

Stratigrafin i Hanöbukten under senaste glaciationen: en studie av borrhärnor från IODP's expedition nr 347

Gisela Åberg

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 393
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2014

**Stratigrafin i Hanöbukten under
senaste glaciationen: en studie av
borrkärnor från IODP's expedition nr
347**

Kandidatarbete
Gisela Åberg

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2014

Innehåll

1 Inledning	7
1.1 Introduktion och bakgrund	7
1.2 Syfte och hypoteser	7
1.3 Undersökningsområde	7
2 Metoder	6
2.1 Lervarvsmätning	8
2.1.1 Bakgrund - lervarvsmätning	8
2.1.2 Utförande - lervarvsmätning	8
2.2 Siktanalys	8
2.2.1 Bakgrund - siktanalys	8
2.2.2 Utförande - siktanalys	8
2.3 Glödförlust	8
2.4 Pollenanalys	8
3 Resultat	9
3.1 Litostratigrafi	9
3.1.1 Enhet 1 - Diamikton	9
3.1.2 Enhet 2 - Grå varvig lera	9
3.1.2 Enhet 3 - Organisk enhet	9
3.1.2 Enhet 4 - Röd varvig lera	9
3.2 Lervarskronologi	10
3.1.1 Enhet 2 - Grå varvig lera	10
3.1.2 Enhet 4 - Röd varvig lera	10
3.3 Siktanalys	10
3.4 Glödförlust	10
3.5 Pollenanalys	10
4 Tolkning	12
4.1 Enhet 1	12
4.2 Enhet 2	13
4.3 Enhet 3	13
4.4 Enhet 4	13
5 Diskussion	13
6 Slutsatser	16
7 Tack	17
8 Referenser	17
Bilagor	19

Stratigrafin i Hanöbukten under senaste deglaciationen senaste glaciationen: en studie av borrhärlor från IODP's expedition nr 347

GISELA ÅBERG

Åberg, G., 2014: Stratigrafin i Hanöbukten under senaste glaciationen: en studie av borrhärlor från IODP's expedition nr 34. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 393, 21 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Hanöbuktens utveckling under den senaste istiden har studerats med hjälp av borrhärlor från IODP's Baltic Sea Palaeoenvironment expedition i Östersjön. Genom att analysera förekomsten av IRD, korrelera en varvig enhet till Ringbergs (1991) regionala lervarvskronologi från sydöstra Sverige, göra pollenanalyser och glödförlustbestämningar har en del luckor i Hanöbuktens historia fyllts i.

I borrhärlorna finns fyra gemensamma enheter; en diamikton, enhet 1, två varviga enheter, enhet 2 och 4 samt ett organiskt lager, enhet 3 som skiljer de båda varviga enheterna åt.

Resultaten från analyserna samt jämförelser med liknande studier visar att de tre undre enheterna är avsatta under och efter Ristingeframstöten för ca 60 000 kal år sedan. Detta baseras bland annat på en tidigare datering av enhet 3, det organiska lagret, till mer än 38 000 kal år BP. De varviga lerorna tros vara avsatta under glaciala eller interstadiala förhållanden med iskanten relativt nära medan den organiska enheten snarare är avsatt distalt från iskanten i en omgivning med en del vegetation i form av örter och buskar. Enhet 4 korrelerades till Ringberg (1991) och daterades på så sätt till mellan 14 550 kal år BP och 14 750 kal år BP vilket placerar enheten under tidsperioden för interstadialen Bølling. På så vis konstaterades det att det saknas cirka 25 000 kal år mellan enhet 3 och 4. Denna hiatus kan till exempel bero på att den skandinaviska inlandsisen eroderat bort dessa avlagringar under tiden för LGM alternativt att ingen avsättning har skett.

Slutligen kan det konstateras att förståelsen för Hanöbuktens yngre geologiska utveckling fortfarande inte är komplett men att dessa nya resultat åtminstone kan räta ut några av de tidigare frågetecknen.

Nyckelord: Östersjön, Hanöbukten, IODP, Bølling, lervarvskronologi, ice-rafted debris

Handledare: Svante Björck och Thomas Andrén

Ämnesinriktning: Kvartergeologi

Gisela Åberg, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: giz91@hotmail.com

The stratigraphy in Hanö Bay during the last glaciation: a study of cores from IODP's expedition no 347

GISELA ÅBERG

Åberg, G., 2014: The stratigraphy in Hanö Bay during the last glaciation: a study of cores from IODP's expedition no 347. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 393, 21 pp. 15 hp (15 ECTS credits) .

Abstract: The development of Hanö Bay during the last ice age has been investigated by analyzing cores from IODP's Baltic Sea Palaeoenvironment expedition in the Baltic Sea.

By analyzing the presence of Ice Rafted Debris, correlating one of the varved clay units to Ringbergs (1991) regional varve chronology from southeastern Sweden, analyzing pollen grains and measuring loss on ignition a few gaps in the history of Hanö Bay has been uncovered.

Four common units are found in the cores; a diamict unit, two varved clay units and an organic layer that separates the two varved clay units. The results from the analyzes, combined with the results from similar studies, show that the three lower units have been deposited after the Middle Weichselian Ristinge Ice Advance at approximately 60 ka BP. This is based partly on a former dating of unit 3, the organic layer, which showed an age of more than 38 ka. The varved clays are presumed to be deposited during glacial/interstadial conditions with a proximal ice margin while the organic layer, unit 3, is supposed to have been deposited further away from the ice margin in an environment with some vegetation including herbs, grasses, shrubs and some trees. Unit 4 was correlated to Ringberg (1991) and was therefore dated to between 14 550 cal yr BP and 14 750 cal yr BP placing the unit during the Bølling interstadial. From this it was concluded that 25 ka is missing between units 3 and 4. This hiatus can be explained in different ways. It is, for example, possible that the Scandinavian ice sheet has eroded the unit during the Last Glacial Maximum, but there is also a possibility that no deposition took place during this time.

It was finally concluded that the younger geologic development of the Hanö Bay still is still not fully understood but that at least some of the earlier questions have been solved by these new results.

Keywords: Baltic Sea, Hanö Bay, IODP, Bølling, claychronology, ice-rafted debris

Supervisor(s): Svante Björck, Thomas Andrén

Subject: Quaternary Geology

Gisela Åberg, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: giz91@hotmail.com

1 Inledning

1.1 Introduktion och bakgrund

Utvecklingen av Hanöbukten under den senaste istiden är både komplex och inte särskilt väl undersökt då de flesta studier från denna tid är från andra platser eller från terrestra miljöer (Björck & Möller 1987; Larsen et al. 2009; Anjar et al. 2010; 2012 m.fl.).

Att förstå hur den skandinaviska inlandsisen i Hanöbukten, och i förlängningen Östersjön, har svarat på och drivit klimatprocesser under den senaste glaciationen är en viktig pusselbit för att kunna förstå och modellera framtidens klimat i regionen.

Tidigare har det gjorts undersökningar i Hanöbukten av Björck et al. (1990) och även i södra Östersjön av Anjar et al. (2010; 2012). Dessa undersökningar har blandat annat visat leriga sekvenser med indikationer på interstadiala perioder under Weichselglaciationen där stora delar av Skandinavien varit isfritt (Wohlfarth 2010; Anjar et al. 2010; 2012). Många frågetecken återstår dock för att bilden av Östersjöns utveckling ska bli komplett. Till exempel finns många lagerluckor i sedimenten och dateringarna för de olika avsättningarna har skapat stor förvirring och osäkerhet (Stay 1979; Björck et al. 1990; Anjar et al. 2010).

IODP, International Ocean Discovery Program, genomförde under hösten 2013 en expedition till ett flertal platser i Östersjön, bl.a. till Hanöbukten där fyra borrhävar togs upp. Målet med expeditionen var att bättre förstå Eeminterglacialen och dess avslutning, dynamiken hos den skandinaviska inlandsisen under Weichselglacialen, holocena klimatförändringar samt att undersöka mikrobiologins anpassning till skillnader i klimatet (Andrén et al. 2012). För att försöka ge svar på dessa frågeställningar ska nu borrhävarna analyseras på en mängd olika sätt.

Det här projektet ska dock, till skillnad från IODP,



Fig. 1. Karta över Skandinavien och Hanöbukten med undersökningsområdet markerat. Modifierad efter Andrén et al. (2007).

fokusera på utvecklingen av Hanöbassängen och inte klimatfaktorerna bakom.

1.2 Syfte och hypoteser

Syftet med det här projektet är att skapa en kompletterande bild av Hanöbassängens utveckling under den senaste istiden och försöka räta ut några av de frågetecken som tidigare studier i området har tagit upp. Detta görs genom att analysera tre av de borrhävar som tagits upp under expeditionen; borrhävarna A, C, och D.

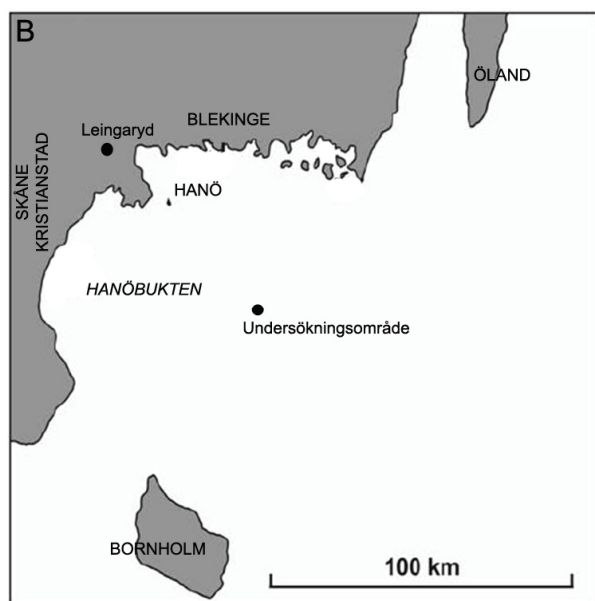
Förutom en beskrivning av två varviga enheter samt kornstorleksanalyser kommer även pollen-sammansättningen under en kort fas av den senaste istiden undersökas.

Utgångspunkten för studien baseras på följande arbetshypoteser:

- Att den undre varviga leran avsattes under en avsmältningssfas före senaste istidsmaximum (LGM).
- Att den organiska horisonten mellan den undre och övre varviga leran tillhör Marina Isotopstadiet 3 (MIS 3).
- Att den övre varviga leran är likåldrig med vissa delar av Bertil Ringbergs (1991) ler-varvskronologi från sydöstra Sverige/Kristianstadsslätten.

1.3 Undersökningsområde

Hanöbukten är belägen utanför Kristianstad i sydöstra Sverige och de fyra borrhävarna togs upp vid en plats cirka sex mil norr om ön Bornholm (Fig. 1). Berggrunden i detta område består till största delen av sedimentära bergarter i form av kretaceisk kalksten och sandsten (Björck et al. 1990) och vattendjupet vid borrhävarn var cirka 60 m.



2 Metoder

2.1 Lervarvsmätning

2.1.1 Bakgrund - lervarvsmätning

Svensken Gerard De Geer myntade ordet ”varvig lera” i slutet av 1800-talet då han upptäckte att omväxlande ljusa och mörka varv kunde relateras till årsavsättningar och därmed ge värdefull information om hur många år en sekvens består av (De Geer 1912). Han fastställde också att tjockleken på varven kan användas för att jämföra olika platser varviga avsättningar och på så vis skapa en mer regional bild av den senaste deglaciationen.

Teorin bakom varvig lera innebär att en avsättning är växlande ljus och mörk, så kallat ”varvig”. Dessa skillnader i färg tros bero på en ökad omsättning av sedimenten under vårfloden vilket ger en ljusare, mer grovkornig avsättning. Under vinterhalvåret klingar istället avsättningstakten av då smältvattenmängden minskar vilket ger mörkare, mer finkorniga sediment (De Geer 1912). Ett ljust och ett mörkt varv motsvarar ett lervarvsår och med hjälp av detta kan tjockleken på ett års avsättning beräknas och jämföras med andra platser genom upprättande av så kallade lervarvsdiagram (De Geer 1912).

2.1.2 Utförande - lervarvsmätning

I de fall varven var urskiljbara på bilderna av borrhärdarna som togs upp från Hanöbukten mättes just tjockleken på dessa med hjälp av Line Scan-bilder. Sex lervarvsdiagram, ett för varje varvig enhet i borrhärdarna A, C och D, upprättades och korrelerades sedan till varandra samt till Ringbergs (1991) regionala lervarvskronologi från sydöstra Sverige.

2.2 Siktanalys

2.2.1 Bakgrund - siktanalys

Siktanalys utfördes i det här fallet för att analysera mängden grovkornigt material som kan tolkas som IRD.

IRD eller Ice Rafted Debris är ett begrepp som definierar isbergstransporterat material, det vill säga grövre material i en, i övrigt, finkornig avsättning. I denna studie definieras material $>250\mu\text{m}$ som IRD. Detta eftersom avsättningsplatsen är placerad så långt från ursprungskällan att det grovkorniga materialet omöjligt kan vara något annat än isbergstransporterat. För att IRD ska förekomma i marina eller lakustrina sediment krävs en omfattande isbergsbildning. Huruvida detta sker eller inte beror, enligt bland annat Hays et al. (1976) och Berger (1979), på precessionscykeln. Heinrich (1988) kom senare fram till att det är vid tidpunkterna för minimum av sommarinstrålning respektive minimum av vinterinstrålning som inträffar två gånger på en precessionscykel som främst påverkar bildningen av isberg. Heinrich (1988) drar slutsatsen

att låg sommarinstrålning ger större tillväxt av inlandsisarna vilket leder till ökad isbergsbildning medan låg vinterinstrålning tillsammans med högre sommarinstrålning innebär tillväxt av isberg under vintern och ökad avsmältning under sommaren.

Trots att dessa slutsatser är baserade på marina sediment gäller det även till viss del den skandinaviska inlandsisen och forna Östersjön. Detta gör att analyser av IRD kan ge värdefull information om kalvande iskanter samt tillväxt och avsmältning av inlandsisen och kan på så vis skapa en klarare bild av avsättningsmiljön för varje enhet.

2.2.2 Utförande – siktanalys

Totalt analyserades 44 prover tagna cirka var tjugonde centimeter med avseende på mängden IRD. Av dessa togs 36 stycken från den röda varviga leran, enhet 4, fem från den grå varviga leran, enhet 2, samt tre från diamikton, enhet 1. I fallet med enhet 1 utfördes siktanalyserna enbart för att få en uppfattning om kornstorlekssammansättningen då det inte finns något isbergstransporterat material i diamikton eftersom denna enhet inte avsatts i vatten.

Alla proverna vägdes, våtsiktades i $250\mu\text{m}$, torkades och vägdes igen för att bedöma halten grovt material vilket indikerar mängden IRD. En genomsnittlig vattenhalt baserad på tre prover från varje enhet användes som underlag för att beräkna torrvikten på varje prov.

2.3 Glödförlust

För att bestämma den organiska halten samt karbonathalten i det organiska lagret, enhet 3, utfördes så kallad glödförlust.

Provet torkades enligt standardprocedur (Heiri et al. 2001) i 105°C för att sedan vägas och brännas i 550°C respektive 925°C . Baserat på provets vikt efter upphettningen beräknades sedan den organiska halten och karbonathalten som procent av torrvikten. För att beräkna den faktiska karbonathalten i procent multiplicerades sedan halten med 1,36 vilket är skillnaden i molmassa mellan koldioxid och koltrioxid (Heiri et al. 2001).

2.1 Pollenanalys

Tre prover med volymen 2 cm^3 togs ut från varje borrhärdarnas organiska enhet, enhet 3, och förbereddes för pollenanalys.

Proverna preparerades enligt Berglund & Ralska-Jasiewiczowa (1986) metod och två tabletter med 20848 st Lycopodiumsporer tillsattes för att kunna beräkna pollenkoncentrationen. Med hjälp av ett ljusmikroskop och tillgängliga pollennycklar (Erdtman & Praglowski 1961) räknades och identifierades 77-100 st pollen och sporer i varje prov ner till, om möjligt, art- eller släktnivå.

3 Resultat

3.1 Litostratigrafi

Baserat på litologi, strukturer och färg från line-scanbilder delades de tre borrhämnarnas gemensamma sekvenser in i fyra enheter som finns presenterade nedan samt i Fig. 2. De enheter som inte finns representerade i alla borrhämnor behandlas inte inom ramen av det här projektet.

3.1.1 Enhet 1 - Diamikton

Denna understa enhet består till största delen av ett 15-30 m tjockt, dåligt sorterat, grovt material med ett sandigt och grusigt matrix och en hel del större klaster. De översta 4-6 metrarna är mycket okonsoliderade medan de understa 11-25 metrarna är mer finkorniga med större andel klaster och ett sandigt, siltigt matrix. Denna understa del är också mörkare i färg och har tendenser till diffus laminering på vissa håll. Färgen på den övre delen är ljust grå med inslag av samma rödbruna färg som enhet 4 medan undre delen är betydligt mörkare, nästan svart i färgen. En stor skillnad mellan övre och undre delen är också att den undre är betydligt mer kompakt.

Enhet 1 var den understa enheten som togs upp under expeditionen då berggrunden nåddes i botten av samtliga borrhål.

3.1.2 Enhet 2 - Grå varvig lera

I alla borrhämnor gränsar den diamiktta enheten till en mycket distinkt grå till gråbrun lera vars tjocklek varierar mellan 70 cm-200 cm. Denna enhet uppvisar en tydlig varvighet där sommarvarven är karaktäristiskt ljusbruna och består till största delen av lerig silt medan vintervarven är mörkare och innehåller till synes mer lera. Silthalten ökar nedåt i sekvensen och så även tjockleken på varven.

Övergången mellan enhet 1 till enhet 2 är diffus och inte lätt att bestämma då enhet 2 är omrörd och störd i nedre delen av alla borrhämnorna.

3.1.3 Enhet 3 - Organisk enhet

I alla borrhämnorna observerades ett 2-3 centimeter tjockt lager av brun, siltig, kalkhaltig lergyttja. Lagret är homogent och gränsar till den ovanliggande enheten genom en markant skillnad i färg och en betydligt högre organisk halt. Det är dock fortfarande möjligt att urskilja en underton av rött i lagret och kornstorleksmässigt skiljer sig enheten till synes inte något nämnvärt från överliggande enhet 4.

3.1.4 Enhet 4 - Röd varvig lera

Den översta enheten består av en 6-7 m rödbrun, finkornig lera vars nedersta 2-6 m uppvisar tydliga varv. Dessa varv är urskiljbara enbart genom skillnaden i färg mellan de ljusare sommarvarven och de mörkare vintervarven och uppvisar ingen synbar skillnad i kornstorlek. Varvens tjocklek varierar från

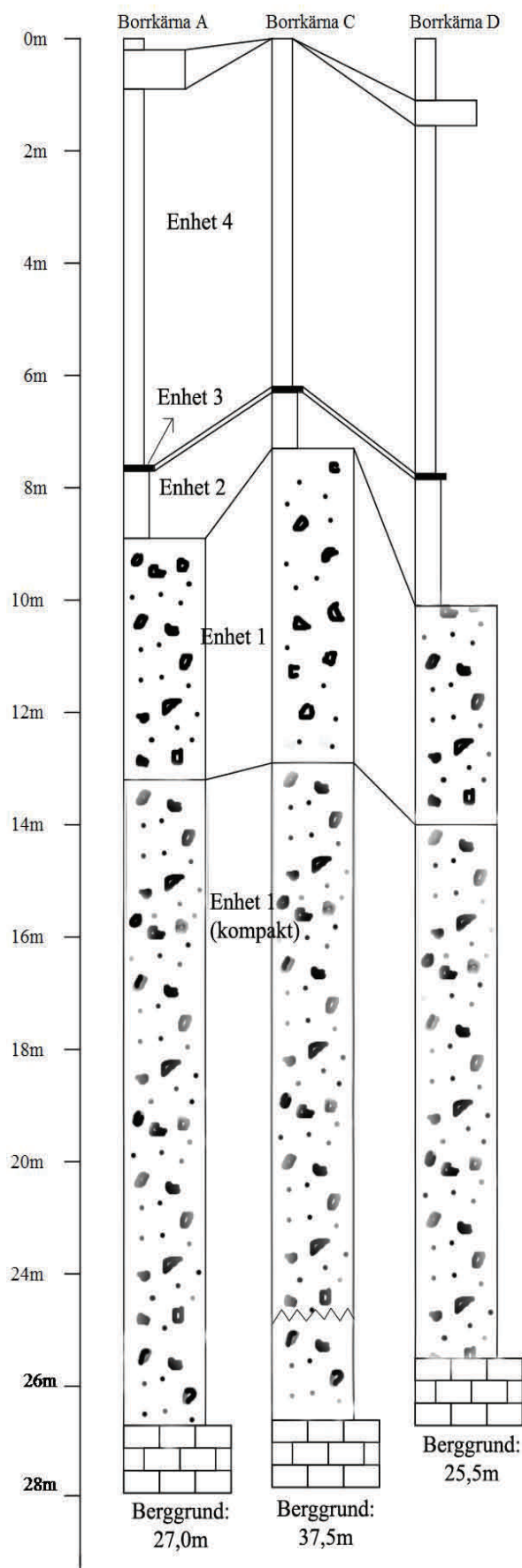


Fig. 2. Litostratigrafi över borrhämnorna från Hanöbukten.

mindre än en centimeter upp till en decimeter och är parallella. Dock lutar varven markant i alla borrhämnor förutom i borrhämn D där de är horisontella.

Förutom lamineringen observerades även större kluster i form av grus och sand och även sedimentära intrakluster utspridda över hela sekvensen, särskilt i den övre delen. Leran har också, trots sin homogena karaktär, inslag av silt samt mindre mikroförkastningar bildade efter avsättningstillfället. Färgen är i stort sett densamma genom hela enheten men är något ljusare mot toppen. I alla borrhämnor gränsar sekvensen i botten till det tunna lagret med lergyttja. Denna gräns är skarp i färgen men uppvisar i övrigt ingen skillnad i kornstorlek.

I borrhämn C är denna enhet den översta i sekvensen medan den i de övriga två överlagras av en siltig enhet och sedermera en mörk gyttjeler (Fig. 2). Gränsen mot den siltiga enheten är gradvis i de båda borrhämnorna.

3.2 Lervarvskronologi

Sex lervarvsdiagram som baserats på mätningar av enhet 2 och 4 i de tre borrhämnorna A, C och D upprättades och finns presenterade i Fig. 3 och Fig. 4.

3.2.1 Lervarvskronologi - Enhet 2

Tjockleken på varven i den grå varviga leran, enhet 2, mättes och finns presenterade i Fig. 3. Trenden i denna enhet är att tjockleken ökar gradvis med djupet i alla borrhämnor vilket gör det enkelt att korrelera de olika borrhämnorna med varandra. Inga markanta

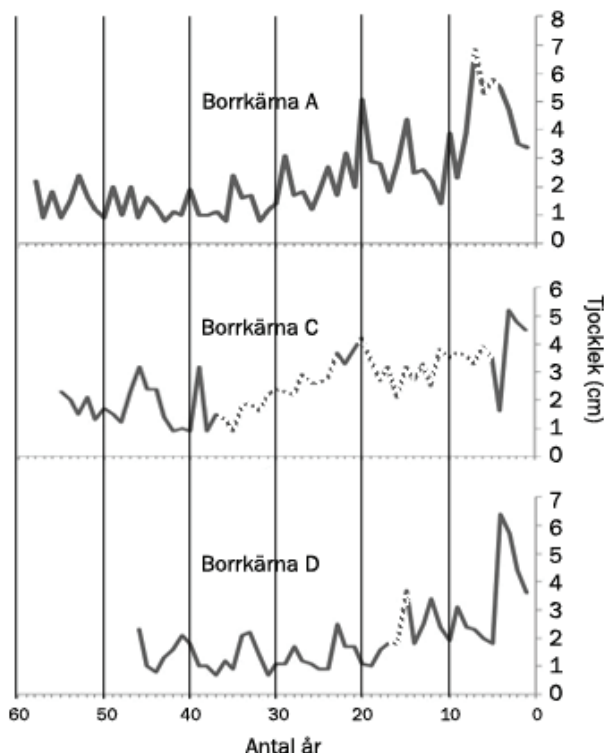


Fig. 3. Lervarvsdiagram över enhet 2 som visar tjockleken på årsvarven korrelerat mellan de olika borrhämnorna. Streckade varvtjocklekar är uppskattade värden.

toppar syns i diagrammen förutom vid årsvarv 4-6 i alla borrhämnorna där ett årsvarv med tjockleken ca sju centimeter återfinns. Denna topp skiljer sig markant från resterande årsvarv då dessa är har ungefär samma tjocklek genom hela enheten.

3.2.2 Lervarvskronologi - Enhet 4

Den övre varviga leran, enhet 4, sträcker sig från 60-109 lervarvsår i borrhål C respektive D och till 174 lervarvsår i borrhål A. Diagrammen uppvisar två distinkta toppar (Fig. 4); en i nedre delen av enheten och en topp längre upp i stratigrafien. Dessa två toppar med markant smalare årsvarv emellan återfinns i samtliga lervarvsdiagram över enhet 4 vilket gjort det enkelt att korrelera dem till varandra (Fig. 4).

Dessa lervarvsdiagram har också korrelerats till Ringbergs (1991) regionala lervarvskronologi från sydöstra Sverige där lervarvskronologin från Leingaryd, plate 7a, belägen mellan Kristianstad och Näsium (Fig. 1) passar bäst. Detta skulle i så fall placera enhet 4 till Ringbergs (1991) lokala lervarvsår -50 till -250 (Fig. 4).

3.3 Siktanalys

Mängden IRD, dvs. mängden material större än 250µm, finns presenterat i figur 5. Figuren visar mängden grövre material som kan tolkas som IRD i form av viktprocent i den röda varviga leran, enhet 4. Enhet 1 och 2 har också analyserats men proverna var dock för få för att upprätta pålitliga diagram. Resultaten från enhet 4 visar att IRD-mängden varierar mellan ca 0-8 viktprocent i denna enhet. I enhet 2, den undre varviga leran, är mängden något mindre; 0-2 viktprocent medan mängden grovkornigt material i enhet 1 är betydligt större; 20-35 viktprocent. Detta är dock förväntat då enhet 1 är en diamikton, dvs. den källa som IRD i varviga leran bör komma ifrån.

Figur 5 visar två distinkta toppar i IRD-mängd vid djupen -450 cm respektive -850 cm. Några mindre toppar om ca 1,5 % syns också vid djupen -300 cm, -380 cm, -650 cm och -730 cm men mängden är i övrigt nära noll procent.

Toppen vid -450cm återfinns på samma nivå som lervarvsår 130 i borrhämn D och motsvarar därmed Ringbergs (1991) lervarvsår -70.

3.4 Glödförlust

Resultaten från glödförlusten visar att mängden organiskt material i enhet 3 varierar i de tre olika borrhämnorna mellan 7,7 % i borrhämn A, 8,4 % i borrhämn C och 8,8 % i borrhämn D.

Karbonathalten uppvisar en större skillnad då borrhämn A och C har en karbonathalt på 7,6 % respektive 7,5 % medan borrhämn D har en betydligt lägre halt; 4,3 %.

3.5 Pollenanalys

Den allmänna pollenkoncentrationen i de tre borrhämnorna är relativt låg, mellan 22 000-65 000

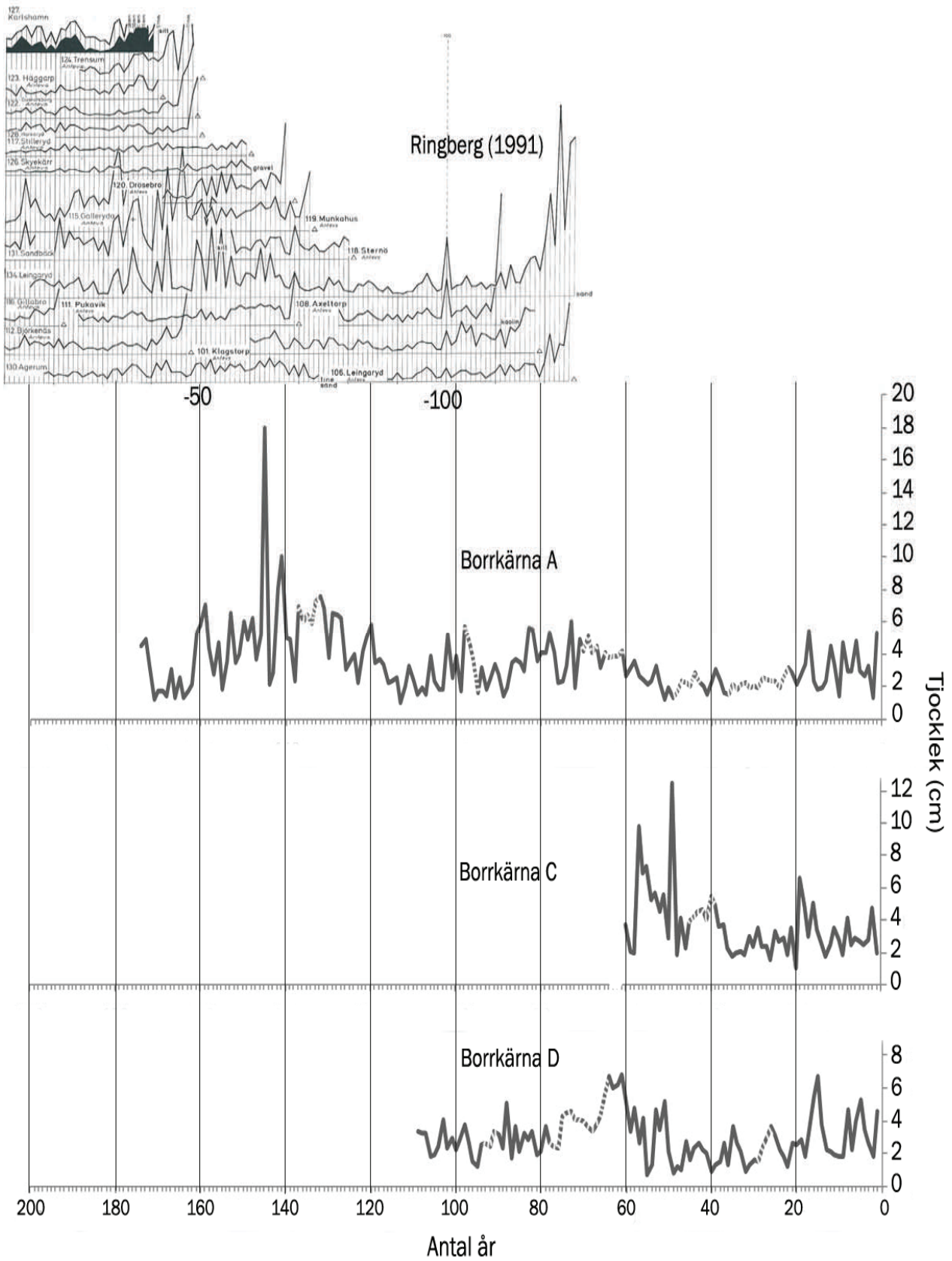


Fig. 4. Lervarvsdiagram över enhet 4 korrelerade med Ringbergs (1991) lervarvs-kronologi från Leingaryd överst i bilden. Streckade varvtjocklekar är uppskattade värden. Den översta x-axeln visar Ringbergs (199) lokala lervarvsår.

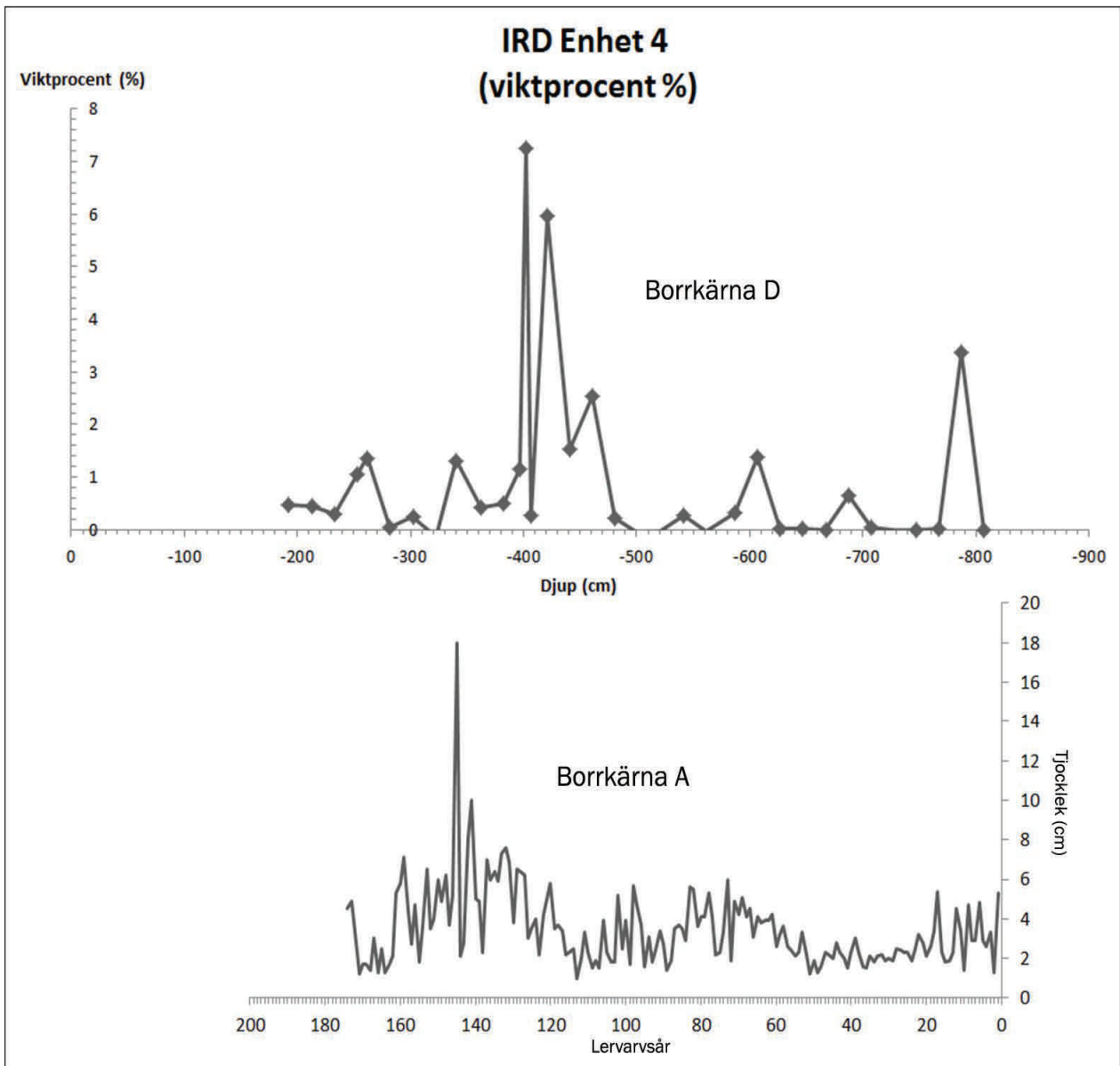


Fig. 5. Diagram över mängden grovt material i viktprocent tolkat som IRD i enhet 4. Det undre diagrammet är en korrelering till lervarvs-kronologin i borrkärna A.

pollen per cm³. Många av pollenkornen var mycket dåligt bevarade och svåra att identifiera vilket kan påverka resultatet av pollenanalysen.

Majoriteten av pollenkornen som hittades och bestämdes bestod av Cyperaceae-, Poaceae- och olika Rosaceae-typer.

Cyperaceae uppgår till 21-34 % medan halten Rosaceae är mellan 10-30 % och Poaceae mellan 6-20 %. En del pollen från lövträd som *Tilia*, *Alnus*, *Betula* men även *Corylus* och *Fagus* hittades också. Av dessa är *Alnus* mest frekvent med en halt på 10 % av kornen i borrkärna A. Förutom lövträden hittades även *Pinus* och ett korn av *Juniperus*.

De vanligaste typerna av pollen var dock olika örter och buskar såsom *Calluna vulgaris*, *Artemisia*, *Empetrum*, *Salix* och *Filipendula*.

Förutom fanerogamer hittades även 2-8 st *Equisetum*-sporer, två st *Sphagnum*-sporer, nio st

Polyodiaceasporer och en *Pediastrum*alg dvs. en grönalg.

Pollenresultaten finns presenterade i sin helhet i bilaga 1.

4 Tolkning

4.1 Enhet 1

Enhet 1 som består av en grovkornig diamikton är troligtvis avsatt i en omgivning nära iskanten där materialet härstammar från subglaciala processer. Källmaterialet är troligen från det prekambrika urberget i Blekinge och Småland.

4.2 Enhet 2

Den grå varviga leran tros ha blivit avsatt i en proglacial sjö. Tjockleken på varven pekar på stor tillförsel av material och eftersom det finns inslag av silt och sand i enheten dras slutsatsen att enheten måste ha avsatts i en sjö nära iskanten.

Tjockleken på varven minskar uppåt i enheten vilket leder till slutsatsen att iskanten dragit sig tillbaka under tiden enheten avsatts och därför har tillförseln av material successivt avtagit vilket lett till tunnare årsvarv. Mängden isbergstransporterat material är mycket liten, nära noll procent genom hela enheten vilket indikerar att mängden isberg under denna period var relativt låg. Detta kan till exempel bero på att isen inte mynnade i själva sjön eller att avsmältningen av isen inte var tillräckligt stor för att generera isberg. Den enda distinkta toppen av isbergstransporterat material kan i så fall betyda att avsmältningen drastiskt ökade under just den tiden eller att en isframstöt resulterade i att iskanten migrerade ut i sjön.

Avsaknaden på organiskt material vittnar också om att enheten avsatts i en glacial miljö med liten biologisk aktivitet och med sparsam vegetation i omgivningen.

4.3 Enhet 3

Det organiska lagret skiljer sig markant från enhet 2 då det innehåller betydligt mer organiskt material, samt till synes inga grövre partiklar än lera och silt.

Eftersom enheten är distinkt annorlunda från underliggande enhet är även avsättningsmiljön avsevärt förändrad.

Troligtvis är enheten avsatt i en sjö som inte har kontakt med iskanten. Mängden organiskt material samt pollenanalyserna bekräftar att miljön runt sjön inte var glacial utan snarare bestod av opportunister såsom olika örter, buskar, halvgräs och enstaka träd runt en mindre sjö med långsam sedimentation. Karbonathalten indikerar också att en viss artrikedom av skalbärande organismer fanns i sjön vid den här tidpunkten, men det kan också röra sig om insköljt karbonatrikt material från omgivningarna.

4.4 Enhet 4

Även denna enhet tros vara avsatt i en lakustrin miljö men eftersom den organiska halten är betydligt lägre än enhet 3 är avsättningsmiljön troligtvis glaciolakustrin dvs. närmare iskanten. Varvens tjocklek varierar i pulser om cirka fyrtio år med tjockare respektive tunnare lager vilket tolkas som att sedimentationshastigheten varierar på grund av till exempel isframstötter eller större avsmältning.

Mängden grovkornigt material är generellt sett mer än i enhet 2, den grå varviga leran, vilket leder till slutsatsen att det fanns en större förekomst av isberg under perioden då enhet 4 avsattes. Den mest distinkta toppen av IRD sammanfaller med de tjockaste varven i borrkärna A vilket stärker teorin om att sediment-

ationshastigheten ökat vid det tillfället, kanske på grund av större mängd smältvatten eller ökad tillväxt av isen under just de åren.

Skillnaden i färg mellan enhet 2 och 4 kan främst bero på två saker: tillförsel av källmaterial från olika områden med olika karbonathalt, något som tagits upp av Björck et al. (1990) eller skillnad i salinitet (Andrén et al. 2002). Det troliga är dock att det främst är karbonathalten i de olika källbergarterna som är orsaken till färgskillnaden.

5 Diskussion

Med tanke på att de upprättade lervarvsdiagrammen överensstämmer väl med Ringbergs (1991) regionala lervarvs-kronologi från bl.a. Leingaryd kan flera slutsatser dras gällande tidsperioden då enhet 4 avsattes. Eftersom lervarvsdiagrammen för enhet 4 motsvarar ca lervarv -50 till -250 kan dessa därför översättas i faktiska år.

I en studie av Lundqvist & Wohlfarth (2001) har olika dateringar av dessa lokala lervarvs-kronologier sammanställts för att kunna skapa en regional bild av deglaciationen tillsammans med dateringar av moränryggar i södra Sverige (Fig. 6).

Enligt dem motsvarar lervarv -100 en ålder av 14 600 kal år BP även om de skriver att osäkerheten är stor då kalibreringskurvan är komplicerad för tidpunkten. Förutsatt att Lundqvist & Wohlfarth (2001) har rätt i sitt antagande kan slutsatsen dras att enhet 4 är avsatt mellan åren 14 550 kal år BP – 14 750 kal år BP. Detta skulle i så fall placera enhet 4 vid inledningen av Bøllinginterstadialen enligt Lundqvist & Wohlfarth (2001), vilket motsvarar inledningen av GI-1e i eventstratigrafien från de grönländska iskärnorna (Björck et al. 1998; Lowe et al. 2008).

Baserat på bland annat Björck & Möllers (1987) undersökningar av sjösekvenser från Blekinge och Småland slår Lundqvist & Wohlfarth (2001) och även Anjar et al. (2014) fast att iskanten precis hade lämnat nuvarande kustlinjen i Blekinge vid den här tiden (Fig. 6). Undersökningsplatsen är i det fallet placerad cirka fem mil söder om iskanten i, vad som vid tidpunkten för depositionen, var förstadiet till Baltiska Issjön.

Andrén et al. (2011) beskriver i deras text om Östersjöbassängen att Baltiska issjön började dämmas upp för cirka 14 000 kal år sedan på grund av landhöjningen i Öresund som vid tidpunkten var issjöns enda utlopp. Med utgångspunkt från detta kan slutsatsen dras att enhet 4 är avsatt i en issjö utan inflöde av marint vatten via Öresund ca 5 mil söder om iskanten.

Resultaten från siktanalysen visar en topp av IRD som sammanfaller med början av Bølling dvs. cirka 14 630 kal år BP. Vad som orsakat denna topp är svårt att säga då det lika gärna kan vara en större avsmältning som en isframstöt men eftersom toppen

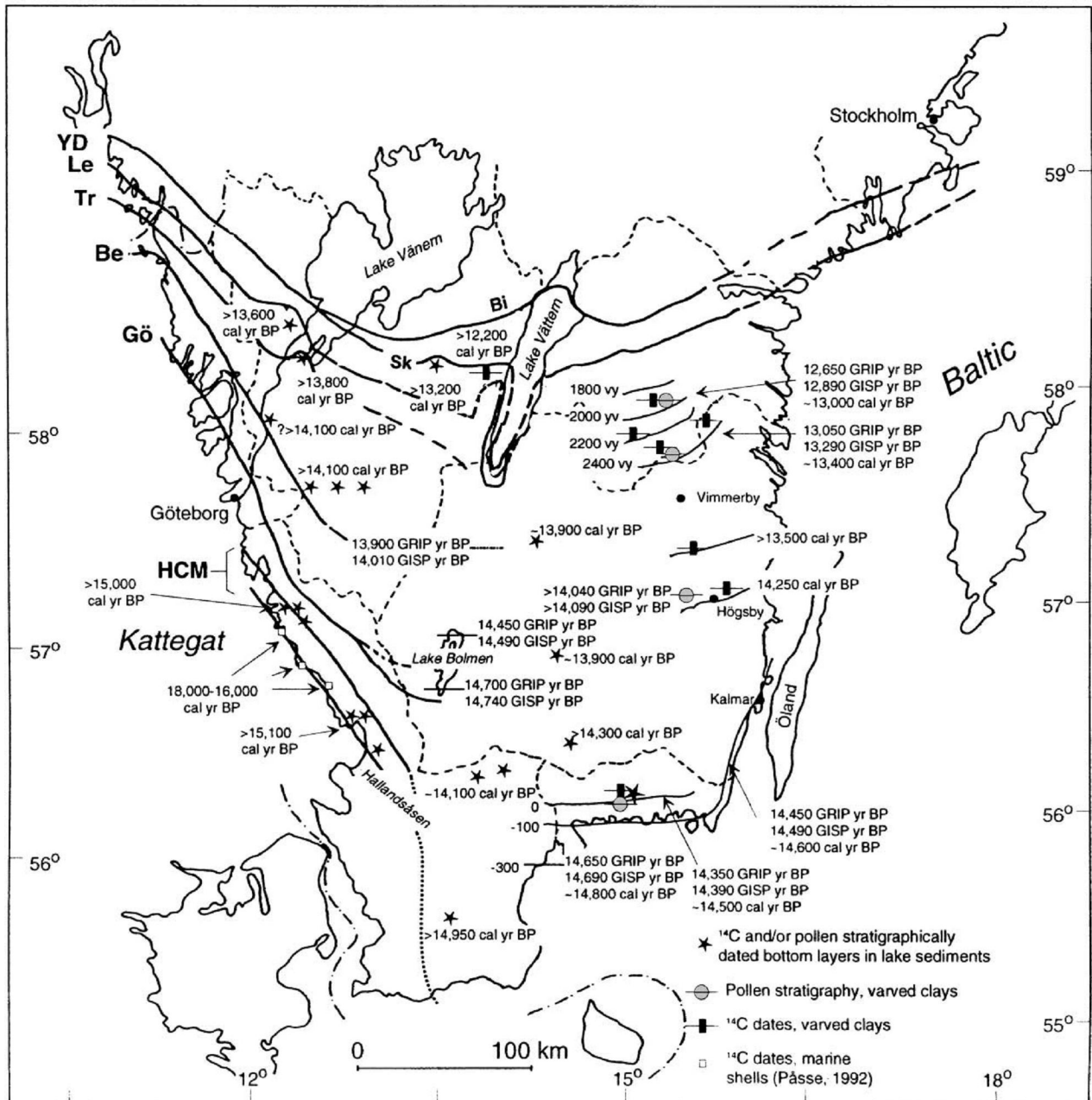


Fig. 6. Israndlinjer och deglaciationkronologi över södra Sverige under Weichselglaciationen. Efter Lundqvist & Wohlfarth (2001).

sammanfaller med Bølling är det logiskt att tänka sig att den beror på högre avsmältningshastighet snarare än en isframstöt. Detta eftersom ett varmare klimat genererar större avsmältning och mer kalvning av isberg och på så vis leder till större mängd IRD. Ovanstående resonemang stämmer också bra överens med tjockleken på varven i borrhäarna A som är tjockast under samma tidpunkt som de högsta mängderna av IRD i borrhäarna D. Ett tjockare årsvarv tyder i regel på en ökad sedimentationshastighet vilket i de flesta fall är synonymt med ökad avsmältning.

När sedan iskanten dragit sig tillbaka från dåvarande kustlinjen i Blekinge och blivit landbaserad är det inte längre möjligt för isberg att kalva i

Östersjön vid den här platsen vilket minskar mängden IRD och även tjockleken på varven då mindre material transporteras ut i sjön. Att det ändå finns en viss mängd grovkornigt material kan förklaras genom att isberg från platser där iskanten fortfarande mynnar i vatten kan ha transporterats till Hanöbukten och avsatts som IRD där.

Enhet 4 har också en väldigt distinkt röd färg som skiljer sig markant från övriga enheter. Som nämnts tidigare tros skillnaden i färg främst bero på en skillnad i källmaterialet (Björck et al. 1990). Björck et al. (1990), som har samma röda lera i sina borrhäarnor från Hanöbukten, föreslår att den röda lerans, enhet 4, källmaterial härstammar från det prekambriiska urber-

get i Blekinge och Småland. Eftersom lervarvs-kronologin från Hanöbukten främst stämmer överens med Ringbergs (1991) lervarvskronologi från Leingaryd, placerad mellan Kristianstad och blekingska Näsum, låter detta som en trolig förklaring. De två platserna skulle i så fall försetts med samma material transporterat med smältvatten från iskanten vid Blekinge och Småland, inte från kalkstensberg-grunden i Skåne som är ett annat alternativ.

Eftersom inga pollenanalyser gjorts från enhet 4 är det svårt att säga någonting om vegetationen och landskapsbilden runt issjön vid den här tiden. Stora delar av Skandinavien var fortfarande istäckta vid tidpunkten för avsättningen. Ett undantag är Skåne och ön Bornholm som Anjar et al. (2014) föreslår var isfritt före 15 000 BP.

Veski et al. (2012) som utfört en av få pollen- och makrofossilanalyser från Bøllingperioden beskriver i sin studie ett tundralandskap med enstaka träd och stor förekomst av buskar och örter. Undersöknings-platserna i denna studie är placerade i Lettland men det är högst sannolikt att ett liknande landskap fanns i de isfria delarna av Sverige vid den här tiden.

Veski et al. (2012) beskriver också ett förvånande högt antal växtmakrofossil vilket skulle indikera att vegetationen vid den här tiden var väl etablerad och frodades på grund av fördelaktiga klimatförhållanden.

Enhet 3 är betydligt mer oklar än enhet 4. Stay (1979) och även Björck et al. (1990) beskrev en liknande sekvens i en borrhälsa från Bornholms-bassängen där en likadan organisk enhet förekom. Denna enhet daterades också av Stay (1979) till mer än 39 500 kal år BP vilket senare bekräftades av Anjar et al. (2010) till mer än 38 000 kal år BP. Åldern kan tyckas mycket märklig då den överliggande varviga leran, enhet 4, påminner mycket om enhet 3 i textur och färg och därför kunde antas vara avsatt i anslutning till enhet 4. Men eftersom ålders-dateringarna visar att lagret är minst 25 000 år äldre än den röda leran måste avsättningsmiljön vara en helt annan. Det visar också att det, även om det inte är synligt utan några närmare analyser, finns en stor hiatus mellan enhet 3 och 4. Varför det finns en hiatus är dock svårt att säga utan en klarare bild av hur Skandinavien såg ut vid den här tidpunkten.

Tyvär är detaljerna i utvecklingen av isarna och landskapet under den här tiden dåligt kända.

Andrén et al. (2011) diskuterar två isframstötter i deras sammanställning, en vid 50 000 kal år BP och en vid 30 000 kal år BP men poängterar också att stora osäkerheter fortfarande finns. Teorin om dessa två isframstötter lades fram av Houmark-Nielsen (2003) och Larsen et al. (2009) baserat på stratigrafier från norra Danmark och om dessa stämmer är enhet 3 avsatt mellan dessa två isframstötter under interstadiala förhållanden. Houmark-Nielsen (2003) beskriver en iskant placerad vid nuvarande Vättern med ett inflöde av marint vatten via Öresund. Wohlfarth (2010) håller med om detta och slår fast att stora delar av centrala och södra Sverige var isfria mellan 60 000 kal år BP

och 30 000 kal år BP. Huruvida iskanten oscillerat under denna period, och i så fall hur mycket, är däremot svårt att uttala sig om, menar hon.

Förutsatt att enhet 3 är avsatt för 38 000 kal år sedan skulle i så fall iskanten vara placerad långt bort från avsättningsplatsen och landskapet runt omkring bestå av en så kallad mammutstäpp (Larsen et al. 2009).

Anjar et al. (2012) har gjort undersökningar av marina borrhälsor vid Kriegers Flak söder om Skåne och kommit fram till att en av enheterna där måste ha avsatts mellan 42 000 kal år BP och 36 000 kal år BP det vill säga ungefär samtidigt som den organiska enheten i borrhälsorna från Hanöbukten, enhet 3. Baserat på pollen- och makrofossilanalyser tolkar de avsättningsmiljön vid den här tidpunkten som lakustrin och terrestrisk med en omgivning av våtmarker och mindre sjöar. Havsnivån var lägre än vid tidpunkten för uppdamningen på grund av utloppet i Öresund vilket möjliggjorde en miljö med mindre sjöar och våtmarker istället för en enda större issjö.

Rimligtvis är också enhet 3 från Hanöbukten avsatt i en liknande miljö som Anjar et al. (2012) enhet, eventuellt med ett större djup eftersom havsbotten i Hanöbukten ligger ungefär fyrtio meter lägre än vid Kriegers Flak.

Likheterna bekräftas också av pollenresultaten som delvis överensstämmer med Anjar et al. (2012) resultat. En bild av en miljö med lite träd och stor mängd opportunistiska arter som olika Cyperaceae, Poaceae, *Artemisia*, *Salix* och även sötvattenalgen *Pediastrum* växer fram. Även *Equisetum*, *Sphagnum* och trädpollen från *Pinus*, *Alnus* och *Tilia* stämmer överens med Anjar et al. (2012), vilket stärker teorin att de båda enheterna kan ha avsatts ungefär samtidigt.

I analyserna av enhet 3 hittades även många Rosaceapollen t.ex. *Sanguisorba* och precis som Anjar et al. (2012) föreslår är troligtvis många av pollenkornen omlagrade och inte primära vilket gör det svårare att bestämma vegetationen vid tidpunkten för depositionen. Många av pollenkornen är också mycket dåligt bevarade och den allmänna pollen-koncentrationen är låg vilket försvårar analysen ytterligare.

Interstadialen då enhet 3 avsattes ersattes sedermera av olika baltiska isframstötter med t.ex. Klintholmframstöten för ca 35 000 kal år sedan (Anjar et al. 2012) Dessa ledde sedermera fram till LGM, Last Glacial Maximum, för 22 000 kal år sedan vilket innebär att det alltså är möjligt att Hanöbukten var täckt av is fram tills för cirka 16 000 kal år sedan då den slutliga deglaciationen startade (Lundqvist & Wohlfarth 2001; Andrén et al. 2011). En möjlig förklaring till varför det saknas 25 000 år av avlagringar i sekvensen från Hanöbukten kan därför bero på att den skandinaviska inlandsisen eroderat bort de försvunna lagren under dessa isframstötter och på så vis lämnat denna hiatus.

En annan, mer osannolik teori är att landhöjningen efter avsättningen av enhet 3 möjliggjorde för området

att lyftas upp och bli barmark innan olika baltiska framstötter inleddes. Om isen som avancerade fram över Hanöbukten då platsen låg på land var kallbaserad kan därför enhet 3 bevarats men inga avsättningar efter subglaciala processer inträffat. Detta skulle i så fall kunna förklara varför det saknas avlagringar mellan enhet 3 och 4.

Den grå varviga leran, enhet 2, är betydligt svårare att spekulera i eftersom det inte finns några dateringar från den. På så vis kan den lika gärna vara från Weichsel som från Saale. Likadant är det med enhet 1, diamikton.

Det mest troliga är dock att enhet 2 är avsatt någon gång under MIS 3 och med tanke på Anjar et als. (2012) studie från Kriegers Flak där liknande siltiga, sandiga leror tros vara avsatta vid tiden efter den så kallade Ristingeframstöten för cirka 50 000 kal år sedan är detta en logisk slutsats. Om detta stämmer och det är samma ålder på dessa enheter är den diamiktiska enheten, enhet 1, i kärnorna från Hanöbukten avsatta under denna framstöt av istäcket som subglaciala avlagringar. Under Ristingeframstöten nådde istäcket ner till Tyskland och täckte hela Hanöbukten (Fig. 7) vilket möjliggör denna förklaring. Den grå varviga leran, enhet 2, är, om teorin beskriven ovan stämmer, avsatt i en glaciolakustrin miljö som blir mer och mer distal på grund av trenden med tunnare varv längre upp i enheten.

Anjar et al. (2012) beskriver miljön vid den här tiden som väldigt vegetationsfattig med liten attrikedom och bräckt vatten i Östersjöbassängen.

Skillnaden mellan de två varviga lerorna, enhet 2 och enhet 4, är väldigt stor trots att de är avsatta under

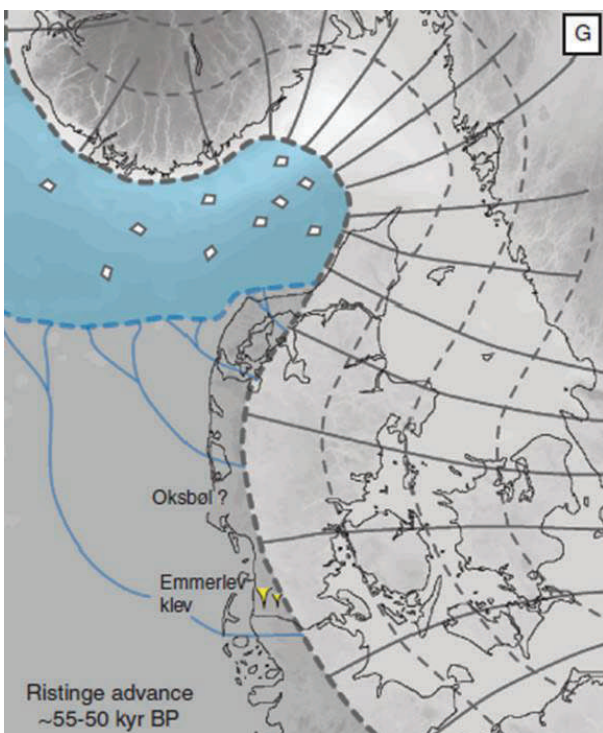


Fig. 7. Karta över isutbredningen i delar av Skandinavien under Ristingeframstöten. Efter Larsen et al. (2009).

liknande förhållanden. Att enhet 2 inte är röd som enhet 4 beror troligtvis på att källmaterialet är annorlunda (Björck et al. 1990). I enhet 2 härstammar materialet troligtvis från den karbonatrika berggrunden på Kristianstadslätten väst-nordväst om Hanöbukten vilket ger en ljusare, mer gråbrun färg på sedimenten.

Att källmaterialet kommer från Skåne och inte Blekinge som i enhet 4 talar också för hypotesen att enheten är avsatt efter Ristingeframstöten eftersom isen migrerade från öst vid det här tillfället (Larsen et al. 2009).

Eftersom inga dateringar är gjorda på enhet 1 och 2 och eftersom enhet 3 skiljer sig så markant från underliggande enhet är det också möjligt att det är en hiatus mellan enhet 2 och 3. Det skulle i så fall betyda att den undre varviga leran, enhet 2, är avsevärt äldre än den organiska enheten. Att spekulera i detta är dock svårt innan mer analyser har utförts.

6 Slutsatser

Baserat på resultaten och mot bakgrund av hypoteserna kan följande slutsatser dras gällande stratigrafin i Hanöbukten:

- Enhet 1, diamikton, är troligen avsatt som subglacialt material under Ristingeframstöten för cirka 60 000 kal år sedan. Bristen på pålitliga dateringar gör dock att det inte går att utesluta att enheten är avsatt under tidigare glaciationer.
- Enhet 2, den grå varviga leran, är avsatt under MIS 3, troligtvis vid en tidpunkt efter Ristingeframstöten för cirka 50 000 kal år sedan. Källmaterialet till enhet 2 kommer med största sannolikhet från Kristianstadslätten och miljön runt sjön var vid den här tidpunkten glacial med få isberg, kanske på grund av en icke kalvande, eller distal iskant. Miljön blir allt mer distal uppåt i stratigrafin. Det är möjligt att enhet 2 motsvarar enhet A i Anjar et als. (2012) studie från Kriegers Flak.
- Enhet 3, den organiska enheten, tillhör också MIS 3 och är avsatt under interstadiala förhållanden för minst 38 000 kal år sedan. Iskanten var vid den här tidpunkten placerad långt norr om platsen och miljön var lakustrin med väl etablerad vegetation runt om sjön så som olika buskar, örter och till viss del träd. Mot bakgrund av åldersdateringen och pollenanalyserna är det troligt att enhet 3 är avsatt samtidigt som Anjar et als. (2012) enhet B.
- Det saknas minst 25 000 kal år mellan enhet 3 och enhet 4. Hiatusen kan bero på erosion av isen under LGM alternativt på att ingen avsättning av material skett, eventuellt på grund av att landhöjningen placerat platsen ovanför vattenytan.
- Gränserna mellan enhet 3 och enhet 4 uppvisar ingen tydlig indikation på en hiatus vilket också

förstärks av att de båda undre enheterna, 2 och 3 är helt ostörda i anslutning till den förmodade hiatusen.

- Enhet 4, den röda varviga leran, kan korreleras till Ringbergs (1991) regionala lervarvs-kronologi från sydöstra Sverige och motsvarar ungefär lervarv -50 till -250.

Detta motsvarar en ålder av 14 750 kal år BP – 14 550 kal år BP (Lundqvist & Wohlfarth 2001) och placerar enheten under inledningen av Bøllingperioden och därmed också vid inledningen av GI-1e i eventstratigrafien från de Grönländska iskärnorna (Björck et al. 1998; Lowe et al. 2008).

Detta bekräftas av IRD-analyserna som visar en topp i mitten av enheten vilket tolkas som en ökad mängd isberg på grund av högre avsmältning under Bølling.

Källmaterialet till enhet 4 kommer troligtvis från det prekambrika urberget i Blekinge och Småland där iskanten låg vid den här tiden.

7 Tack

Först och främst ett stort tack till min handledare Svante Björck vid Lunds universitet för hans engagemang och givande diskussioner, även på helgerna.

Tack också till Thomas Andréén vid Södertörns högskola för förtroendet att få arbeta med hans prover och för viktiga tips under arbetets gång.

Jag skulle även vilja tacka min sambo, Daniel Persson, för att han ställer upp på diskussioner och korrekturläsning samt Anette Nilsson Brunlid för sällskap i labbet.

Anton Hansson och Mats Rundgren förtjänar också ett tack för deras hjälp med pollenidentifieringen.

8 Referenser

- Andréén, T., Lindeberg, G. & Andréén, E., 2002: Evidence of the final drainage of the Baltic Ice Lake and the brackish phase of the Yoldia Sea in glacial varves from the Baltic Sea. *Boreas* 31, 226-228.
- Andréén, T., Andréén, E., Berglund, B.E. & Yu, S.Y., 2007: New insights on the Yoldia Sea low stand in the Blekinge archipelago, southern Baltic Sea. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 129, 277-285.
- Andréén, T., Björck, S., Andréén, E., Conley, D., Zillén, L. & Anjar, J., 2011: *The Baltic Sea Basin*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 97sid.
- Andréén, T., Jørgensen, B.B. & Cotterill, C., 2012: Baltic Sea Basin Paleoenvironment: paleoenvironmental evolution of the Baltic Sea Basin through the last glacial cycle. *IODP Sci. Prosp.* 347. doi:10.2204/iodp.sp.347.2012. 61sid.
- Anjar, J., Larsen, N. K., Björck, S., Adrielsson, L. & Filipsson, H.L., 2010: MIS 3 marine and lacustrine sediments at Kriegers Flak, southwestern Baltic Sea. *Boreas* 39, 360-366.
- Anjar, J., Adrielsson, L., Bennike, O., Björck, S., Filipsson, H. L., Groeneveld, J., Knudsen, K. L., Larsen, N. K. & Möller, P., 2012: Palaeoenvironments in the southern Baltic Sea Basin during Marine Isotope Stage 3: a multiproxy reconstruction. *Quaternary Science Reviews* 34, 81-92.
- Anjar, J., Larsen, N.K., Håkansson, L., Möller, P., Linge, H., Fabel, D. & Xu, S., 2014: A ¹⁰Be-based reconstruction of the last deglaciation in southern Sweden. *Boreas* 43, 132-148.
- Berger, A. L., 1978: Spectrum of climatic variations and their causal mechanisms. *Geophysical Surveys* 3, 351-402.
- Berglund, B. E. & Ralska-Jasiewiczowa, M., 1986: *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 869 sid.
- Björck, S. & Möller, P., 1987: Late Weichselian environmental history in southeastern Sweden during the deglaciation of the Scandinavian ice sheet. *Quaternary Research* 28, 1-37.
- Björck, S., Dennegård, B. & Sandgren, P., 1990: The marine stratigraphy of the Hanö Bay, SE Sweden, based on different sediment stratigraphic methods. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 112, 265-280.
- Björck, S., Walker, M.J.C., Cwynar, L.C., Johnsen, S., Knudsen, K., Lowe, J.J. & Wohlfarth, B., 1998: An event stratigraphy for the Last Termination in the North Atlantic region based on the Greenland ice-core record: a proposal by the INTIMATE† group. *Journal of Quaternary Science* 13, 283-292.
- De Geer, G., 1912: A geochronology of the last 12000 years. *Compte rendu de la XI:e Congr. Géol. Intern.* Stockholm, 241-253.
- Erdtman, G., Berglund, B. & Praglowski, J., 1961: *An introduction to Scandinavian pollen flora*. Almqvist & Wiksell. Stockholm. 92 sid.
- Hays, J. D., Imbrie, J. & Shackleton, N. J., 1976: Variations in the earth's orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science* 194, 1121-1132.
- Heinrich, H., 1988: Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during past 130,000 years. *Quaternary Research* 29, 142-152.
- Heiri, O., Lotter, A. F. & Lemche, G., 2001: Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25, 101-110.
- Houmark-Nielsen, M. & Kjær, K. H., 2003: Southwest Scandinavia, 40–15 kyr BP: palaeogeography and environmental change. *Journal of Quaternary Science* 18, 769-786.
- Larsen, N.K., Knudsen, K. L., Krohn, C. F., Kronborg, C., Murray, A.S. & Bjørslev Nielsen, O., 2009:

- Late Quaternary ice sheet, lake and sea history of southwest Scandinavia – a synthesis. *Boreas* 38, 732-761.
- Lowe, J.J., Rasmussen, S.O., Björck, S., Hoek, W.Z., Steffensen, J.P., Walker, M.J.C. & Yu, Z.C., 2008: Synchronisation of palaeoenvironmental events in the North Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group. *Quaternary Science Reviews* 27, 6-17.
- Lundqvist, J. & Wohlfarth, B., 2001: Timing and east-west correlation of south Swedish ice marginal lines during the Late Weichselian. *Quaternary Science Reviews* 20, 1127-1148.
- Ringberg, B., 1991: Late Weichselian clay varve chronology and glaciolacustrine environment during deglaciation in the southeastern Sweden. *Sve- riges geologiska undersökning Ca* 79, 42 sid.
- Stay, B., 1979: *Warvenstratigraphische untersuchungen an bänderton des Bronholm-Beckens und des Pleistozänen eisstausee-beckens von Bara (bei Malmö)*. Opubl. Christian-Albrechts-Universität, Kiel. 92 sid.
- Veski, S., Amon, L., Heinsalu, A., Reitalu T., Saarse, L., Stivrins, N. & Vassiljev, J., 2012: Lateglacial vegetation dynamics in the eastern Baltic region between 14,500 and 11,400 cal yr BP: A complete record since the Bølling (GI-1e) to the Holocene. *Quaternary Science Reviews* 40, 39-53.
- Wohlfarth, B., 2010: Ice-free conditions in Sweden during Marine Oxygen Isotope Stage 3? *Boreas* 39, 377-398.

Bilagor

Bilaga 1 - Pollenresultat

Prov nr	Antal	% av summan		Konc. (/cm ³)
A.2.				
Tillsatta Lycopodiumsporer	54			
Alnus	6	10,2		2316
Artemisia vulgaris	2	3,4		772
Betula	2	3,4		772
Corylus avellana	1	1,7		386
Cyperaceae	19	32,2		7334
Empetrum	1	1,7		386
Fagus sylvatica	1	1,7		386
Pinus sylvestris	7	11,9		2702
Poaceae	12	20,3		4632
Rosaceae	6	10,2		2316
Sanguisorba	2	3,4		772
Summa fanerogamer:	59			
Total koncentration (/cm³):	22778			
Okänd	27	31,4	10422	
Equisetum	8	11,9	3088	
Lycopodium undiff.	3	4,8	1158	
Pteridophyta undiff.	1	1,7	386	
Sphagnum	2	3,3	772	

Prov nr	Antal	% av summan	Konc. (/cm ³):
C.1.			
Tillsatta Lycopodiumsporer	23		
Alnus	1	1,4	906
Acorus calamus	1	1,4	906
Betula	1	1,4	906
Calluna vulgaris	1	1,4	906
Chrysosplenium alternifolium	1	1,4	906
Corylus avellana	1	1,4	906
Cyperaceae	25	34,7	22650
Fagus silvatica	2	2,8	1812
Juniperus communis	1	1,4	906
Poaceae	12	16,7	10872
Pinus sylvestris	4	5,6	3624
Rosaceae	8	11,1	7248
Salix	6	8,3	5436
Sambucus	1	1,4	906
Sanguisorba	4	5,6	3624
Saxifraga	1	1,4	906
Tilia	2	2,8	1812
Summa fanerogamer:	72		
Total koncentration (/cm³):	65263		
Okänd	19	20,9	17214
Equisetum	2	2,7	1812
Pediastrum	1	1,4	906
Polypodium	9	11,1	8154

Prov nr	Antal	% av summan		Konc. (/cm ³):
D.1.				
Tillsatta Lycopodiumsporer	6			
Artemisia	2	3,1	6950	
Caltha	1	1,6	3475	
Corylus avellana	2	3,1	6950	
Cyperaceae	14	21,9	48650	
Fagus silvatica	1	1,6	3475	
Filipendula	2	3,1	6950	
Myricaria germanica	2	3,1	6950	
Pinus sylvestris	2	3,1	6950	
Poaceae	4	6,3	13900	
Rosaceae	20	31,3	69500	
Rhamnaceae	1	1,6	3475	
Salix	9	14,1	31275	
Sanguisorba	4	6,3	13900	
Summa fanerogamer:	64			
Total koncentration (/cm³):	222379			
Okänd	10	13,5	34750	
Equisetum	2	3,0	6950	
Sphagnum	1	1,5	3475	

Tidigare skrifter i serien

”Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet”:

347. Glommé, Alexandra, 2013: Texturella studier och analyser av baddeleyitomvandlingar i zirkon, exempel från sydöstra Ghana. (15 hp)
348. Brådenmark, Niklas, 2013: Alunskiffer på Öland – stratigrafi, utbredning, mäktigheter samt kemiska och fysikaliska egenskaper. (15 hp)
349. Jalnefur Andersson, Evelina, 2013: En MIFO fas 1-inventering av fyra potentiellt förorenade områden i Jönköpings län. (15 hp)
350. Eklöv Pettersson, Anna, 2013: Monazit i Obbhult-komplexet: en pilotstudie. (15 hp)
351. Acevedo Suez, Fernando, 2013: The reliability of the first generation infrared refractometers. (15 hp)
352. Murase, Takemi, 2013: Närkes alunskiffer – utbredning, beskaffenhet och oljeinnehåll. (15 hp)
353. Sjöstedt, Tony, 2013: Geoenergi – utvärdering baserad på ekonomiska och drifttekniska resultat av ett passivt geoenergisystem med värmeuttag ur berg i bostadsrättsföreningen Mandolinen i Lund. (15 hp)
354. Sigfúsdóttir, Thorbjörg, 2013: A sedimentological and stratigraphical study of Veiki moraine in northernmost Sweden. (45 hp)
355. Månsson, Anna, 2013: Hydrogeologisk kartering av Hultan, Sjöbo kommun. (15 hp)
356. Larsson, Emilie, 2013: Identifying the Cretaceous–Paleogene boundary in North Dakota, USA, using portable XRF. (15 hp)
357. Anagnostakis, Stavros, 2013: Upper Cretaceous coprolites from the Münster Basin (northwestern Germany) – a glimpse into the diet of extinct animals. (45 hp)
358. Olsson, Andreas, 2013: Monazite in meta-sediments from Stensjöstrand: A pilot study. (15 hp)
359. Westman, Malin, 2013: Betydelsen av raka borrhål för större geoenergisystem. (15 hp)
360. Åkesson, Christine, 2013: Pollen analytical and landscape reconstruction study at Lake Storsjön, southern Sweden, over the last 2000 years. (45 hp)
360. Åkesson, Christine, 2013: Pollen analytical and landscape reconstruction study at Lake Storsjön, southern Sweden, over the last 2000 years. (45 hp)
361. Andolfsson, Thomas, 2013: Analyses of thermal conductivity from mineral composition and analyses by use of Thermal Conductivity Scanner: A study of thermal properties in Scanian rock types. (45 hp)
362. Engström, Simon, 2013: Vad kan inneslutningar i zirkon berätta om Varbergscharnockiten, SV Sverige. (15 hp)
363. Jönsson, Ellen, 2013: Bevarat maginnehåll hos mosasaurier. (15 hp)
364. Cederberg, Julia, 2013: U-Pb baddeleyite dating of the Pará de Minas dyke swarm in the São Francisco craton (Brazil) - three generations in a single swarm. (45 hp)
365. Björk, Andreas, 2013: Mineralogisk och malmpetrografisk studie av disseminerade sulfider i rika och fattiga prover från Kleva. (15 hp)
366. Karlsson, Michelle, 2013: En MIFO fas 1-inventering av förorenade områden: Kvarnar med kvicksilverbetning Jönköpings län. (15 hp)
367. Michalchuk, Stephen P., 2013: The Säm fold structure: characterization of folding and metamorphism in a part of the eclogite-granulite region, Sveconorwegian orogen. (45 hp)
368. Praszkiar, Aron, 2013: First evidence of Late Cretaceous decapod crustaceans from Åsen, southern Sweden. (15 hp)
369. Alexson, Johanna, 2013: Artificial groundwater recharge – is it possible in Mozambique? (15 hp)
370. Ehlorsson, Ludvig, 2013: Hydrogeologisk kartering av grundvattenmagasinet Åsumsfältet, Sjöbo. (15 hp)
371. Santsalo, Liina, 2013: The Jurassic extinction events and its relation to CO₂ levels in the atmosphere: a case study on Early Jurassic fossil leaves. (15 hp)
372. Svantesson, Fredrik, 2013: Alunskiffern i Östergötland – utbredning, mäktigheter, stratigrafi och egenskaper. (15 hp)

373. Iqbal, Faisal Javed, 2013: Paleocology and sedimentology of the Upper Cretaceous (Campanian), marine strata at Åsen, Kristianstad Basin, Southern Sweden, Scania. (45 hp)
374. Kristinsdóttir, Bára Dröfn, 2013: U-Pb, O and Lu-Hf isotope ratios of detrital zircon from Ghana, West-African Craton – Formation of juvenile, Palaeoproterozoic crust. (45 hp)
375. Grenholm, Mikael, 2014: The Birimian event in the Baoulé Mossi domain (West African Craton) — regional and global context. (45 hp)
376. Hafnadóttir, Marín Ósk, 2014: Understanding igneous processes through zircon trace element systematics: prospects and pitfalls. (45 hp)
377. Jönsson, Cecilia A. M., 2014: Geophysical ground surveys of the Matchless Amphibolite Belt in Namibia. (45 hp)
378. Åkesson, Sofia, 2014: Skjutbanors påverkan på mark och miljö. (15 hp)
379. Härling, Jesper, 2014: Food partitioning and dietary habits of mosasaurs (Reptilia, Mosasauridae) from the Campanian (Upper Cretaceous) of the Kristianstad Basin, southern Sweden. (45 hp)
380. Kristensson, Johan, 2014: Ordovicium i Fågelsångskärnan-2, Skåne – stratigrafi och faciesvariationer. (15 hp)
381. Höglund, Ida, 2014: Hiatus - Sveriges första sällskapsspel i sedimentologi. (15 hp)
382. Malmer, Edit, 2014: Vulkanism - en fara för vår hälsa? (15 hp)
383. Stamsnijder, Joaen, 2014: Bestämning av kvartshalt i sandprov - metodutveckling med OSL-, SEM- och EDS-analys. (15 hp)
384. Helmfrid, Annelie, 2014: Konceptuell modell över spridningsvägar för glasbruksföreningar i Rejmyre samhälle. (15 hp)
385. Adolfsson, Max, 2014: Visualizing the volcanic history of the Kapvaal Craton using ArcGIS. (15 hp)
386. Ekström, Elin, 2014: Geologins betydelse för geotekniker i Skåne. (15 hp)
387. Hajny, Cassandra, 2014: Ett mystiskt ryggradsdjursfossil från Åsen och dess koppling till den skånska, krittida ryggradsdjursfaunan. (15 hp)
388. Thuresson, E, 2014: Systematisk sammanställning av större geoenergianläggningar i Sverige. (15 hp)
389. Redmo, Malin, 2014: Paleontologiska och impaktrelaterade studier av ett anomalt lerlager i Schweiz. (15 hp)
390. Artursson, Christopher, 2014: Comparison of radionuclide-based solar reconstructions and sunspot observations the last 2000 years. (15 hp)
391. Svahn, Fredrika, 2014: Traces of impact in crystalline rock – A summary of processes and products of shock metamorphism in crystalline rock with focus on planar deformation features in feldspar (15 hp)
392. Järvin, Sara, 2014: Studie av faktorer som påverkar skredutbredningen vid Norsälven, Värmland. (15 hp)
393. Åberg, Gisela, 2014: Stratigrafin i Hanöbukten under senaste glaciationen: en studie av borrkärnor från IODP's expedition nr 347. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund