

**Torvstratigrafisk studie av en
trädstamshorisont i Viss mosse,
centrala Skåne kring 4 000 - 3 000
cal BP med avseende på klimat-
och vattenståndsförändringar**

Anton Hansson

Kandidatuppsats i Geologi vid Lunds Universitet,
nr. 280
(15 hskp/ECTS)



Department of Earth- and Ecosystem Sciences
Division of Geology
Lund University
2011

**Torvstratigrafisk studie av en träd-
stamshorisont i Viss mosse, centrala
Skåne kring 4 000 - 3 000 cal BP med
avseende på klimat- och vatten-
ståndsförändringar**

Examensarbete
Anton Hansson

Institutionen för geo- och ekosystemvetenskaper,
Enheten för geologi
Lunds universitet
2011

Innehåll

1 Introduktion	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte och frågeställning	6
2 Områdesbeskrivning.....	6
2.1 Viss mosse	6
2.2 Borrpunkter	7
3 Metod	7
3.1 Litteraturstudie.....	7
3.2 Egna undersökningar.....	7
3.2.1 Borrkärnor	7
3.2.2 Volymberäkning.....	8
3.2.3 Glödförlust	8
3.2.4 Torr bulkdensitet	8
3.2.5 Organisk bulkdensitet	8
3.2.6 Avvägning.....	9
4 Resultat	9
4.1 Resultat av litteraturstudie.....	9
4.1.1 Klimatisk utveckling och vattenståndsfluktuationer	9
4.1.2 Torvtillväxt	11
4.1.3 Trädförekomst på torvmarker	11
4.2 Resultat av egen undersökning.....	12
4.2.1 Torvstratigrafi	12
4.2.2 Glödförlust	12
4.2.3 Torr bulkdensitet	12
4.2.4 Organisk bulkdensitet	14
4.2.5 Avvägning.....	15
5 Diskussion	15
5.1 Klimatisk utveckling	15
5.2 Viss mosses utveckling och trädens död	19
6 Slutsatser.....	20
7 Möjligheter till fortsatta studier	21
8 Tack.....	21
9 Referenser	21

Torvstratigrafisk studie av en trädstamshorisont i Viss mosse, centrala Skåne kring 4 000 - 3 000 cal BP med avseende på klimat- och vattenståndsförändringar

ANTON HANSSON

Hansson, A., 2011: Torvstratigrafisk studie av en trädstamshorisont i Viss mosse, centrala Skåne kring 4 000 - 3 000 cal BP med avseende på klimat- och vattenståndsförändringar. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet - Kvartärgeologi*, Nr. 280, 22 sid. 15 poäng.

Sammanfattning: Fynd av en trädstamshorisont i Viss mosse i Skåne, södra Sverige, indikerar relativt torra förhållanden på mossen under trädens livstid. ^{14}C -dateringar visar att träden försvann för cirka 3 200 år sedan. Fyra borkärnor togs från mossen för att undersöka huruvida klimatiskt orsakade vattenståndsfluktuationer låg bakom trädens etablering och utdöende. Borkkärnorna beskrevs stratigrafiskt efter torvtyp och humifieringsgrad. Analyser av glödförlust, torr bulkdensitet och organisk bulkdensitet gjordes med 2 cm upplösning för att komplettera beskrivningen och finna indikationer på förändringar i avsättningsmiljö och klimatiska variationer. Torvanalyserna visar på en igenväxningssuccession i mossen från en kärrmiljö med avsättning av lövkärrtorv till en högmosse miljö dominerad av starrvitmosstorv och vitmosstorv. Resultaten från torvanalyserna indikerar även ett omslag till en fuktigare miljö vid tiden för trädens utdöende på Viss mosse. Tidigare studier från andra mossar i nordvästra Europa vittnar om liknande händelseförlopp ungefär vid samma tid. Paleoklimatiska undersökningar av den Holocena utvecklingen i norra Europa indikerar ett flertal snabba klimatförändringar sedan Weichsel-glacialens slut, varav en sker vid tiden för trädens utdöende på Viss mosse. Följaktligen är det troligt att träden på Viss mosse dog ut på grund av en höjd vattennivå i mossen orsakad av en regional klimatförändring.

Nyckelord: Torv, trädstam, vattenståndsfluktuation, klimatförändring, Holocen, södra Sverige.

Anton Hansson, Institutionen för geo- och ekosystemvetenskaper, Enheten för geologi, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: anton.h@live.se

Torvstratigrafisk studie av en trädstamshorisont i Viss mosse, centrala Skåne kring 4 000 - 3 000 cal BP med avseende på klimat- och vattenståndsförändringar

ANTON HANSSON

Hansson, A., 2011: Torvstratigrafisk studie av en trädstamshorisont i Viss mosse, centrala Skåne kring 4 000 - 3 000 cal BP med avseende på klimat- och vattenståndsförändringar. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet - Kvartärgeologi*, Nr. 280, 22 sid. 15 poäng.

Populärvetenskaplig sammanfattning: I en mosse i södra Sverige, som heter Viss mosse, har fynd av trädstammar gjorts. Fynden gäller ek, bok och al. Denna horisont med trädstammar tyder på att miljön på mossen var förhållandevis torr när träden levde, eftersom det normalt sett är för blött på en mosse för att ekar och bokar ska kunna växa där. Kol-14-dateringar visar att träden dog för cirka 3 200 år sedan. Fyra borrhärdar togs från mossen för att undersöka om en klimatförändring låg bakom den torra period som gjorde att ek- och bokträden kunde växa på mossen. Borrhärdarna delades in i lager efter typ av torv och hur nedbruten torven var. Analyser av organisk halt och bulkdensiteter av borrhärdarna gjordes för att komplettera beskrivningen och försöka finna tecken på klimatförändringar. Bulkdensitetsvärdena visar på torvens täthet och i förlängningen dess nedbrytningsgrad, som svarar mot vattenståndsförändringar på mossen. Halten organiskt material (%) kan också ge en bild av torvens nedbrytningsgrad. Torvanalyserna visar på en övergång från en relativt näringsrik kärrmiljö med högre växtlighet till en näringsfattig högmosse, stark dominerad av starrvitmosstorv och vitmosstorv. Analyserna av borrhärdarna tyder också på ett omslag till ett våtare klimat vid tiden för trädets död på mossen. Liknande mönster med omslag till våtare klimat och försvinnande av träd på mossar går att se på andra platser i nordvästra Europa vid samma tid. Rekonstruktioner av klimatet efter den senaste istiden visar på ett flertal snabba klimatförändringar, varav en sammanfaller med utdöendet av träd på Viss mosse. Följaktligen är det troligt att träden på Viss mosse dog ut på grund av en höjd vattennivå i mossen orsakad av en regional klimatförändring.

Nyckelord: Torv, trädstam, vattenståndsfluktuation, klimatförändring, Holocen, södra Sverige.

Anton Hansson, Institutionen för geo- och ekosystemvetenskaper, Enheten för geologi, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: anton.h@live.se

A peat stratigraphic study of a tree stump horizon in Viss mosse, central Scania around 4 000 – 3 000 cal BP regarding climate and water table change

ANTON HANSSON

Hansson, A., 2011: A peat stratigraphic study of a tree stump horizon in Viss mosse, central Scania around 4 000 – 3 000 cal BP regarding climate and water table change. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet - Kvartärgeologi*, Nr. 280, 22 pp. 15 points.

Abstract: Findings of a tree stump horizon in Viss mosse, a raised bog in Scania, southern Sweden, indicate relatively dry conditions on the bog during the lifetime of the trees. Radiocarbon datings show that the trees died about 3 200 years ago. Four peat cores were collected from the bog in order to investigate whether climatically induced water level fluctuations were responsible for establishment and death of the trees. The cores were described stratigraphically according to peat type and degree of humification. Analyses of loss on ignition, dry bulk density and organic bulk density were made at 2 cm resolution to complement the description and to find indications of changes in depositional environment and climatic variations. The peat records reflect a hydroseral succession from a fen environment with accumulation of brushwood peat to a raised bog environment dominated by *Carex-Sphagnum* peat and *Sphagnum* peat. The results of the peat analyses indicate a shift to a wetter environment around the time of the death of the trees at Viss mosse. Earlier studies from other peatlands in northwestern Europe suggest similar developments around the same time period as the trees died in Viss mosse. Palaeoclimatic studies of the Holocene development in northern Europe indicate a number of rapid climatic changes since the end of the Weichselian glaciation. One of these rapid climatic changes occurred around the time when the trees at Viss mosse died. It is therefore likely that the death of the trees on Viss mosse was caused by a rise in the water table at the bog connected to a regional climatic change.

Keywords: Peat, tree stump, water level fluctuation, climate change, Holocene, southern Sweden.

Anton Hansson, Department of Earth and Ecosystem Sciences, Division of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: anton.h@live.se

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Torvstratigrafiska data från mossar används ofta för paleoklimatologiska rekonstruktioner. Lagerföljder i borrhärdar från mossar kan vid analys bland annat ge information om hydrologiska förändringar, landskapets utveckling och den lokala floran i det förflutna. I samband med ett examensarbete utfört vid Geologiska Institutionen, Lunds universitet, år 2006 upptäcktes en horisont med trädstammar i Viss mosse i Skåne. Examensarbetet var en dendrokronologisk studie på tallträd där syftet bland annat var att utifrån trädkronologierna göra en rekonstruktion av miljön där träden levde (Edvardsson 2006). Även al hittades på mossen vid fältarbetet 2006. Vid en senare, kompletterande, studie år 2010 gjordes fynd av ek, bok och ask. Dessa lövträd växer vanligtvis inte på mossar. Bokträd trivs bäst på väl-dränerade jordar rika på näringsämnen (Björkman 1997). Ek växer gärna på torra och näringsrika jordar medan ask gärna växer under fuktiga, näringsrika förhållanden (Mossberg & Stenberg 2003). Al kan förekomma i anslutning till det laggkärr som ofta omger högmossar.

Horisonter av stammar i torvmarker påträffas även på andra platser i Sverige och Tyskland (Edvardsson *et al.* in press). Den äldsta boken från Viss mosse är ^{14}C -daterad till cirka 4 500 cal BP (*calibrated ^{14}C years Before Present*, kalibrerade ^{14}C -år före nutid, nutid = 1950) och den yngsta är daterad till 3 200 cal BP. Totalt har 43 lövträd hittats på mossen, varav ungefär hälften har ^{14}C -daterats. Dateringarna visar att nästan alla funna träd levde kring 3 500 till 3 200 cal BP. Träden var generellt sett mellan 150 och 250 år gamla när de dog (Edvardsson muntl.). Då ek, bok och ask normalt inte växer under så fuktiga förhållanden som råder på en mosse indikerar fynden på en klimatiskt torrare period mellan 4 500 och 3 200 cal BP.

För att dokumentera torvstratigrafin och undersöka om horisonten med trädstammar kan knytas till variationer i vattenstånd och klimat insamlades borrhärdar precis bredvid eller under trädstammarna vid tre av fyndplatserna på mossen i oktober 2010. Lagerföljden i Viss mosse visar på att denna torvmark har uppstått genom igenväxning. På mossens centrala delar har det tidigare funnits en sjö, Vissjön, baserat på fynd av sjösediment (algyttja) (Holmqvist & Thelaus 1994).

I strandkanten av en sjö sker det torvbildning. I den terrestra delen av stranden, som nästan aldrig är vattentäckt, bildas det lövkärrtorv. Lövkärrtorv karakteriseras av vedbitar i torven som visar på att det växte träd på platsen. Närmare sjön finns den telmatiska zonen, precis vid vattenbrynet, där det bildas starttorv. Där växer olika arter av starrväxter. Tidigare studier visar att dessa torvtyper finns på Viss mosse (Thelaus & Holmqvist 1994; Edvardsson 2006). Igenväxningsmossar bildas genom sedimentationsprocesser i en sjö som gör att den grundas upp och övergår i en torvmark

(Andréasson 2006). Kärr är den torvmarkstyp som har tillgång till vatten från både nederbörd och grundvattnet. Kärrret kan sedan utvecklas till en mosse, som endast har tillgång till vatten genom nederbörd (Charman 2002). Detta medför att mossar har ett väldigt lågt pH, ner mot 3, och är väldigt fattigt på näringsämnen (Andréasson 2006). Övergången från ett kärr till en mosse är en naturlig process som inte behöver bero på en klimatförändring. Dock kan klimatiska faktorer mycket väl starta eller påskynda en övergång från kärr till mosse (Charman 2002).

Den dominerande växten på en högmosse är vitmossa (*Sphagnum*) som ger upphov till vitmosstorv (*Sphagnum*-torv) (Andréasson 2006). I högmossens kant finns ofta ett kärrområde kallat laggkärr vars vattentillförsel kommer från både högmossen och fastmarken runt mossen (Andréasson 2006).

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med examensarbetet är att undersöka huruvida förekomst av trädstamshorisonter på mossar kan kopplas till variationer i klimat och grundvattennivå. Arbetet består huvudsakligen av två delar. Dels en litteraturstudie med fokus på klimatvariationer under Holocen, dels en egen torvstratigrafisk analys av fyra borrhärdar från tre borrhärdar på Viss mosse. Frågeställningarna är:

- Kan etableringen av ett flertal arter lövträd på Viss mosse kopplas till en relativt låg grundvattennivå i mossen?
- Finns det ett samband mellan lövträdens senare försvinnande och en eventuellt stigande grundvattennivå?
- Kan dessa eventuella grundvattenvariationer kopplas till den regionala klimatiska utvecklingen?

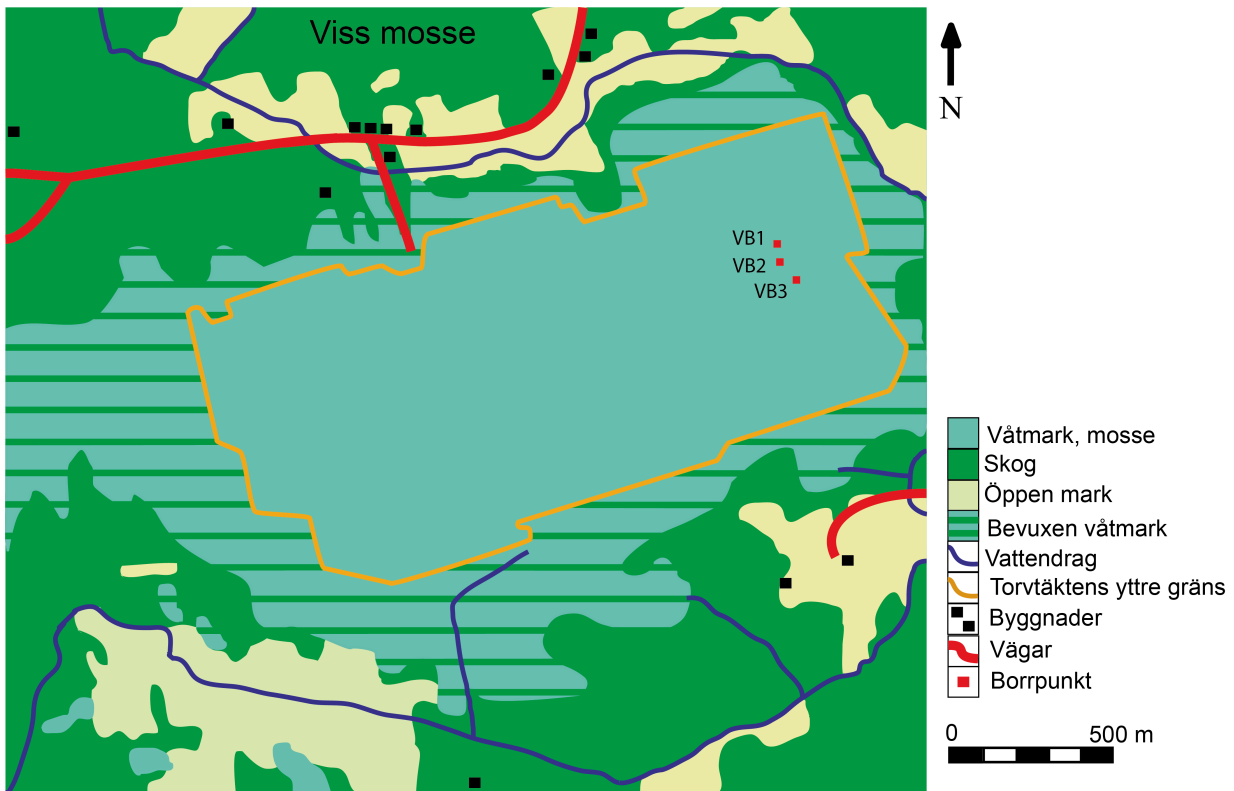
2 Områdesbeskrivning

2.1 Viss mosse

Viss mosse är belägen på Linderödsåsen i Hörby



Figur 1. Viss mosse är belägen öster om Hörby i Skåne, södra Sverige.



Figur 2. Karta över Viss mosse. Borrpunkterna ligger i de östra delarna av mossen längs en ungefärlig nord-sydlig linje. Omarbetad figur efter Edvardsson (2006).

kommun i centrala Skåne (55°51' N, 13°50' E) (Figur 1). Viss mosse är en av Sveriges sydligaste högmossar (Malmberg Persson 2000). Den småkuperade terrängen på Linderödsåsen gör att det i sänkorna finns många torvmarker (Malmberg Persson 2000).

Viss mosse är och har varit en torvtäkt i cirka 100 år (Edvardsson 2006). Torvbrytningen har förstört Viss mosses ursprungliga högmosseform, och dräneringsverksamhet har kompakterat mossen (Malmberg Persson 2000). På mossen finns det ett antal höjdryggar av torv kvar där det tidigare fanns järnvägsspår, som användes vid torvbrytningen (Theläus & Holmqvist 1994).

Linderödsåsen består av prekambrikt urberg, främst av ortognejs med inslag av diabasgångar. På urberget i området ligger en cirka 5 m mäktig morän. Moränen följer i stort urbergets topografi (Malmberg Persson 2000).

2.2 Borrpunkter

Fyra borrkärnor har tagits upp precis bredvid eller under tre liggande trädstammar funna i mossen i samband med ett fältarbete under hösten 2010 (Figur 2). Borrpunkt 1 (VB1), vid en alstam, är belägen på en kvarstående höjdrygg av torv, vilket gör att den stratigrafiska sekvensen är mer omfattande (Figur 3). Höjden är cirka 1 meter över den efter brytning normala torvytan. Alstammen är belägen i ett dike vid höjdryggsväggen i höjd med den normala torvytan efter täktverksamheten. I VB1 har det tagits upp två borrkärnor (VB1a, VB1b) precis bredvid varandra, med ett

litet överlapp för att skapa en stratigrafisk sekvens på nästan 2 m. Borrpunkt 2 (VB2) är belägen under en bokstam 46 m från VB1. Borrkärnan i VB2 är 46 cm lång. Borrpunkt 3 (VB3) ligger 60 m från VB2. Borrkärnan i VB3 är också tagen under en bokstam och mäter 60 cm (Figur 4). Avståndet mellan VB1 och VB3 är 101 m.

3 Metod

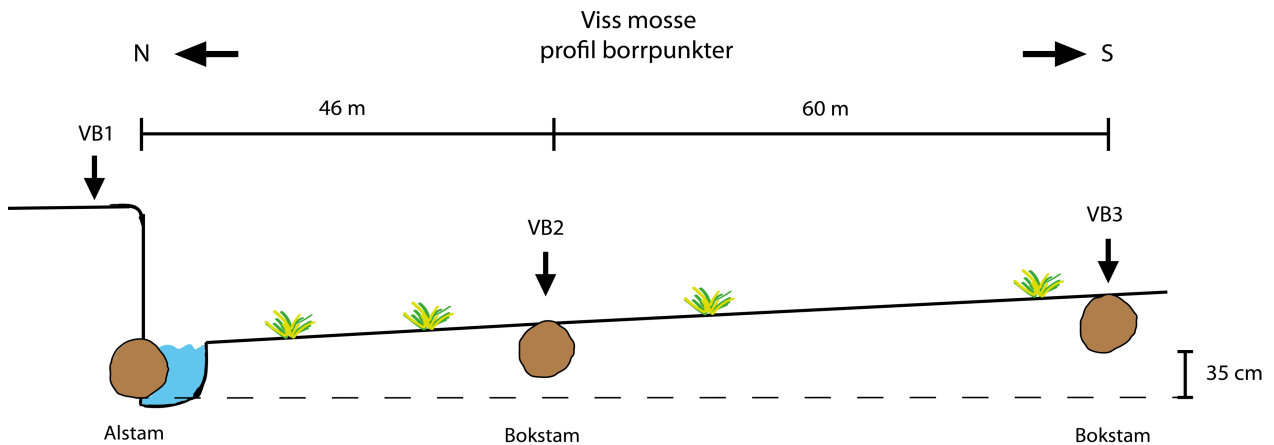
3.1 Litteraturstudie

Ett flertal artiklar lästes och sammanfattades som bakgrunds- och referensmaterial för den egna undersökningen. Artiklarna är främst skrivna under de senaste tjugo åren, men ett fåtal artiklar är äldre. De flesta artiklarna berör den Holocena klimatutvecklingen, med fokus på vattenståndsfluktuationer i sjöar och mossar. Övriga artiklar berör bland annat trädstamshorisonter på mossar och torvtillväxt.

3.2 Egna undersökningar

3.2.1 Borrkärnor

Syftet med att beskriva de fyra borrkärnorna från Viss mosse var att efter torvtyp och humifieringsgrad indela borrkärnorna stratigrafiskt för att skapa en bild över mossens utveckling och vattennivåförändringar. En tregradig humifieringsskala (låg-, medel- och höghumifierad) användes vid beskrivningen. Utöver humifieringsgraden bedömdes torven efter dominerande typ av växtrester, innehåll av vedfragment och minerogent innehåll.



Figur 3. Profil över borrpunktsområdet VB1-VB2-VB3. Avstånden är uträknade med GPS-positioner från de tre borrpunkterna. Höjdskillnader är mätta med latta och nivåspegel. Diket intill alstammen har konstruerats för att kunna dränera mossen vid täktverksamheten som bedrivs på mossen. Markytan i området är ej naturlig utan ett resultat av torvtäktverksamheten. VB1 är belägen på en höjdrygg av torv i ungefärlig öst-västlig utsträckning där det tidigare har funnits järnvägsspår som använts vid torvbrytningen. Figuren är ett resultat av ett fältbesök på mossen (Kap 4.2.5).

Efter den inledande beskrivningen delades borrkärnorna på längden. Den ena delen sparades för eventuella framtida studier. Den andra delen delades upp i bitar om 2 cm med anpassning efter de bestämda lagergränserna. Vissa prov var därför något större än 2 cm. Detta innebar att inget prov bestod av material från två sidor av en uppsatt lagergräns.

3.2.2 Volymberäkning

Volymen på proverna beräknades med en metod där provernas tvärsnittsarea inledningsvis ritades av på ett papper. Eftersom provernas form var i stort sett konstant ritades endast ungefär vart tredje prov av. En enkel interpolation användes sedan för att erhålla area-värden för de prov som inte ritades av. Konturerna klipptes sedan ut och vägdes. Genom att känna till ett A4-pappers hela area kunde provkonturernas area beräknas. Vikten av provkonturerna dividerades med vikten för 1 cm² av pappret.

Den därigenom framräknade arean för proverna multiplicerades sedan med tjockleken för proverna för



Figur 4. Foto från bokstammen i VB3. I mitten av stammen syns spåren efter en dendrokronolog. Borrkärnan från VB3 är tagen under stammen i anslutning till platsen för det dendrokronologiska provet. (Foto: Anton Hansson 2011)

att erhålla provernas volym. Proverna placerades sedan i vägda och märkta plastpåsar.

3.2.3 Glödförlust

För att erhålla ett mått på den organiska halten i proverna gjordes en glödförlustanalys. Proverna brändes i en ugn i fyra timmar i 550 °C. Därefter svalnade de av i en exsickator innan vägning. Glödförlusten är den viktprocent som faller bort efter förbränning (Chambers *et al.* 2010-2011).

3.2.4 Torr bulkdensitet

Analys av torr bulkdensitet gjordes för att undersöka om olika torvtyper uppvisar olika densitetsvärden, vilka kan utgöra ett stöd för de bedömda humifieringsgraderna i den inledande beskrivningen. Proverna vägdes före analys.

För att få hanterbara provmängder användes cirka en tredjedel av varje prov till analysen. Proverna placerades i vägda och märkta deglar och fick sedan torka i en ugn över natten i 105 °C så att allt vatten försvann från proverna. Proverna svalnade därefter i en exsickator och vägdes igen.

Torrvikthalten (%) för den provtagna tredjedelen multiplicerades sedan med vikten för hela provet. Den torra bulkdensiteten räknades sedan fram genom att dividera torrvikten i hela provet med den totala volymen för provet (Chambers *et al.* 2010-2011).

3.2.5 Organisk bulkdensitet

Organisk bulkdensitet beror endast på det organiska materialet i proverna, till skillnad från torr bulkdensitet, som även inkluderar minerogent material. Den organiska bulkdensiteten visar därmed på ett mer korrekt sett humifieringsgraden jämfört med torr bulkdensitet. Organisk bulkdensitet räknades fram genom att glödförlusten multiplicerades med värdet för torr bulkdensitet för varje prov (Chambers *et al.* 2010-2011).

3.2.6 Avvägning

I fält gjordes en avvägning mellan de tre borrpunkterna. Avvägning innebär att den relativa höjdskillnaden mäts mellan borrpunkterna. Referensnivån för avvägningen utgjordes av undersidan av alstammen vid VB1. En nivåspel och latta användes vid avvägningen.

4 Resultat

4.1 Resultat av litteraturstudie

4.1.1 Klimatisk utveckling och vattenståndsfluktuationer

Mayewski *et al.* (2004) har sammanställt data från ett stort antal klimatarkiv från hela världen för att se eventuella mönster i den globala klimatutvecklingen under Holocen. Data har delats in i tre grupper: norra hemisfären, tropikerna och södra hemisfären. Data från norra hemisfären är mest relevanta för examensarbetet och dominerar urvalet nedan. Sammanställningen bygger främst på data från glaciärfluktuationer och proxy-data från glaciärer, som direkt går att koppla till klimatförändringar.

Artikeln pekar ut sex stycken *rapid climate change* events (RCC) under Holocen då klimatet förändrades snabbt (Figur 5). 4 200 – 3 800 och 3 500 – 2 500 cal BP är de RCC-events som ligger inom intervallet för trädförekomsten på Viss mosse. Höga $\Delta^{14}\text{C}$ -värden i samband RCC-eventet 3 500 – 2 500 cal BP indikerar att låg solaktivitet var den troliga orsaken till detta event. Klimatarkiven visar även på ökad västlig vind och glacial tillväxt för 3 500 – 2 500 år sedan. RCC-eventet 4 200 – 3 800 cal BP är inte lika väldokumenterat i klimatarkiven och kan inte kopplas till minskad solaktivitet med hjälp av $\Delta^{14}\text{C}$ -data. Sammantaget fastslår Mayewski *et al.* (2004) att solaktivitet är den övergripande faktorn som givit upphov till RCC-events under Holocen.

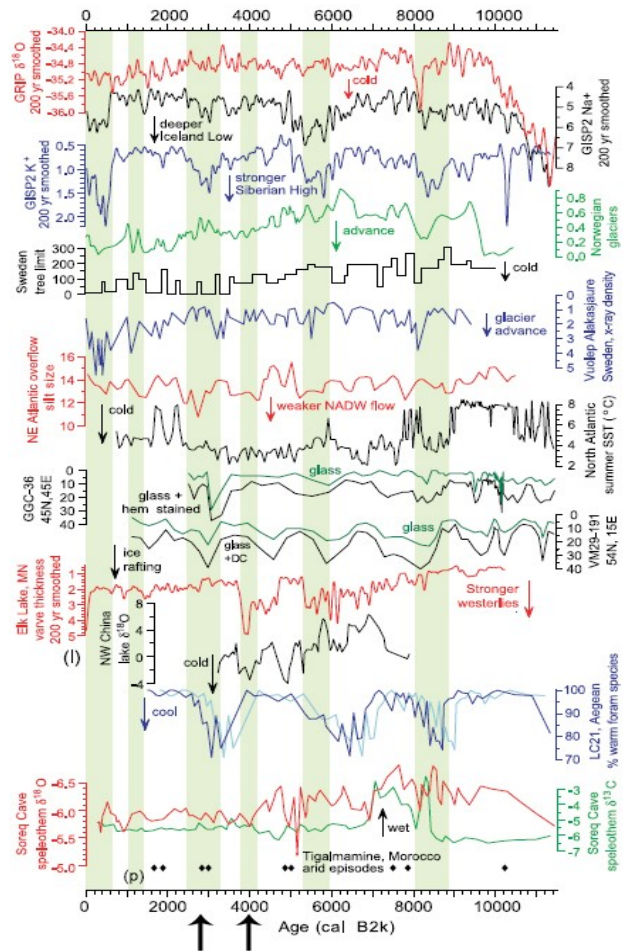
Minskad glaciäraktivitet beroende på högre sommartemperatur föregick RCC-eventet 3 500 – 2 500 cal BP i glaciären Hardangerjøkulen, belägen i södra Norge (Dahl & Nesje 1996). Höjdläget för glaciärens jämviktlinje har rekonstruerats för de senaste 10 000 åren. Jämviktlinjen är den nivå på glaciären där avsmältningen är lika stor som påbyggnaden av snö. Resultaten visar att höjden för glaciärens jämviktlinje började sjunka stadigt från 4 000 cal BP.

En annan storskalig studie, av Wanner *et al.* (2008), visar på liknande minskningar i solaktivitet som Mayewski *et al.* (2004) påvisar, men är mer frågande till hur stor påverkan solaktivitetsförändringar kan ha på det globala klimatet.

Wanner *et al.* (2008) konstaterar att orbitala förändringar, förändringar i solaktivitet och vulkanism är de faktorer som styrde klimatförändringarna under Holocen, före det antropogena påverkan i form av utsläpp av växthusgaser och markanvändningsförändringar inleddes. De senaste 6 000 åren har orbitala förändringar gradvis påverkat säsongsskillnaden på norra halvklotet. ITCZ (intertropiska konvergenso-

nen) flyttades längre söderut när orbitala förändringar minskade solinstrålningen, vilket ledde till kallare somrar på norra halvklotet. Wanner *et al.* (2008) kan, i motsats till Mayewski *et al.* (2004), inte finna några bevis för RCC-events i sin studie.

Vattennivåfluktuationer i södra Sverige har undersökts av Digerfeldt (1988). Artikeln rör främst Bysjön i centrala Skåne men sammanställer även data från andra sydsvenska sjöar som författaren undersökt. Rekonstruktionen av vattennivån är baserad på sjövegetation (pollen och makrofossil), sedimentstratigrafi och sedimentationsgränsen för sjösediment vid strandkanten. Låg sedimentationsgräns för Bysjön sammanfaller med låga vattennivåer i tidigare studerade sjöar. Digerfeldt (1988) använder sig av okalibrerade ^{14}C -år (BP) eftersom kalibrering av ^{14}C -åldrar (till kalenderår före 1950 = cal BP) inte var möjlig för hela Holocen vid tidpunkten för publicering. Hammarlund *et al.* (2003) har dock senare kalibrerat åldrarna i Digerfeldts (1988) artikel (Figur 6). De kalibrerade åldrarna kom-



Figur 5. Figuren sammanställer data från ett stort antal undersökningar från norra halvklotet. Det viktiga i figuren är de gröna fält som visar de RCC (Rapid Climate Change)-event som Mayewski *et al.* (2004) beskriver. De två RCC-event som sammanfaller med trädförekomsten på Viss mosse är de två mittersta, 4 200 – 3 800 och 3 500 – 2 500 år sedan. Figur modifierad från Mayewski *et al.* (2004)

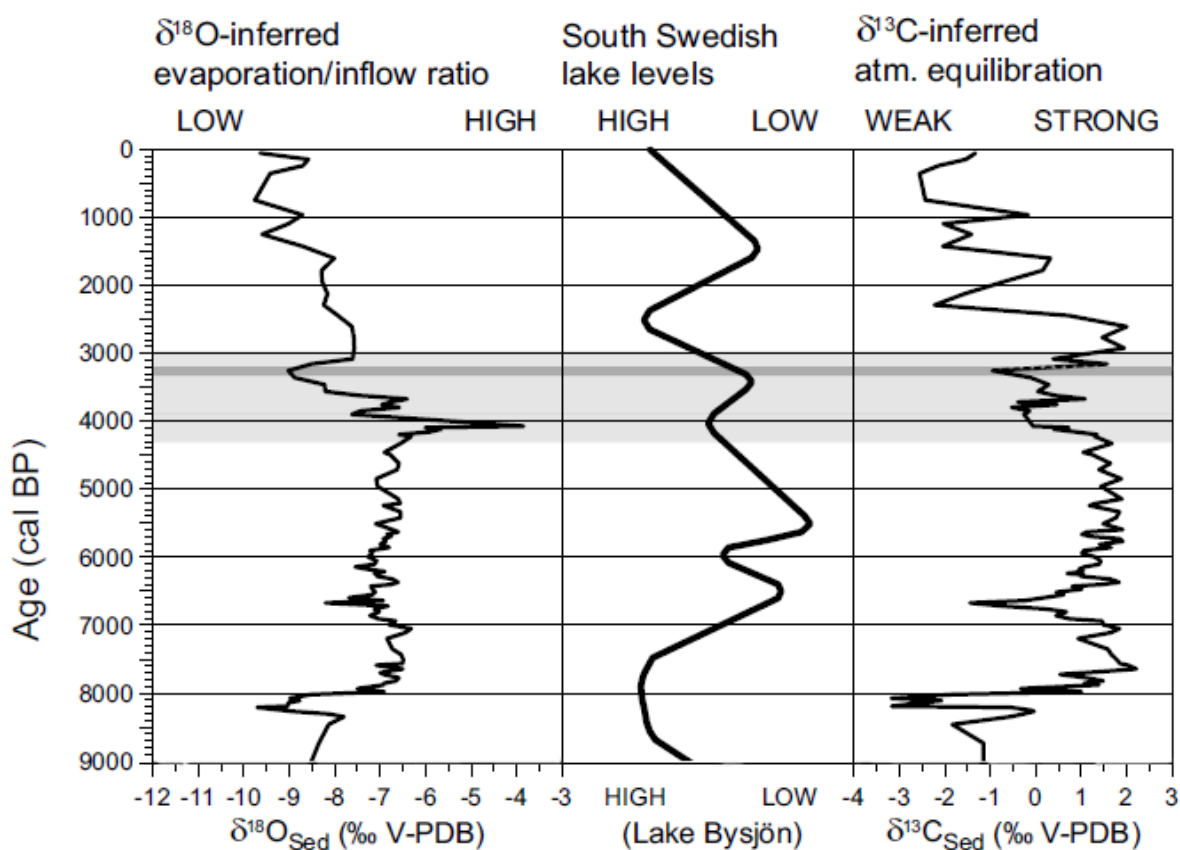
mer att användas i den vidare diskussionen för tydligare presentation.

Sedimentationsgränsen 5 000 – 3 000 BP (6 000 – 3 400 cal BP efter Hammarlund *et al.* (2003)) är relativt sett låg men fluktuerar, vilket indikerar en serie av höjningar och sänkningar av vattennivån i Bysjön. Figur 6 visar att den mest markanta vattennivåminskningen skedde 4 900 – 4 500 BP (5 600 – 5 300 cal BP). Därefter skedde en återhämtning av vattennivån fram till cirka 3 600 BP (4 000 cal BP). Den andra, inte lika stora, vattennivåsänkningen skedde vid cirka 3 200 BP (3 400 cal BP). Efter 3 000 BP (3 200 cal BP) steg vattennivån i sjöarna igen. I Bysjön kulminerade höjningen kring 2 600 – 2 300 BP (2 900 – 2 400 cal BP). Digerfeldt (1988) påpekar att det inte kan finnas någon annan förklaring än klimatiska variationer till vattenståndsfuktuationerna i Bysjön och de andra studerade sjöarna.

Dessa stadier av vattenståndssänkningar återfinns inte i studerade sjöar kring Medelhavet (Harrison & Digerfeldt 1993), men finns dokumenterade från sjöar belägna i Jurabergen och nordvästra Alperna (Magny 2004). Den latitudinella skillnaden mellan de

studerade områdena är stor, vilket troligen innebär att de klimatiska förändringar som gett upphov till de lägre vattenstånden i Bysjön och andra platser i norra och mellersta Europa (Barnekow 2000; Hammarlund *et al.* 2003; Magny 2004; Eckstein *et al.* 2010) inte visar sig på samma sätt kring Medelhavet.

Karbonater, funna i bottensediment från Igel-sjön, södra Sverige, har studerats av Hammarlund *et al.* (2003). Analys av förhållandet mellan isotoperna ^{18}O och ^{16}O ($\delta^{18}\text{O}$) ger en indirekt bild av vattenståndet i sjön över tid. Från cirka 4 000 cal BP sjunker $\delta^{18}\text{O}$ -värdet snabbt efter en längre tid med stabila värden. Den snabba minskningen beror på ökad nederbörd som visade sig i stigande grundvattennivåer, expanderande sjövolym och minskad kvot mellan evapotranspiration och tillrinning. Även $\delta^{13}\text{C}$ -isotopdata visar på denna klimatiska förändring. Hammarlund *et al.* (2003) knyter sina isotopdata till Digerfeldts (1988) arbete om Bysjöns vattenstånd, där både $\delta^{18}\text{O}$ -kurvan och $\delta^{13}\text{C}$ -kurvan svarar mot Bysjöns vattenståndsförändringar. Som nämndes ovan, kalibrerade Hammarlund *et al.* (2003) ^{14}C -åldrarna i Digerfeldts (1988) studie för att göra dem jämförbara med sina egna resultat (Figur 6).



Figur 6. Kurvan i mitten visar relativa vattenståndsfuktuationer i Bysjön (Sverige) enligt Digerfeldt (1988) men plottad mot en tidsskala med kalibrerade åldrar. Kurvan för $\delta^{13}\text{C}$ i karbonater från Igel-sjön (Västergötland) följer i stora drag kurvan från Bysjön genom Holocen där låga vattenstånd visar sig i höga $\delta^{13}\text{C}$ -värden. $\delta^{18}\text{O}$ -värdena i karbonater från Igel-sjön sjunker efter 4 000 cal BP, vilket tyder på ökad nederbörd, samtidigt som vattenståndskurvan från Bysjön visar på en allt högre vattennivå. Det ljusst skuggade området visar den period med ökad torvtillväxt som Korhola (1995) påvisar och de wet shift-händelser som är detekterade på de brittiska öarna (Anderson *et al.* 1998; Hughes *et al.* 2000). Det mörkt skuggade strecket visar trädens död på Viss mosse. Jessen *et al.* (2005) har senare justerat åldrarna i figuren från Hammarlund *et al.* (2003). Figuren är omarbetad från Hammarlund *et al.* (2003).

Jessen *et al.* (2005) följer upp resultaten från Igelsjön (Hammarlund *et al.* 2003) och lyckas datera $\delta^{18}\text{O}$ -minskningens början noggrannare till cirka 4 400 cal BP med hjälp av ett antal nya sedimentprover från samma sjö. En minskning av hasselpollen cirka 4 000 cal BP kan korreleras till låga $\delta^{18}\text{O}$ -värden och utgör en oberoende indikator på ett kallare och eventuellt våtare klimat. Proxy-data visar att klimatet stabiliserades igen kring 3 400 cal BP efter cirka 1 000 år av instabila förhållanden. Stabiliseringen skedde när vattennivån var hög i Igelsjön och den stabila period som sedan följde var kallare och våtare än den stabila perioden före 4 400 cal BP.

Pollendata från sjön Flarken, Västergötland, visar på förekomst av alm, lind och ek, som indikerar på höga sommartemperaturer fram till cirka 4 000 BP (ca 4 400 cal BP enligt Hammarlund *et al.* (2003)). Dessa arter försvinner sedan mer eller mindre ur proverna, där istället björk och gran tar mer plats (Digerfeldt 1977).

Flarken har även varit föremål för en senare studie av Seppä *et al.* (2005). Studien baseras på pollenanalys som har använts till att rekonstruera temperaturförändringar under Holocen. Minskat antal pollen av ek och hassel, och ökat antal av tall och björk, cirka 4 300 cal BP tyder på en temperaturminskning på cirka 1 °C över kort tid. Upphörandet av de anticyklona förhållanden som rådde före 4 300 cal BP tros vara orsaken till temperaturminskningen. Temperaturförändringskurvan från Flarken svarar dessutom mot $\delta^{18}\text{O}$ -kurvan från Igelsjön (Hammarlund *et al.* 2003), som är belägen cirka 10 km från Flarken (Figur 6).

Sex sjöar i Torneträsk-området, norra Sverige, har undersökts av Barnekow (2000). Studien beskriver lokal vegetationshistorik med hjälp av pollendata och makrofossil. I en av sjöarna, Njullasjön (999 m.ö.h.), indikerar makrofossilfynd på förekomst av fjällbjörk. Barnekow konstaterar att trädgränsen för fjällbjörk var cirka 300 – 400 meter högre 7 500 – 4 500 cal BP jämfört med i dag. Detta tyder på att sommartemperaturen var cirka 1,5 – 2 °C högre under denna period än i dag. I pollendata från Pikkujärvisjön (625 m.ö.h.) försvinner tall cirka 4 500 cal BP, en första indikation på lägre trädgräns för denna art. Orsaken till detta var troligen inte bara sänkt sommartemperatur utan också ökad nederbörd.

4.1.2 Torvtillväxt

Korhola (1995) har undersökt tillväxtperioder för ett antal mossar i södra Finland. ^{14}C -dateringar från botten av mosstratigrafierna visar på två perioder med ökad torvtillväxt, 8 000 – 7 300 cal BP och 4 300 – 3 000 cal BP. Den senare perioden, framförallt dess senare del, verkar ha varit den mest intensiva för torvtillväxt, sett både till nybildning av mossar och lateral spridning av redan existerande mossar. Korhola kopplar sedan den andra tillväxtperioden till Bysjöns vattennivåfluktuationer (Digerfeldt 1988). Tillväxten hos mossarna svarar mot vattennivåhöjningen i Bysjön efter 3 400 cal BP (Figur 6).

En sammanställning av ett större antal undersökta mossar i centrala och norra Sverige presenteras av Rundgren (2008). Sammanställningen visar ingen tydlig ökning i torvtillväxt kring 4 300 – 3 000 cal BP liknande den i finska mossar (Korhola 1995). Rundgren (2008) konstaterar däremot att humifieringsgraden hos *Sphagnum*-torv indikerar våtare förhållanden de senaste 4 000 åren. Återigen knyts detta till Bysjöns (Digerfeldt 1988) och Igelsjöns (Hammarlund *et al.* 2003) vattenståndsfluktuationer.

Rundgren (2008) har även undersökt förekomsten av så kallade wet shifts i torvstratigrafierna från norra och centrala Sverige baserat på förändringar i humifieringsgrad i *Sphagnum*-torv. Den största wet shift-händelsen sker cirka 3 300 cal BP (Figur 6). Denna händelse stämmer överens med en av Granlunds (1932) rekurrensytor. En rekurrensyta är en horisont i en torvsekvens där det plötsligt slår om från hög till låg humifieringsgrad. Granlund hittade på 1930-talet fem synkrona rekurrensytor i ett stort antal torvmarker i södra Sverige som han kopplade till omslag från en torrare till våtare miljö. Senare forskning har dock visat att rekurrensytorna inte alltid var påtagligt synkrona mellan de olika torvmarkerna (Rundgren 2008).

Hughes *et al.* (2000) undersökte wet shifts i fyra mossar utanför Carlisle på de brittiska öarna. Resultatet från tre av mossarna tyder på ett wet shift mellan 3 600 – 3 300 cal BP i området. I Skottland har en wet shift-händelse daterats till 3 900 – 3 500 cal BP med hjälp av data från ett flertal torvmarker (Anderson *et al.* 1998).

Rundgren (2008) har även beräknat torvens genomsnittliga ackumulationshastighet i de undersökta mossarna i norra och centrala Sverige. Genomsnittet ligger på 0,36 mm per år sett över de senaste 10 000 åren, dock är siffran något högre söderut i det studerade området med en ackumulationshastighet på 0,5 mm per år. Ackumulationshastigheten ökar även generellt framåt i tiden. *Sphagnum*-torv, vilken är typisk för högmossar, uppvisar en något högre ackumulationshastighet jämfört med starrtorv, som finns främst i kärrmiljöer. Ackumulationshastigheter från värmländska mossar är fullt jämförbara med värden på cirka 0,6 till 0,8 mm per år (Borgmark & Wastegård 2008).

4.1.3 Trädförekomst på torvmarker

Leuschner *et al.* (2002) har sammanställt data för ett stort antal ekträd (cirka 2 600 stycken) på 197 mossar i Tyskland, Holland och på Irland. Träden har daterats med dendrokronologi, vilket har gett en bild av under vilka tidsperioder ekträd har växt på mossarna. En tydlig variation i antalet ekträd på mossarna kan ses över tid (Figur 7).

Begravda trädstammar från tall och ek har också undersökts på en mosse i nordvästra Tyskland, nära den holländska gränsen, av Eckstein *et al.* (2010). Författarna drar slutsatsen att vattennivåförändringar är den främsta tillväxtreglerande faktorn för träd på

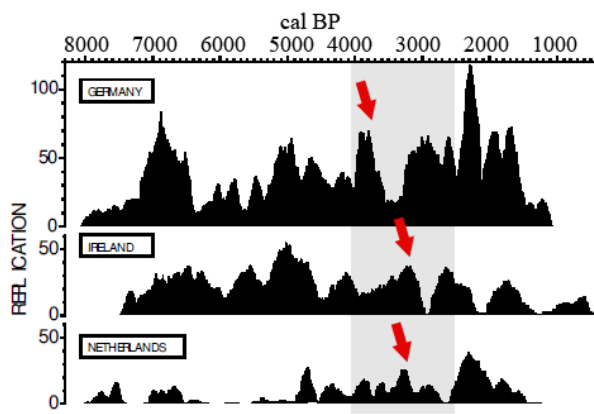
mossar och att grundvattenfluktuationer kan kopplas till etablering och degenerering av träden. Enligt de dendrokronologiska dateringarna dör de undersökta träden plötsligt ut strax innan 4 100 cal BP. Träd som vuxit på mossens lägre delar dör ut före de träd som levt på de högre delarna av mossen enligt dateringarna. Detta visar tydligt att en stigande vattennivå var den faktor som orsakade detta utdöende. De välbevarade stammarna tyder på en snabb tillväxt av *Sphagnum*-torv som en följd av en högre vattennivå. Rotdjupet hos tallar från de lägre delarna av mossen indikerar en vattennivåhöjning på minst 40 cm mellan cirka 4 270 och 4 180 cal BP.

Resultaten överensstämmer med Gunnarsons (2008) studie av vattenståndsförändringar i några sjöar väster om Östersund i centrala Sverige. Vattenstånds-förändringarna är baserade på utbredningen av tall i området. Gunnarson (2008) redogör för ett antal korta intervall med höga och låga vattenstånd cirka 5 000 – 3 000 år sedan som grovt kan kopplas till Bysjöns låga vattenstånd (Digerfeldt 1988).

4.2 Resultat av egen undersökning

4.2.1 Torvstratigrafi

De fyra borrhämnarna beskrevs och delades in efter torvtyp och humifieringsgrad. Två av borrhämnarna kommer från samma borrhämn, VB1, och innehåller således en längre stratigrafisk sekvens (Figur 8). VB1a och VB1b var ursprungligen 1 m långa vardera. De två borrhämnarna kopplades sedan ihop stratigrafiskt vid 104,5 cm i VB1a, där ett lager *vaginatum*-torv (torv dominerad av tuvull, *Eriophorum vaginatum*) med starr har sin övre gräns. Därför är borrhämnarna i Figur 8 kortare än 1 m. Alla djup i VB1b är korrelerade till djupen i VB1a och hopkopplingen vid 104,5 cm.



Figur 7. Figuren visar på tillväxten av ekträd på mossar i Tyskland, Holland och på Irland. Figuren är baserad på dendrokronologi där antalet träd som levt under ett år på mossen har adderats ihop. Det skuggade området visar den relevanta tidsperioden. Det syns en markant nedgång i ekbestånden 3 700 cal BP i Tyskland och vid 3 200 cal BP i Holland och på Irland, som de röda pilarna visar. Figur redigerad från Leuschner *et al.* (2002).

VB2 och VB3 sträcker sig ner till den minerogena botten under mossen (Figur 9). VB1 delades in i 15 lager medan VB2 och VB3 delades in i vardera fyra lager (Tabell 1, Tabell 2 och Tabell 3). I lövkärrtorven med starr påträffades rikligt med välbevarade vedbitar i alla tre borrhämnarna.

4.2.2 Glödförlust

Variationerna i glödförlust användes för att koppla ihop analysresultaten från VB1a och VB1b (Figur 10). I hopkopplingen gjordes i VB1a vid 92 cm, där kurvorna för VB1a och VB1b har en tydlig lågpunkt. Notera att hopkopplingspunkten för glödförlust och bulkdensiteter skiljer sig från den hopkopplingspunkt som använts vid den torvstratigrafiska beskrivningen. Nedåt i stratigrafin, under ihopkopplingspunkten, följs kurvorna inte helt åt, men detta kan förklaras med att värdena för VB1a kommer från slutet på borrhämn där materialet är förhållandevis löst och därmed svårare att provta, vilket kan ge upphov till värden som inte är representativa. Dessutom kan lagren i stratigrafin lita något, vilket observerades i fält.

Glödförlustvärdena är generellt sett lägre i de nedre delarna av VB1, med en trend mot högre värden uppåt (Figur 11). Vid övergången till *vaginatum*-torv stiger glödförlustvärdena markant. I starrvitmosstorven och *Sphagnum*-torven stabiliseras värdena kring 98 %. Glödförlustvärdena är högre i de delar av den övre borrhämn där humifieringsgraden är låg.

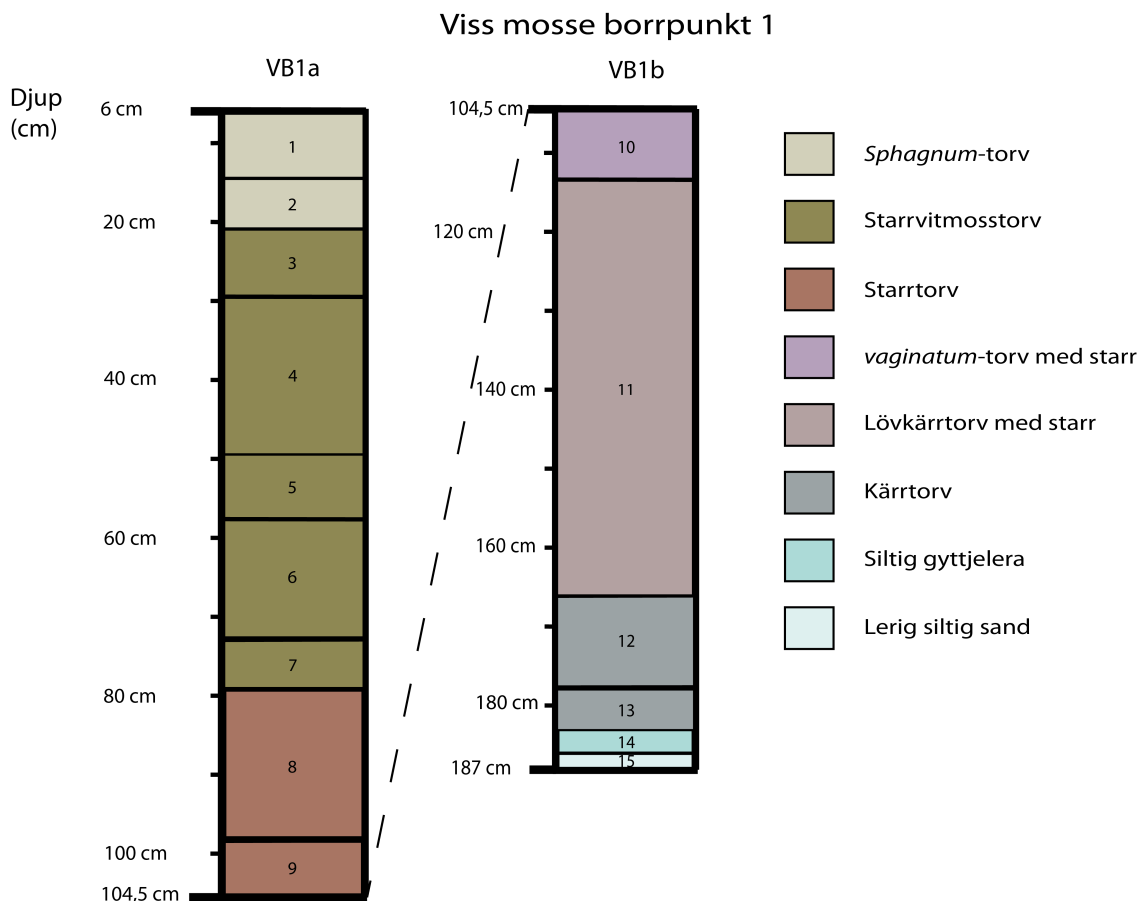
VB2 uppvisar en trend med högre glödförlustvärden uppåt i borrhämn (Figur 12). Det låga värdet vid 25 cm sammanfaller med en vedbit i provet. För VB3 finns också en trend mot högre glödförlustvärden (Figur 12). Låga värden vid 20 cm sammanfaller med en vedbit i provet.

4.2.3 Torr bulkdensitet

Värdena för torr bulkdensitet uppvisar ett samband med torvtyp i borrhämnarna. Extremt höga värden i botten av borrhämnarna hänger samman med den höga halten minerogent material. Den torra bulkdensiteten för VB1 är generellt sett högre i de nedre delarna av borrhämn (Figur 11). De toppar som finns vid 160 cm, 150 cm, 140 cm, 135 cm och 122 cm sammanfaller med vedbitar i proverna.

Överst i *vaginatum*-torven finns en kraftig lågpunkt i kurvan där den torra bulkdensiteten endast är 0,05 g/cm³. Värdena för den torra bulkdensiteten sjunker generellt och är mindre variabla jämfört med lövkärrtorven när borrhämn övergår i starrvitmosstorv och *Sphagnum*-torv. Här ger kurvan även utslag för humifieringsgraden.

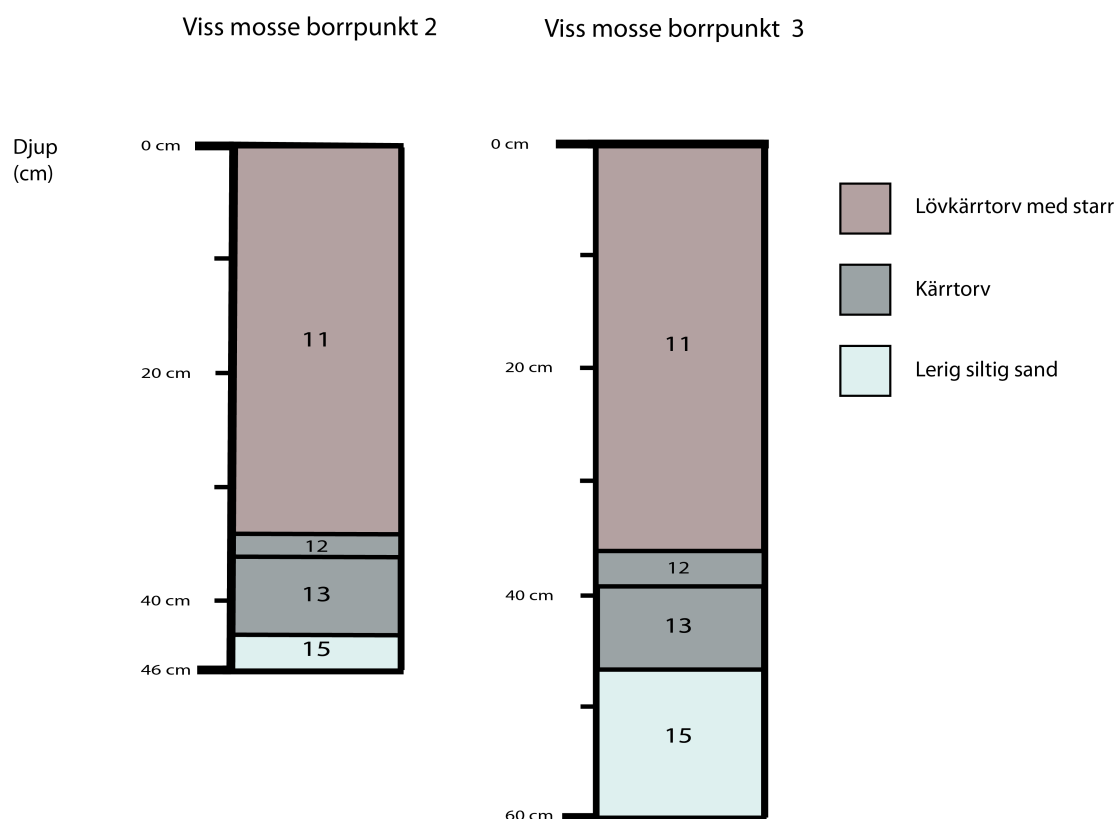
Låghumifierade lager har en lägre torr bulkdensitet. För VB2 sjunker den torra bulkdensiteten uppåt (Figur 12). VB3 uppvisar ingen trend mot lägre eller högre torr bulkdensitet ovanför det minerogena materialet i botten (Figur 12). De toppar i torr bulkdensitet som finns sammanfaller också i VB2 och VB3 med vedbitar i proverna.



Figur 8. Figuren visar torvstratigrafien från VB1a och VB1b efter korrelation vid 104,5 cm. Observera därför att överlappande lager i respektive borrhäna ej visas. Lagren beskrivs mer ingående i Tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av stratigrafien i VB1 med kommentarer. Ingen humifieringsgrad anges för lager 14 och 15 eftersom dessa domineras av minerogent material.

Lager	Djup (cm)	Beskrivning	Humifieringsgrad	Kommentarer
1	6 – 14	<i>Sphagnum</i> -torv	Medel	
2	14 – 20,5	<i>Sphagnum</i> -torv	Låg	
3	20,5 – 29	Starrvitmosstorv	Medel	
4	29 – 49	Starrvitmosstorv	Låg	
5	49 – 57	Starrvitmosstorv	Medel	
6	57 – 72	Starrvitmosstorv	Låg	<i>E. vaginatum</i> vid 62 cm
7	72 – 78	Starrvitmosstorv	Medel	
8	78 – 97	Starrtorv	Medel	
9	97 – 104,5	Starrtorv med brunmossor	Medel	
10	104,5 – 113,5	<i>vaginatum</i> -torv med starr	Medel	
11	113,5 – 165,5	Lövkärrtorv med starr	Medel	Veden välbevarad
12	165,5 – 177	Kärrtorv	Hög	Enstaka vedfragment
13	177 – 182	Siltig kärrtorv	Hög	Enstaka vedfragment
14	182 – 185	Siltig gyttjelera		Organiska stråk
15	185 – 187	Lerig siltig sand		Svagt organisk



Figur 9. Figuren visar torvstratigrafien från VB2 och VB3. Lagren beskrivs mer ingående i Tabell 2 och Tabell 3.

Tabell 2. Beskrivning av stratigrafien i VB2 med kommentarer. Ingen humifieringsgrad anges för lager 4 eftersom detta dominerar av minerogent material.

Lager	Djup (cm)	Beskrivning	Humifieringsgrad	Kommentarer
11	0 – 34	Lövkärrtorv med starr	Medel	Veden välbevarad
12	34 – 36	Kärrtorv	Hög	Enstaka vedfragment
13	36 – 43	Siltig kärrtorv	Hög	Enstaka vedfragment
15	43 – 46	Lerig siltig sand		Svagt organisk

Tabell 3. Beskrivning av stratigrafien i VB3 med kommentarer. Ingen humifieringsgrad anges för lager 4 eftersom detta dominerar av minerogent material.

Lager	Djup (cm)	Beskrivning	Humifieringsgrad	Kommentarer
11	0 – 37,5	Lövkärrtorv med starr	Medel	Veden välbevarad
12	37,5 – 40	Kärrtorv	Hög	Enstaka vedfragment
13	40 – 48	Siltig kärrtorv	Hög	Enstaka vedfragment
15	48 – 60	Lerig siltig sand		Svagt organisk

4.2.4 Organisk bulkdensitet

Då den organiska bulkdensiteten bygger på värden från torr bulkdensitet är kurvorna likartade. De extrema värdena i botten är dock låga för organisk bulkdensitet jämfört med de höga värdena torr bulkden-

sitet uppvisar i samma intervall. För VB1 är värdena för organisk bulkdensitet högre i lövkärrtorven med en trend mot lägre värden i starrvitmosstorv och *Sphagnum*-torv, där variationerna följer humifieringsgraden (Figur 11). Minimivärdet vid *vaginatum*-torvens över-

kant syns även i organisk bulkdensitet. VB2 uppvisar en trend mot lägre organisk bulkdensitet uppåt i kurvan. Toppar vid 11 cm, 25 cm och 35 cm sammanfaller med vedbitar i proverna (Figur 12). VB3 uppvisar ingen generell trend. Det långsträckta maximat vid 45 cm sammanfaller med en väldigt kompakt sektion (Figur 12). Toppen vid 8 cm sammanfaller med ved i proverna.

4.2.5 Avvägning

VB1 ligger på en av de höjdryggar i torvtäkten där det tidigare gått järnvägsräls (Figur 3 och Figur 13). Alstammen vid VB1 har en diameter på 40 cm. Även bokstammarna vid VB2 och VB3 har en diameter på cirka 40 cm. Torvtytan, som den har lämnats efter täktverksamheten, sluttar svagt nedåt med cirka 35 cm i nordlig riktning från VB3 till VB1 (Figur 3 och Tabell 4).

5 Diskussion

5.1 Klimatisk utveckling

Forskarvärlden verkar i stora drag vara samstämmig vad gäller den klimatiska utvecklingen kring 5 000 – 2 500 år sedan. Den klimatiska förändringen efter det Holocena klimatoptimat för cirka 6 000 år sedan, då det var minst 2 grader varmare än idag (Andréasson 2006), har kunnat rekonstrueras lokalt, regionalt och globalt. I de studerade artiklarna har olika klimatarkiv och proxy-metoder använts vid klimatrekonstruktioner, alltifrån isborrkärnor från glaciärer (Mayewski *et al.* 2004) till isotopdata från Igelsjön i Sverige (Hammarlund *et al.* 2003). Den diskussion av den regionala klimatutvecklingen som presenteras här baseras främst på syntesartiklarna av Mayewski *et al.* (2004) och Wanner *et al.* (2008). Resultaten från ett flertal andra artiklar som har studerat en specifik sjö, torvmark eller glaciär kan främst knytas till artikeln av Mayewski *et al.* (2004).

I artikeln av Mayewski *et al.* (2004) pekas sex stycken RCC-events ut, där klimatet förändras snabbt. Det är främst den snabba klimatförändringen cirka 3 500 – 2 500 cal BP som är intressant för examensarbetet. Orsaken till den snabba klimatförändringen sägs vara minskad solaktivitet, som visar sig i höga $\Delta^{14}\text{C}$ -värden. Dessa solaktivitetsförändringar sker över århundraden. Wanner *et al.* (2008) diskuterar även de solinstrålningsförändringar som beror på jordens orbitala cykler.

Sommarsolinstrålningen har minskat medan vintersolinstrålningen har ökat för norra halvklotet de senaste 10 000 åren (Ruddiman 2001). Detta har minskat säsongsvariationerna på det norra halvklotet, med något mildare somrar och varmare vintrar som följd sett över lång tid. Dessa orbitala förändringar sker dock över årtusenden och kan knappast ge upphov till de snabba klimatförändringar som Mayewski *et al.* (2004) diskuterar.

Charman (2010) har sammanställt klimatutvecklingen på de brittiska öarna. Författaren fastslår att orbitala solinstrålningsförändringar inte har utlöst de snabba klimatskiften som sker under Holocen.

Den snabba klimatförändringen för 3 500 – 2 500 år sedan visar sig i sänkt temperatur, ökad nederbörd och ökade västvindar. Charman (2010) visar i sin studie från Storbritannien att det är främst nederbördsförändringar som har gett utslag under senare delen av Holocen medan temperaturförändringar har varit små och inte lika betydelsefulla för klimatiska omslag. Nederbörden över nordvästra Europa beror främst på fuktiga vindar från Atlanten. Är västvinden mer dominant ökar också nederbörden över Storbritannien och Skandinavien. Ökade västvindar kan tyda på en trend mot mer positiv NAO (nordatlantiska oscillationen).

NAO är det dominerande atmosfäriska fenomenet över Atlanten och Europa vintertid (Wang *et al.* 2011). NAO är definierad som lufttryckskillnaden mellan Azorerna (högtryck) och Island (lågtryck). Stora tryckskillnader ger upphov till en mer positiv NAO, som medför förstärkt västvind över norra halvklotets mellanbreddgrader med milda och nederbördsrika vintrar som följd. En stark västvind håller även kalla och torra vindar från Sibirien borta från nordvästra Europa. Wanner *et al.* (2008) påvisar dock en trend mot mer negativ NAO de senaste 6 000 åren, vilket motsäger att den ökade nederbörden var en följd av NAO-förändringar.

Förändringar i temperatur och nederbörd kan påverka och förstärka varandra och förändra klimatet genom så kallade feedback-mekanismer. Att sommartemperaturen blir lägre när nederbörden under vintern ökar är ett exempel på en sådan feedback-mekanism. Den uppbyggda fuktigheten i marken försvagar uppvärmningen av luften under sommartid.

Digerfeldts (1988) studie av Bysjöns vattenståndsfuktuationer är ett av de mer välciterade verken bland de studerade artiklarna. Rekonstruktionen byg-

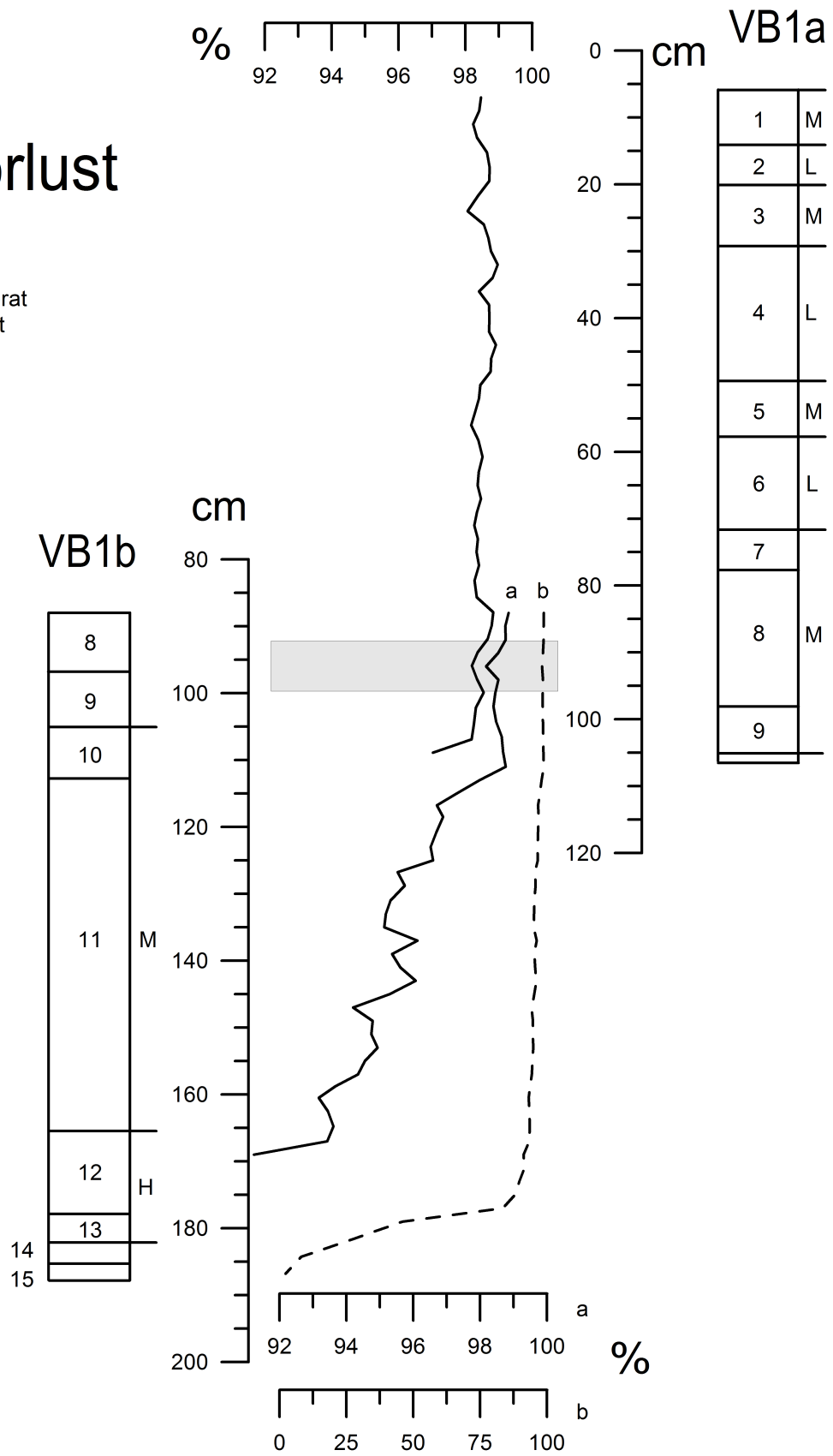
Tabell 4. Tabellen visar den relativa höjdskillnaden mellan borrhöjden och alstammen. Jämför med Figur 3.

Avvägda punkter	Höjd över undersidan av alstammen i diket vid VB1 (cm)
Höjdryggen vid VB1	140
Täktad torvmarkyta vid alstammen	40
Undersidan av bokstammen i VB2	20
Undersidan av bokstammen i VB3	35

VB1

Glödförlust

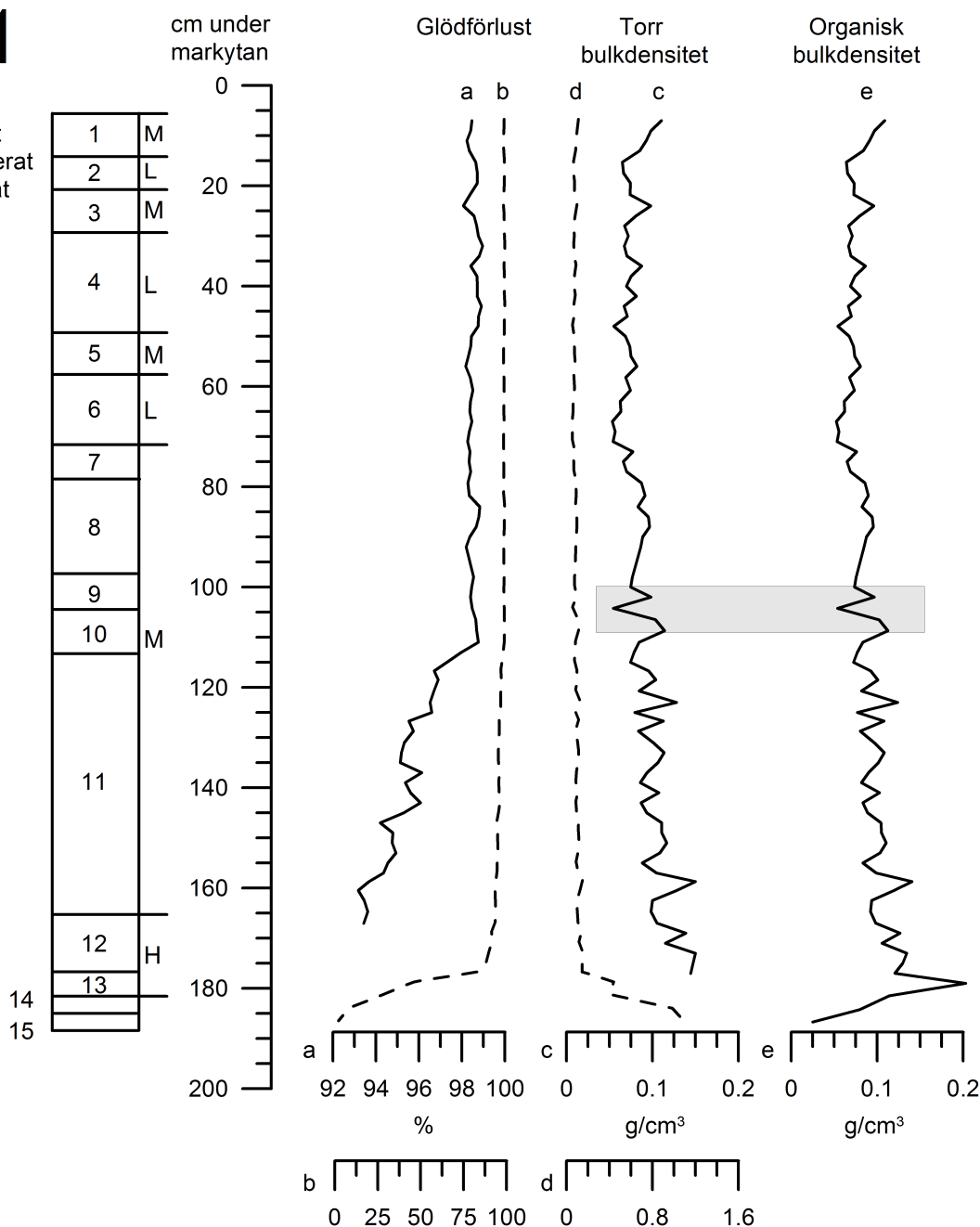
L= Låghumifierat
M= Medelhumifierat
H= Höghumifierat



Figur 10. Hopkoppling av borrkärnorna VB1a och VB1b gjordes utifrån resultaten för glödförlust för att få en sammanhängande kurva (jämför med Figur 11). Lågpunkten vid 92 cm i VB1a och 96 cm i VB1b användes som kopplingspunkt (det skuggade området). Jämför med numreringen på borrkärnorna med Tabell 1.

VB1

L= Låghumifierat
M= Medelhumifierat
H= Höghumifierat



Figur 11. Figuren visar resultaten av de analyser som gjordes i VB1. Det finns två kurvor för glödförlust och torr bulkdensitet. Kurva a och c visar högupplösta värden som tydligt presenterar skiftningar i resultaten. Den högupplösta kurvorna utelämnar dock värden för den mer minerogent påverkade botten av borkkärnorna, varför en lågupplöst version av resultatkurvorna också visas (kurva b och d). Det skuggade området visar den tydliga lågpunkten vid 105 cm. Jämför numreringen på borkkärnorna med Tabell 1.

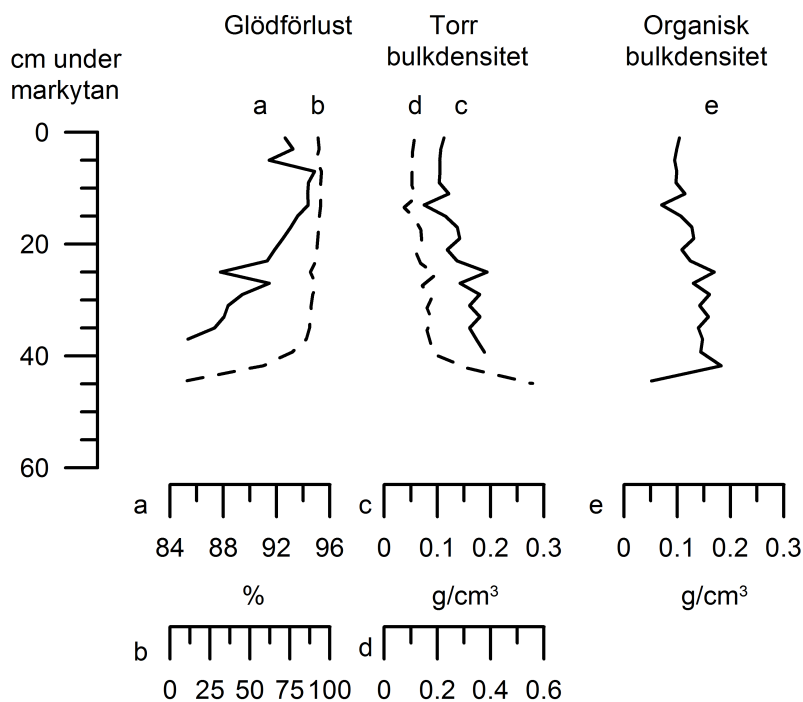
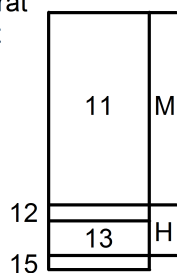
ger både på studier av pollen och makrofossil, sedimentstratigrafi och sedimentationsgränser. Sammanlagt ger dessa proxy-data en bra bild av de fluktuationer som har skett under Holocen. Vid väldigt lokala studier, som vattenståndsstudier får anses vara, kan pollendata inte anses vara så pålitliga som sedimentbaserade data såvida dessa datatyper inte kan korreleras på ett säkert sätt. Digerfeldt (1988) kommer fram till att vattenståndet sjunker och är relativt lågt cirka 6 000 – 3 400 cal BP (Figur 6). RCC-eventet

(3 500 – 2 500 cal BP) beskrivet av Mayewski *et al.* (2004) sker i slutet av perioden med lågt vattenstånd i Bysjön. Digerfeldt (1988) konstaterar själv att en kombination av ökad nederbörd och lägre temperaturer är orsaken till de rekonstruerade vattenståndsfluktuationerna.

Studier där slutsatser om vattenståndsförändringar har dragits finns bland annat från Torneträskområdet, nordvästra Tyskland och i Igelsjön i Västergötland. Förändringarna i dessa tre områden har alla

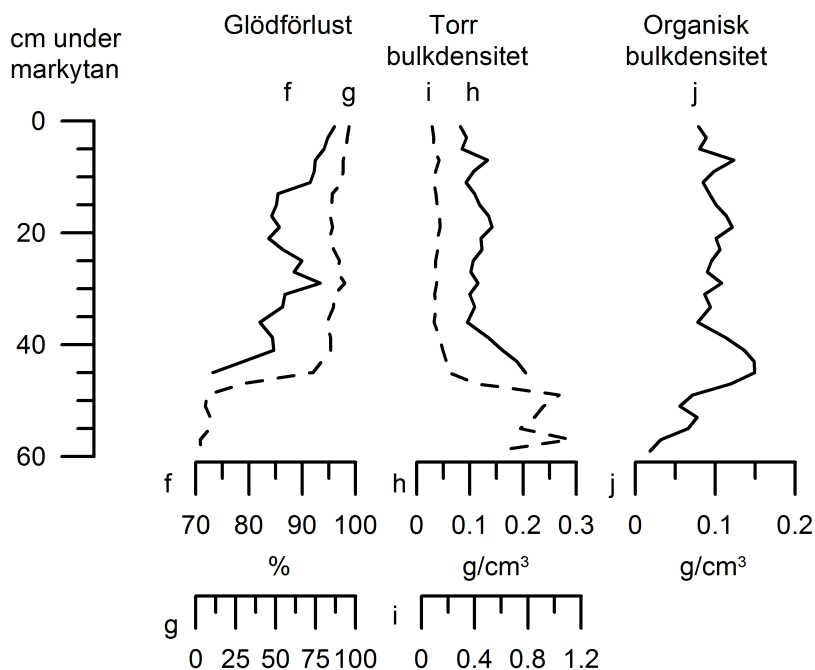
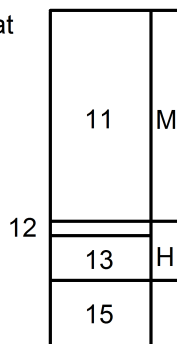
VB2

M= Medelhumifierat
H= Höghumifierat



VB3

M= Medelhumifierat
H= Höghumifierat



Figur 12. Figuren visar resultaten av de analyser som gjordes i VB2 och VB3. Det finns två kurvor för glödförlust och torr bulkdensitet. Kurva a, c, f och h visar högupplösta värden som tydligt presenterar de skiftningar i resultaten. Den högupplösta kurvorna utelämnar dock värden för den mer minerogent påverkade botten av borrhämnarna, varför en lågupplöst version av resultatkurvorna också visas (kurva b, d, g och i). Jämför numreringen på borrhämnarna med Tabell 2 och Tabell 3.

kopplats till Bysjöns vattenståndsfluktuationer. Studien i Torneträsk-området har använt trädgränsvariationer som klimatindikator. Trädgränsen bör vara ytterst beroende på temperatur. Dessa tre studier spänner över cirka 170 mil, vilket tydligt visar att de vattenståndsfluktuationer som skedde ungefär samtidigt kan förklaras med den storskaliga klimatförändringen

lanserad av Mayewski *et al.* (2004).

Studierna från Igelsjön visar på en snabb klimatisk förändring för cirka 4 400 - 4 000 år sedan och kan kopplas till RCC-eventet 4 200 - 3 800 cal BP beskrivet av Mayewski *et al.* (2004).

Vid höga vattenstånd frodas torvmarker. Studier på mosstillväxt från södra Finland visar på en



Figur 13. Fotot visar den dendrokronologiskt provtagna alstammen vid VB1, diket och den lodräta höjdryggsväggen. Borrkärnorna från VB1 är tagna cirka en meter från diket uppe på den höjdrygg. (Foto: Anton Hansson 2011)

ökad tillväxt av både nya och redan existerande mossar vid tiden för de klimatiska förändringarna diskuterade ovan. Wet shift-händelser, som syns i mossar i Sverige (Rundgren 2008) och Storbritannien (Anderson *et al.* 1998; Hughes *et al.* 2000) vid samma tid, indikerar ett snabbt omslag till en fuktigare miljö i mossarna som leder till ökad torvtillväxt.

Data från pollen, stabila isotoper, torvstratigrafi och glaciärtillväxt visar samstämmigt på en klimatförändring någonstans kring 3 500 cal BP (Digerfeldt 1988; Hammarlund *et al.* 2003; Mayewski *et al.* 2004). Att förändringen går att belägga med ett antal oberoende metoder från olika delar av Europa säkerställer att det faktiskt skett en regional klimatförändring. De temperatur- och nederbördsförändringar som skedde har i sin tur påverkat vattenståndet i sjöar och torvmarker.

Sammanfattningsvis är den klimatiska utvecklingen under Holocen relativt välkänd med ett stort antal studier från många olika klimatarkiv. Vad som var de bakomliggande orsakerna till klimatförändringarna är dock mer omstritt. Minskad solaktivitet är en gångbar teori för sänkt medeltemperatur på norra halvklotet som har lanserats i flera artiklar. Klimatsystemet är oerhört komplicerat med feedback-mekanismer etc., och att här fastslå exakt vad som föranledde de klimatförändringar som diskuterats ovan är mycket svårt.

5.2 Viss mosses utveckling och trädens död

Stratigrafin från Viss mosse ger en möjlig bild över miljöutvecklingen i området. Denna baseras på borrkärnan i VB1, eftersom den har den längsta sammanhängande stratigrafin (Figur 8). Det första riktigt organiska lagret är kärrtorv som överlagras övervägande minerogent material i botten av VB1. Sanden och gyttjeleran visar på att fyndplatsen legat under vatten vid någon tidpunkt sedan Weichsel-glacialen. Alggyttja saknas dock i VB1, och Vissjöns strandkant låg enligt rekonstruktionen cirka 400 m från borrpunk-

terna (Thelaus & Holmqvist 1994). Möjligen kan det finnas en lagerlucka mellan kärrtorven och den underliggande gyttjeleran. Åtminstone sanden längst ner i VB1 kan till och med vara senglacial. Dateringar av torven som skulle kunna bekräfta en lagerlucka saknas dock ännu. Lövkärrtorven i VB1 indikerar på en relativt torr plats väl över högsta vattenståndslinjen

Nästa lager i torvstratigrafin är mer svårtolkat. *Eriophorum vaginatum* (tuvull) kan växa i allt från väldigt fuktiga till väldigt torra förhållanden (Nilsson 1961). Fynden av starrester i *vaginatum*-torven kan dock ge en bättre bild av vattenståndsförhållandena. Enligt Nilsson (1961) växer tuvull och starrar tillsammans i den limniska eller telmatiska zonen, där marken åtminstone periodvis ligger under vatten. Vattenståndet i Viss mosse bör alltså ha stigit vid tiden för avsättningen av *vaginatum*-torvlagret. Det efterföljande starrtorvlagret indikerar på fortsatt relativt högt vattenstånd. Övergången till starrvitmosstorv tyder på att en utveckling från kärrmiljö till högmossmiljö har inletts.

Den underliggande moräntopografin i mossen är undulerande, med en höjd mellan mossens centrala delar och borrpunkterna. Ett högmoss stadium kan ha funnits i de centrala delarna av Viss mosse med en laggkärrliknande miljö i utkanterna där träd kan ha växt på småkullar i det undulerande landskapet. Den höjd, som finns mellan den dåtida högmossens centrala delar och borrpunkterna, kan ha gett skydd åt lövträden genom att hålla den fuktiga högmossmiljön borta. När mossen slutligen växt över höjden kan området där träden växte snabbt ha intagits av högmossen och gjort området så pass fuktigt att träd inte kunde leva på platsen. Vissjön växte igen och blev en högmosse cirka 4 000 år före lövträden levde på mossen (Edvardsson muntl.). En lateral tillväxt av högmossmiljön ut till borrpunktsområdet måste därför anses vara förklaringen till utvecklingen i den studerade delen av Viss mosse. Den beskrivna utvecklingen på Viss mosse, inkluderande lateral expansion av mossen, kan vara en naturlig process och behöver inte ha berott på någon klimatförändring då torvstratigrafin visar på en vanlig igenväxningslagerföljd och en lateral högmosseexpansion.

Det finns ännu inga dateringar på torven från Viss mosse, vilket gör att det är svårt att koppla förändringar i bulkdensiteter till en exakt ålder. De dateringar som finns är på trädstammarna som ligger i torvmarken. Men då trädstammarna har en diameter på cirka 40 cm och dessutom kan ha sjunkit ner i torven när eller efter att de föll är det svårt att med säkerhet knyta trädens ålder till ett specifikt torvlager.

Resultaten från bulkdensitet- och glödförlustanalyserna verkar till största delen bero på torvtyp. Toppar i bulkdensitetsvärden i lövkärrtorven sammanfaller med vedförekomst i proverna, vilket gör att det inte går att säga något om vattenståndsfluktuationer i det lagret. Vattenståndsfluktuationer kan bara fastslås i de övre delarna av VB1. *Sphagnum*-torvens Låghumifierade lager har en lägre torr och organisk bulk-

densitet. Låghumifierade lager tyder på ett högre vattenstånd, då tillgången på syre för nedbrytning har varit mindre än i de medelhumifierade lagren. Eftersom träden på Viss mosse dog innan *Sphagnum*-torven avsattes är de vattenståndsfluktuationer som registrerats där inte relevanta för arbetets frågeställningar.

Lågpunkten i de två typerna av bulkdensitet vid 105 cm tyder på en snabb vattenståndshöjning (Figur 11). Lågpunkten sammanfaller med den övre delen av *vaginatum*-lagret, som har tolkats som ett våtare stadium i mossens utveckling. Den organiska halten (glödförlusten) ökar markant vid övergången till *vaginatum*-torven i VB1, vilket kan bero på att lövkärrtorvmiljön är mer påverkad av tillrinning från omgivande marker och på så sätt har större tillförsel av minerogent material. En annan förklaring kan vara att förekomsten av ved i lövkärrtorven sänker den organiska halten då veden kan innehålla hårdare vävnad som inte försvinner vid förbränning. Då resultaten från både glödförlust och bulkdensiteter främst verkar bero på torvtyp och humifieringsgrad är resultaten från VB2 och VB3 ytterst svårtolkade då de i princip bara består av en torvtyp med en humifieringsgrad.

Den snabba vattenståndshöjning som de båda typerna av bulkdensitet visar på vid 105 cm kan mycket väl vara den händelse som tog död på träden på Viss mosse. Dateringen av den yngsta boken från Viss mosse, 3 200 cal BP, stämmer väl överens med de wet shift-händelser med snabb torvtillväxt som skedde för 3 300 år sedan i norra och centrala Sverige (Rundgren 2008) och på de brittiska öarna för 3 600 – 3 300 år sedan (Hughes *et al.* 2000). De relativt välbevarade stammarna tyder också på en snabb torvtillväxt som förhindrade nedbrytning. Wet shift-händelsen kan ha katalyserat tillväxten hos högmossen som då växt över den höjd som tidigare skyddat träden vid borrhöjningarna och sedan växt lateralt ut till borrhöjningarna. Som stöd för resonemanget påpekar Korhola (1995) att det skett en stor lateral tillväxt hos finska mossar vid perioden för wet shift-händelsen.

Svensson (1988) har studerat Store mosse i Småland. När *vaginatum*-torv avsattes i Store mosse försvann också de träd som växt på mossen. På Store mosse följs *vaginatum*-torven av en utveckling från kärr till mosse, likt den stratigrafiska utvecklingen som finns i Viss mosse.

Trädbestånd på mossar har undersökts på flera torvmarker i nordvästra Europa (Leuschner *et al.* 2002; Eckstein *et al.* 2010; Edvardsson *et al.* in press). Det finns ett flertal perioder under Holocen med stora trädbestånd på mossar. För 7 200 – 6 500 år sedan växte det till exempel mycket tall på Viss mosse (Edvardsson 2006; Edvardsson *et al.* in press). Denna period med tallar på mossen sammanfaller med det Holocena klimatoptimat.

Flera studier visar på generellt stora dödstal för mosseträd någonstans i intervallet 4 100 - 3 200 år sedan (Leuschner *et al.* 2002; Eckstein *et al.* 2010). Det överensstämmer med den datering som

finns för den yngsta boken på Viss mosse som är cirka 3 200 cal BP. Det är under denna period som de klimatiska förändringar med minskad temperatur och ökad nederbörd, som diskuteras ovan, skedde. Den ökade nederbörden påverkade vattenståndet i mossarna och indirekt även träden, som fick allt svårare att överleva på de fuktigare torvmarkerna. I Venner Moor i Tyskland har ett lager med *vaginatum*-torv kopplats till nyetablering av tallträd (Eckstein *et al.* 2010). Detta motsäger delvis resultaten i Viss mosse där *vaginatum*-torven sammanfaller med trädens död. Dock kan tillväxten av tall knytas till de ekträd som växte på Venner Moor. Då ekträden dog vid *vaginatum*-torvens avsättning öppnades landskapet upp och tallar fick en chans att få del av solljuset. Dock dog tallarna snart då *Sphagnum*-torv avsattes ovanpå *vaginatum*-torven.

Träd på torvmarken i Venner Moor i Tyskland dör ut något tidigare (ca 4 100 cal BP; Eckstein *et al.* 2010) än på Viss mosse (3 200 cal BP; Edvardsson muntl.) och på Irland (3 200 cal BP; Leuschner *et al.* 2002). Mayewski *et al.* (2004) diskuterar ett mindre RCC-event 4 200 – 3 800 cal BP och skotska mossar visar på en wet shift-händelse för 3 900 – 3 500 år sedan (Anderson *et al.* 1998). Dessa händelser kan kanske vara förklaringen till utdöendet i den tyska mossen.

Sammantaget kan det fastslås att vattenståndet är den faktor som i huvudsak reglerar förekomsten av träd på torvmarker. Att träd dör ut ungefär samtidigt på flera mossar runt om i Europa pekar på att det var en storskalig klimatförändring som låg bakom utdöendena. Att alla studerade mossar synkront skulle förändras utan någon klimatisk förändring är inte troligt.

6 Slutsatser

Det går inte att, med säkerhet, dra slutsatsen att lövträden på Viss mosse dog på grund av en klimatförändring enbart baserat på den torvstratigrafi och torvanalys som utförts. Viss mosses utveckling från kärr till högmosse är en naturlig process som inte behöver bero på någon klimatförändring. Om resultaten från Viss mosse sätts i relation till vad som är känt om klimatutvecklingen i nordvästra Europa under Holocen kan dock ett samband ses mellan en snabb klimatförändring vid den aktuella tiden och utvecklingen på Viss mosse.

- Det kan därför konstateras att den torvstratigrafiska utvecklingen på Viss mosse berodde på och/eller katalyserades av en snabb klimatförändring.
- Baserat på undersökningen av Viss mosses stratigrafi går det att fastslå att vattennivån höjdes ungefär samtidigt med att de daterade lövträden på mossen dog. Slutsatsen blir därför också att vattennivån i mossen var relativt låg när träden etablerades.
- De klimatförändringar i form av sänkta temperaturer och ökad nederbörd som skedde i nordvästra Europa cirka 3 500 - 3000 cal BP sam-

manfaller väl med dateringarna av lövträd på Viss mosse. Lövträdens utdöende på mossen orsakades troligen av denna klimatförändring som medförde lägre temperatur och ökad nederbörd.

7 Möjligheter till fortsatta studier

Torvstratigrafier från ostörda mossar skulle vara intressanta för vidare studier i ämnet eftersom mer fullständiga stratigrafier förhoppningsvis kan ge en bättre bild av klimatutvecklingen över ett längre tidsspänn. Precisa ¹⁴C-dateringar på olika lager i torven från Viss mosse, för att korrelera med de exakta dendrokronologiska dateringar som finns tillgängliga, är också ytterst intressanta för att verkligen fastställa sambanden mellan torvmarksutveckling och trädförekomst.

8 Tack

Ett stort tack till mina handledare Mats Rundgren och Johannes Edvardsson för god handledning, textgranskning, intressanta diskussioner och en härlig fält-dag. Tack till Ulla Kokfelt för hjälp med laboratoriearbetet och diskussion av resultaten och till Hans Linderson för resultatdiskussioner. Tack till Rolf Hall för hjälp med referenslistan. Till sist ett tack till Christine Åkesson för korrekturläsning.

9 Referenser

- Anderson, D.E., Binney, H.A. & Smith, M.A., 1998: Evidence for abrupt climatic change in northern Scotland between 3900 and 3 500 calendar years BP. *The Holocene* 8, 1, 97-103.
- Andréasson, P.G. (red), 2006: *Geobiosfären – en introduktion. Studentlitteratur*. 604 sidor.
- Barnekow, L., 2000: Holocene regional and local vegetation history and lake-level changes in the Torneträsk area, northern Sweden. *Journal of Paleolimnology* 23, 399-420.
- Björkman, L., 1997: The history of *Fagus* forest in southwestern Sweden during the last 1500 years. *The Holocene* 7, 4, 419-432.
- Borgmark, A. & Wastegård, S., 2008: Regional and local patterns of peat humification in three raised peat bogs in Värmland, south-central Sweden. *GFF* 130, 161-176.
- Chambers, F.M., Beilman, D.W. & Yu, Z., 2010-2011: Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat* 7, 1-10.
- Charman, D., 2002: *Peatlands and Environmental Change*. John Wiley & Sons. 301 sidor.
- Charman, D.J., 2010: Centennial climate variability in the British Isles during the mid-late Holocene. *Quaternary Science Reviews* 29, 1539-1554.
- Dahl, S.O. & Nesje, A., 1996: A new approach to calculating Holocene winter precipitation by combining glacier equilibrium-line altitudes and pine-tree limits: a case stud from Hardangerjokulen, central southern Norway. *The Holocene* 6, 4, 31-398.
- Digerfeldt, G., The Flandrian development of Lake Flarken. Regional vegetation history and palaeolimnology. *Department of Quaternary Geology, Lund University*. Report 13, 101 sidor
- Digerfeldt, G., 1988: Reconstruction and regional correlation of Holocene lake-level fluctuations in Lake Bysjön, South Sweden. *Boreas* 17, 165-182.
- Eckstein, J., Leuschner, H.H., Giesecke, T., Shumilovskikh, L. & Bauerochse, A., 2010: Dendroecological investigations at Venner Moor (northwest Germany) document climate-driven woodland dynamics and mire development in the period 2450-2050 BC. *The Holocene* 20, 2, 231-244.
- Edvardsson, J., 2006: Dendrokronologisk undersökning av tallbestånds etablering, tillväxtdynamik och degenerering orsakat av klimatrelaterade hydrologiska variationer på Viss mosse och Åbuamossen, Skåne, södra Sverige, 7300-3200 cal. BP. *Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet – Kvartärgeologi* 206, 28 sidor.
- Edvardsson, J., Leuschner, H.H., Linderson, H., Linderholm, H.W. & Hammarlund, D., South Swedish bog pines as indicators of Mid-Holocene climate variability. In press.
- Edvardsson, J., personlig kommunikation 2011.
- Granlund, E., 1932: De svenska högmossarnas geologi. *Sveriges Geologiska Undersökning C* 373, 1-193.
- Gunnarson, B.E., 2008: Temporal distribution pattern of subfossil pines in central Sweden: perspective on Holocene humidity fluctuations. *The Holocene* 18, 4, 569-577.
- Hammarlund, D., Björck, S., Buchardt, B., Israelson, C. & Thomsen, C.T., 2003: Rapid hydrological changes during the Holocene revealed by stable isotope records of lacustrine carbonates from Lake Igelsjön, southern Sweden. *Quaternary Science Reviews* 22, 353-370.
- Harrison, S.P. & Digerfeldt, G., 1993: European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. *Quaternary Science Reviews* 12, 233-248.

- Holmqvist, B., Theläus, T., 1994: Inventering av Vissmossen. *SSV Markundersökningar HB*.
- Hughes, P.D.M., Mauquoy, D., Barber, K.E. & Langdon, P.G., 2000: Mire-development pathways and palaeoclimatic records from a full Holocene peat archive at Walton Moss, Cumbria, England. *The Holocene* 10, 4, 465-479.
- Jessen, C.A., Rundgren, M., Björck, S. & Hammarlund, D., 2005: Abrupt climatic changes and an unstable transition into a late Holocene Thermal Decline: a multiproxy lacustrine record from southern Sweden. *Journal of Quaternary Science* 20, 349-362.
- Korhola, A., 1995: Holocene climatic variations in southern Finland reconstructed from peat-initiation data. *The Holocene* 5, 1, 43-58.
- Leuschner, H.H., Sass-Klaassen, U., Jansma, E., Bailie, M.G.L. & Spurk, M., 2002: Subfossil European bog oaks: population dynamics and longterm growth depressions as indicators of changes in the Holocene hydro-regime and climate. *The Holocene* 12, 6, 695-706.
- Magny, M., 2004: Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary International* 113, 65-79.
- Malmberg Persson, K., 2000: Beskrivning till jordarts-kartan 2D Tomelilla NO. *Sveriges Geologiska Undersökning Ae 135*, 1-71
- Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Stager, J.C., Karlén, W., Maasch, K.A., Meeker, L.D., Meyerson, E.A., Gasse, F., van Kreveld, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R.R. & Steig, E.J., 2004: Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62, 243-255.
- Mossberg, B. & Stenberg, L., 2003: *Den nya nordiska floran*. Wahlström & Widstrand. 928 sidor.
- Nilsson, T., 1961: *Kompendium i kvartärpaleontologi och kvartärpaleontologiska undersökningsmetoder*. Lunds universitet, 238 sidor.
- Ruddiman, W.F., 2001: *Earth's climate: past and future*. W.H. Freeman and Company. 465 sidor.
- Rundgren, M., 2008: Stratigraphy of peatlands in central and northern Sweden: evidence of Holocene climatic change and peat accumulation. *GFF* 130, 95-107.
- Seppä, H., Hammarlund, D. & Antonsson, K., 2005: Low-frequency and high-frequency changes in temperature and effective humidity during the Holocene in south-central Sweden: implications for atmospheric and oceanic forcings of climate. *Climate Dynamics* 25, 285-297.
- Svensson, G., 1988: Bog development and environmental conditions as shown by the stratigraphy of Store Mosse mire in southern Sweden. *Boreas* 17, 89-111.
- Wang, G., Dolman, A.J. & Alessandri, A., 2011: A summer climate regime over Europe modulated by the North Atlantic Oscillation. *Hydrology and Earth System Sciences* 15, 57-64.
- Wanner, H., Beer, J., Bütikofer, J., Crowley, T.J., Cubash, U., Flückiger, J., Goosse, H., Grosjean, M., Joos, F., Kaplan, J.O., Küttel, M., Müller, S.A., Prentice, I.C., Solomina, O., Stocker, T.F., Tarasov, P., Wagner, M. & Widmann, M., 2008: Mid- to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews* 27, 1791-1828.

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

231. Cegrell, Miriam & Mårtensson, Jimmy, 2008: Resistivity and IP measurements at the Bolmen Tunnel and Ådalsbanan, Sweden. (30 hskp)
232. Vang, Ina, 2008: Skarn minerals and geological structures at Kalkheia, Kristiansand, southern Norway. (15 hskp)
233. Arvidsson, Kristina, 2008: Vegetationen i Skandinavien under Eem och Weichsel samt fallstudie i submoräna organiska avlagringar från Nybygget, Småland. (15 hskp)
234. Persson, Jonas, 2008: An environmental magnetic study of a marine sediment core from Disko Bugt, West Greenland: implications for ocean current variability. (30 hskp)
235. Holm, Sanna, 2008: Titanium- and chromium-rich opaque minerals in condensed sediments: chondritic, lunar and terrestrial origins. (30 hskp)
236. Bohlin, Erik & Landen, Ludvig, 2008: Geofysiska mätmetoder för prospektering till ballastmaterial. (30 hskp)
237. Brodén, Olof, 2008: Primär och sekundär migration av hydrokarboner. (15 hskp)
238. Bergman, Bo, 2009: Geofysiska analyser (stångslingram, CVES och IP) av lagerföljd och lakvattenrörelser vid Albäcksdeponin, Trelleborg. (30 hskp)
239. Mehlqvist, Kristina, 2009: The spore record of early land plants from upper Silurian strata in Klinta 1 well, Skåne, Sweden. (45 hskp)
240. Bjärnberg, Karolina, 2009: The copper sulphide mineralization of the Zinkgruvan deposit, Bergslagen, Sweden. (45 hskp)
241. Stenberg, Li, 2009: Historiska kartor som hjälp vid jordartsgeologisk kartering – en pilotstudie från Vångs by i Blekinge. (15 hskp)
242. Nilsson, Mimmi, 2009: Robust U-Pb baddeleyite ages of mafic dykes and intrusions in southern West Greenland: constraints on the coherency of crustal blocks of the North Atlantic Craton. (30 hskp)
243. Hult, Elin, 2009: Oligocene to middle Miocene sediments from ODP leg 159, site 959 offshore Ivory Coast, equatorial West Africa. (15 hskp)
244. Olsson, Håkan, 2009: Climate archives and the Late Ordovician Boda Event. (15 hskp)
245. Wollein Waldetoft, Kristofer, 2009: Sveko-fennisk granit från olika metamorfa miljöer. (15 hskp)
246. Månsby, Urban, 2009: Late Cretaceous coprolites from the Kristianstad Basin, southern Sweden. (15 hskp)
247. MacGimpsey, I., 2008: Petroleum Geology of the Barents Sea. (15 hskp)
248. Jäckel, O., 2009: Comparison between two sediment X-ray Fluorescence records of the Late Holocene from Disko Bugt, West Greenland; Paleoclimatic and methodological implications. (45 hskp)
249. Andersen, Christine, 2009: The mineral composition of the Burkland Cu-sulphide deposit at Zinkgruvan, Sweden – a supplementary study. (15 hskp)
250. Riebe, My, 2009: Spinel group minerals in carbonaceous and ordinary chondrites. (15 hskp)
251. Nilsson, Filip, 2009: Föreningsspridning och geologi vid Filborna i Helsingborg. (30 hskp)
252. Peetz, Romina, 2009: A geochemical characterization of the lower part of the Miocene shield-building lavas on Gran Canaria. (45 hskp)
253. Åkesson, Maria, 2010: Mass movements as contamination carriers in surface water systems – Swedish experiences and risks.
254. Löfroth, Elin, 2010: A Greenland ice core perspective on the dating of the Late Bronze Age Santorini eruption. (45 hskp)
255. Ellingsgaard, Óluva, 2009: Formation Evaluation of Interlava Volcaniclastic Rocks from the Faroe Islands and the Faroe-Shetland Basin. (45 hskp)
256. Arvidsson, Kristina, 2010: Geophysical and hydrogeological survey in a part of the Nhandugue River valley, Gorongosa National Park, Mozambique. (45 hskp)
257. Gren, Johan, 2010: Osteo-histology of Mesozoic marine tetrapods – implications for longevity, growth strategies and growth rates. (15 hskp)
258. Syversen, Fredrikke, 2010: Late Jurassic deposits in the Troll field. (15 hskp)
259. Andersson, Pontus, 2010: Hydrogeological

- investigation for the PEGASUS project, southern Skåne, Sweden. (30 hskp)
260. Noor, Amir, 2010: Upper Ordovician through lowermost Silurian stratigraphy and facies of the Borenshult-1 core, Östergötland, Sweden. (45 hskp)
261. Lewerentz, Alexander, 2010: On the occurrence of baddeleyite in zircon in silica-saturated rocks. (15 hskp)
262. Eriksson, Magnus, 2010: The Ordovician Orthoceratite Limestone and the Blommiga Bladet hardground complex at Horns Udde, Öland. (15 hskp)
263. Lindskog, Anders, 2010: From red to grey and back again: A detailed study of the lower Kundan (Middle Ordovician) 'Täljsten' interval and its enclosing strata in Västergötland, Sweden. (15 hskp)
264. Rääf, Rebecka, 2010: Changes in beyrichiid ostracode faunas during the Late Silurian Lau Event on Gotland, Sweden. (30 hskp)
265. Petersson, Andreas, 2010: Zircon U-Pb, Hf and O isotope constraints on the growth versus recycling of continental crust in the Grenville orogen, Ohio, USA. (45 hskp)
266. Stenberg, Li, 2010: Geophysical and hydrogeological survey in a part of the Nhandugue River valley, Gorongosa National Park, Mozambique – Area 1 and 2. (45 hskp)
267. Andersen, Christine, 2010: Controls of seafloor depth on hydrothermal vent temperatures - prediction, observation & 2D finite element modeling. (45 hskp)
268. März, Nadine, 2010: When did the Kalahari craton form? Constraints from baddeleyite U-Pb geochronology and geo-chemistry of mafic intrusions in the Kaapvaal and Zimbabwe cratons. (45 hskp)
269. Dyck, Brendan, 2010: Metamorphic rocks in a section across a Sveconorwegian eclogite-bearing deformation zone in Halland: characteristics and regional context. (15 hskp)
270. McGimpsey, Ian, 2010: Petrology and litho-geochemistry of the host rocks to the Nautanen Cu-Au deposit, Gällivare area, northern Sweden. (45 hskp)
271. Ulmius, Jan, 2010: Microspherules from the lowermost Ordovician in Scania, Sweden – affinity and taphonomy. (15 hskp)
272. Andersson, Josefin, Hybertsen, Frida, 2010: Geologi i Helsingborgs kommun – en geoturistkarta med beskrivning. (15 hskp)
273. Barth, Kilian, 2011: Late Weichselian glacial and geomorphological reconstruction of South-Western Scania, Sweden. (45 hskp)
274. Mashramah, Yaser, 2011: Maturity of kerogen, petroleum generation and the application of fossils and organic matter for paleotemperature measurements. (45 hskp)
275. Vang, Ina, 2011: Amphibolites, structures and metamorphism on Flekkerøy, south Norway. (45 hskp)
276. Lindvall, Hanna, 2011: A multi-proxy study of a peat sequence on Nightingale Island, South Atlantic. (45 hskp)
277. Bjerg, Benjamin, 2011: Metodik för att förhindra metanemissioner från avfallsdeponier, tillämpad vid Albäcksdeponin, Trelleborg. (30 hskp)
278. Pettersson, Hanna, 2011: El Hicha – en studie av saltstäppsediment. (15 hskp)
279. Dyck, Brendan, 2011: A key fold structure within a Sveconorwegian eclogite-bearing deformation zone in Halland, south-western Sweden: geometry and tectonic implications. (45 hskp)
280. Hansson, Anton, 2011: Torvstratigrafisk studie av en trädstamshorisont i Viss mosse, centrala Skåne kring 4 000 - 3 000 cal BP med avseende på klimat- och vattenståndsförändringar. (15 hskp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska enheten
 Institutionen för geo- och ekosystemvetenskaper
 Sölvegatan 12, 223 62 Lund