletscher, Switzerland. (45 hp)
588. Bejarano Arias, Ingrid, 2020: Determination of depositional environment and luminescence dating of Pleistocene deposits in the Biely Váh valley, southern foothills of the Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)

589. Olla, Daniel, 2020: Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejser i den undre delen av Särviskollan, mellersta delen av Skollenheten, Kaledonska orogenerna. (15 hp)
590. Friberg, Nils, 2020: Är den sydatlantiska magnetiska anomalin ett återkommande fenomen? (15 hp)
591. Brakebusch, Linus, 2020: Klimat och väder i Nordatlanten-regionen under det senaste årtusendet. (15 hp)
592. Boestam, Max, 2020: Stränder med erosion och ackumulation längs kuststräckan Trelleborg - Abbekås under perioden 2007-2018. (15 hp)
593. Agudelo Motta, Laura Catalina, 2020: Methods for rockfall risk assessment and estimation of runoff zones: A case study in Gothenburg, SW Sweden. (45 hp)
594. Johansson, Jonna, 2020: Potentiella nedslagskratrar i Sverige med fokus på Östersjön och östkusten. (15 hp)
595. Haag, Vendela, 2020: Studying magmatic systems through chemical analyses on clinopyroxene - a look into the history of the Teno ankaramites, Tenerife. (45 hp)
596. Kryffin, Isidora, 2020: Kan benceller bevaras över miljontals år? (15 hp)
597. Halvarsson, Ellinor, 2020: Sökande efter nedslagskratrar i Sverige, med fokus på avtryck i berggrunden. (15 hp)
598. Jirdén, Elin, 2020: Kustprocesser i Arktis – med en fallstudie på Prins Karls Forland, Svalbard. (15 hp)
599. Chonewicz, Julia, 2020: The Eemian Baltic Sea hydrography and paleoenvironment based on foraminiferal geochemistry. (45 hp)
600. Paradeisis-Stathis, Savvas, 2020: Holocene lake-level changes in the Siljan Lake District – Towards validation of von Post's drainage scenario. (45 hp)
601. Johansson, Adam, 2020: Groundwater flow modelling to address hydrogeological response of a contaminated site to remediation measures at Hjortsberga, southern Sweden. (15 hp)
602. Barrett, Aodhan, 2020: Major and trace element geochemical analysis of norites in the Hakefjorden Complex to constrain magma source and magma plumbing systems. (45 hp)
603. Lundqvist, Jennie, 2020: "Man fyller det med information helt enkelt": en fenomenografisk studie om studenters upplevelse av geologisk tid. (45 hp)
604. Zachén, Gabriel, 2020: Classification of four mesosiderites and implications for their formation. (45 hp)
605. Viðarsdóttir, Halla Margrét, 2020: Assessing the biodiversity crisis within the Triassic-Jurassic boundary interval using redox sensitive trace metals and stable carbon isotope geochemistry. (45 hp)
606. Tan, Brian, 2020: Nordvästra Skånes prekambriiska geologiska utveckling. (15 hp)
607. Taxopoulou, Maria Eleni, 2020: Metamorphic micro-textures and mineral assemblages in orthogneisses in NW Skåne – how do they correlate with technical properties? (45 hp)
608. Damber, Maja, 2020: A palaeoecological study of the establishment of beech forest in Söderåsen National Park, southern Sweden. (45 hp)
609. Karastergios, Stylianos, 2020: Characterization of mineral parageneses and metamorphic textures in eclogite- to high-pressure granulite-facies marble at Allmenningen, Roan, western Norway. (45 hp)
610. Lindberg Skutsjö, Love, 2021: Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne. (15 hp)
611. Hertzman, Hanna, 2021: Odensjön - A new varved lake sediment record from southern Sweden. (45 hp)
612. Molin, Emmy, 2021: Rare terrestrial vertebrate remains from the Pliensbachian (Lower Jurassic) Hasle Formation on the Island of Bornholm, Denmark. (45 hp)
613. Höjbert, Karl, 2021: Dendrokronologi - en nyckelmetod för att förstå klimat- och miljöförändringar i Jämtland under holocen. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund