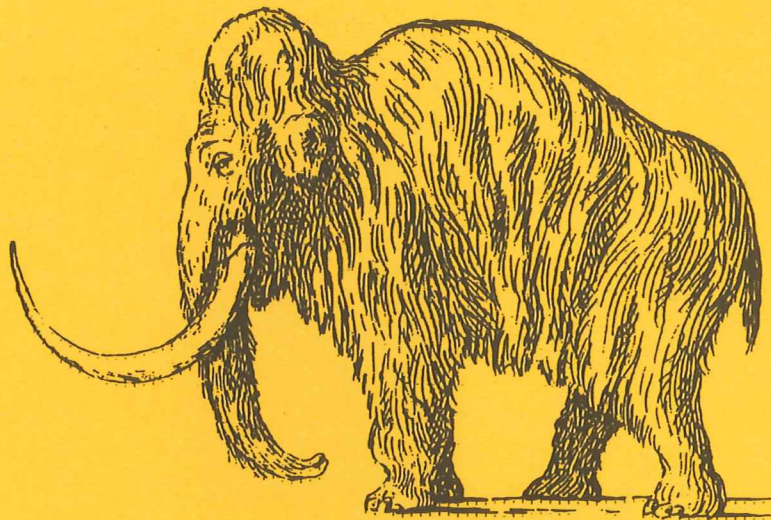


# EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Kvartärgeologi

---



Senglacial och tidigholocen etablering och expansion av  
lövträd på en lokal i nordvästra Rumänien

Kajsa Cinthio

LUNDS UNIVERSITET  
GEOBIBLIOTEKET

*pel*

---

Lunds univ. Geobiblioteket



15000

600955219

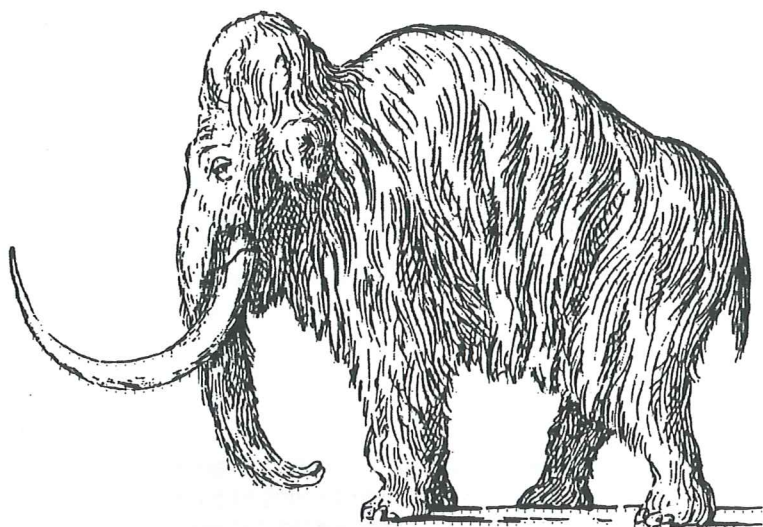
Examensarbete, 20 p  
Institutionen, Lunds Universitet

Nr 126

# EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

## Kvartärgeologi

---



**Senglacial och tidigholocen etablering och expansion av  
lövträd på en lokal i nordvästra Rumänien**

**Kajsa Cinthio**

LUNDS UNIVERSITET  
GEOLOGISKA INSTITUTIONEN

# Innehållsförteckning

<b>Abstract</b> .....	5
<b>1 Inledning</b> .....	7
1.1 Syfte .....	7
1.2 Bakgrund .....	7
1.3 Tidigare paleoekologiska undersökningar på Balkan .....	7
1.4 Tidigare paleoekologiska undersökningar i Rumänien .....	9
1.5 Spridning .....	9
<b>2 Områdesbeskrivning</b> .....	10
2.1 Läge och topografi .....	10
2.2 Geologi .....	10
2.3 Klimat .....	10
2.4 Vegetation .....	11
<b>3 Metoder</b> .....	12
3.1 Fältarbete .....	12
3.2 Laboratoriearbete .....	12
3.3 Provtagning .....	12
3.4 Mineralmagnetiska analyser .....	12
3.5 Bestämning av glödförlust .....	12
3.6 Pollenanalys .....	12
3.7 Datering och kalibrering .....	12
<b>4 Resultat</b> .....	14
4.1 Beskrivning av stratigrafien, mineralmagnetiska analyser och glödförlust .....	14
4.2 Beskrivning av pollendiagrammet .....	16
4.3 <sup>14</sup> C-datering och kalibrering .....	18
<b>5 Tolkning</b> .....	20
<b>6 Diskussion</b> .....	22
6.1 Trädslagets etablering och expansion samt tänkbara refugområden .....	22
6.2 Senglacial och tidigholocen klimat- och vegetationsutveckling i NV Rumänien ....	23
<b>Sammanfattning</b> .....	25
<b>Tackord</b> .....	26
<b>Referenser</b> .....	27

# The Late-Glacial and early Holocene establishment and expansion of broad-leaved trees at a site in northwest Romania

KAJSA CINTHIO

Cinthio, K., 2000. Senglacial och tidigholocen etablering och expansion av lövträd på en lokal i nordvästra Rumänien. *Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet*, nr 126. 20 poäng.

A sedimentary sequence retrieved from Preluca Tiganului, an overgrown crater lake at 840 m.a.s.l. in the northwest Romanian Carpathian mountains, was investigated by applying pollen analysis, mineral magnetic analysis, loss on ignition and  $^{14}\text{C}$  measurements. The purpose of the study was to reconstruct the establishment and expansion of broad-leaved trees during the Late-Glacial and early Holocene and to relate the results to problems associated with glacial refugia and early Holocene migration.

The sedimentary sequence extends back to 14700 cal. years BP. Already at this time *Pinus* (pine) was frequently present. During a warmer period between 13900–12650 cal. years BP a woodland with *Pinus*, *Picea* (spruce), and *Betula* (birch) became established. Around 12650 cal. years BP the vegetation changed and *Pinus* became again dominant together with *Betula*, *Artemisia* (mugwort/wormwood) and Poaceae (grass). At the beginning of the Holocene, 11550 cal. years BP, *Ulmus* (elm) expanded at the site together with *Picea*, while the presence of *Pinus* and *Betula* decreased. About 700

years later a mixed woodland with *Ulmus*, *Fraxinus* (ash), *Tilia* (lime) and *Picea*, but also *Quercus* (oak) and *Corylus* (hazel) had developed. *Corylus* expanded in the area and from 9100 cal. years BP the vegetation was composed of a mixed *Corylus* woodland with the above named broad leaved trees and *Acer* (maple). This vegetation maintained until 7550 cal. years BP, where the investigations of the core ends.

The results suggest that an open *Pinus* woodland, perhaps with *Betula* and *Alnus* (alder), could have been present in the area during the Last Glacial Maximum. *Picea* and also *Ulmus*, which are the first to expand at the climatic amelioration, must have had refuges in not too distant areas, perhaps in other places in the Carpathian mountains. Also *Fraxinus* and *Corylus* could have been present in the region during glacial time, while *Quercus* and *Tilia* seem to have had more distant refuge areas.

**Keywords:** Romania, pollen,  $^{14}\text{C}$ -dating, broad-leaved trees, woodland development, refuges, migration, Late-Glacial/Holocene.

Kajsa Cinthio, Department of Quaternary Geology, Lund Universitet, Tornavägen 13, S-223 63 Lund, Sweden



# 1 Inledning

## 1.1 Syfte

En fråga som länge varit intressant inom paleo-ekologisk forskning är var glaciala trädrefuger kan ha varit belägna samt hur och när de olika trädslagen spreds från dessa vid klimatförbättringen vid övergången till holocen.

Syftet med detta arbete är att rekonstruera när, under seneglacial och tidig postglacial tid, olika trädslag började uppträda och expandera på en lokal (Preluca Tiganului, 840 m ö h) i nordvästra Rumänien. Resultatet kan förhoppningsvis bidra med en liten pusselbit till var trädslagens refugområden kan ha funnits och hur de olika arternas spridningsmönster kan ha sett ut.

## 1.2 Bakgrund

Ända sedan man blev medveten om att norra Europa vid flera tillfällen varit täckt av inlandsis har man spekulerat om var, framför allt, dagens nord-europeiska trädflora har kunnat överleva dessa glaciationer (Bennett m fl, 1991). I pollensekvenser från olika delar av Europa har man tidigt sett att träd och andra växter under interglacialer spreds norrut över tidigare stäpp- eller istäckta områden (Huntley & Webb, 1989).

Tidigare trodde man även att vegetationen på samma sätt försköts söderut vid slutet av interglacialer (Reid, 1935; van der Hammen m fl, 1971) men någon sådan återspridning har inte kunnat beläggas (Huntley, 1993; Bennett m fl, 1991). Det betyder att de områden som fungerat som refuger måste ha hyst vegetationen i fråga under såväl glacialer som interglacialer (Bennett m fl, 1991). Refugområdena kan alltså inte ha varit lokaliserade till sydligaste Europa eller ännu längre söderut (norra Afrika, Mellanöstern), söder om dagens utbredning av tempererad skog, som först antogs. Det finns heller inga pollensekvenser som tyder på att så skulle varit fallet. Bennett m fl (1991) drar av detta slutsatsen att dagens nordeuropeiska trädflora måste ha funnits i Europa under hela pleistocen men kännedomen om dess utbredning under kalla perioder är mycket dålig.

Med utgångspunkt från dagens utbredning av tempererad skog och var olika trädarter först började expandera under seneglacial/tidig postglacial tid har Huntley & Birks (1983) och Bennett m fl (1991) föreslagit Balkan, Alperna och italienska bergsområden som möjliga refugområden. Att pollen från träden i fråga är ovanliga i pollen-

sekvenser från glacial tid anses inte vara något problem då växter kan överleva i populationer som är betydligt mindre än de som kan upptäckas med pollenanalys. På Balkan har topografi, nederbörd och temperatur mycket stora gradienter vilket gör att området hyser många olika mikroklimat som kan variera mycket inom korta avstånd. Under den senaste istiden var klimatet på Balkan mycket kallare men ungefär lika fuktigt som idag och ska knappast ha utgjort något hinder för överlevnaden av tempererade träd (Bennett m fl, 1991).

Enligt van Andel & Tzedakis (1996) fanns det refuger för tempererade träd på Balkan redan under förra istiden (saale) för omkring 150000 år sedan. Under den senaste istiden (weichsel, ca 75000–14000 <sup>14</sup>C-år BP) antar Willis (1994a), efter en sammanställning av tidigare undersökningar, att vegetationen på Balkan bestod av en *Artemisia-Chenopodiaceae*-stäpp. Denna vegetationstyp var även utbredd i stora delar av övriga Europa. Emellertid fanns det på Balkan också en kontinuerlig närvaro av ett flertal barr- och lövträdsarter (tabell 1). Barrträden kunde sannolikt bilda utbredda skogar. Gran (*Picea*) verkar enligt sammanställningen ha varit vanligast på östra Balkan medan tall (*Pinus*) dominerade på västra och södra Balkan. Lövträden förekom antagligen i små populationer i luckor i barrskogen lokaliserade till områden med gynnsamma mikroklimat, till exempel på sydsluttningar och högre, fuktigare mark, framför allt i bergen. Vid början av holocen verkar lövträden på Balkan ha expanderat kraftigt.

## 1.3 Tidigare paleoekologiska undersökningar på Balkan

De paleoekologiska undersökningar som tidigare gjorts på Balkan har inte varit särskilt omfattande. Pollenanalys har visserligen gjorts på en del lokaler men dessa har främst visat den regionala pollenfloran. Oftast har undersökningarna dessutom endast omfattat holocen och inte sträckt sig ända tillbaka till seneglacial tid och om pollensekvenserna överhuvudtaget blivit daterade så har dateringarna varit bristfälliga. Dessa undersökningar har därför inte varit lämpliga att använda för att mer exakt rekonstruera den lokala vegetationen och lokalisera eventuella refugområden (Willis, 1994a). På 1990-talet har dock en rad nya paleoekologiska undersökningar gjorts, av bland andra K. J. Willis, med syfte att belägga refugområdenas existens på Balkan samt att precisera var de var belägna.

Tabell 1. Trädslag som förekom på Balkan under den senaste glacialen (75000–10000 <sup>14</sup>C-år BP), efter Willis (1994a).

Land och lokal	Höjd över havet (m)	Förekommande trädpollentyper (ordnade efter minskande frekvens av den totala trädpollensumman)
<b>Slovenien</b>		
Ljubljana	300	<i>Pinus, Picea, Quercus, Tilia, Corylus, Ulmus, Alnus, Betula, Acer, Salix</i>
Ledine	1700	<i>Pinus, Picea, Betula, Alnus, Quercus, Tilia, Ulmus, Acer</i>
<b>Rumänien</b>		
Taul Zanutii	1840	<i>Pinus, Picea, Tilia, Ulmus, Alnus, Corylus</i>
Valea stinii	1100	<i>Pinus, Picea, Quercus, Corylus, Betula</i>
<b>Bulgarien</b>		
Sucho Ezero	1900	<i>Pinus, Quercus, Alnus, Fagus, Betula</i>
Kupena	1300	<i>Pinus, Juniperus, Betula, Quercus, Alnus, Corylus, Ulmus, Tilia</i>
<b>Grekland</b>		
Ioannina	500	<i>Quercus, Pinus, Corylus, Ulmus, Tilia, Betula, Acer, Alnus, Fagus</i>
Tenaghi Philippon	40	<i>Pinus, Quercus, Juniperus, Betula, Salix</i>
Gramousti	285	<i>Pinus, Quercus, Juniperus, Salix, Corylus</i>
Kopais	100	<i>Pinus, Quercus, Betula</i>
Xinias	500	<i>Quercus, Pinus, Corylus, Juniperus, Betula, Alnus, Ulmus</i>

I nordvästra Grekland undersökte Willis (1994b) två lokaler som endast låg 20 km ifrån varandra. Den ena var låglandssjön Gramousti på 285 m ö h och den andra kärrområdet Rezina i bergen på 1800 m ö h. Sedimentsekvenserna, som omfattade ca 14000 respektive 10000 år, analyserades med avseende på pollen och makrofossil, dels för att belägga refugområden och dels för att undersöka vegetationsskillnader mellan områden på olika höjd över havet. På låglandslokalen visade det sig att vegetationen under sen-glacial tid bestod av en stäpp med gräs (Poaceae), malört/gräbo (*Artemisia*) och mållväxter (Chenopodiaceae). Där förekom även en del träd och buskar i små mängder, t ex tall, ek (*Quercus*), efedra (*Ephedra*), en (*Juniperus*), sälg/vide (*Salix*), ädelgran (*Abies*) och *Carpinus orientalis*. Vid övergången till postglacial tid expanderade främst ek men den totala andelen trädpollen var endast 45 % vilket tyder på ett relativt öppet parklandskap. Expansionen här skedde ca 500 år tidigare än i bergen där även vegetationen var något annorlunda. Under sen-glacial tid dominerades vegetationen i bergen, liksom i låglandet, av stäpparter men inslaget av träd var betydligt större (30 %). Trädslag som förekom var tall, ek, *Carpinus orientalis*, lind (*Tilia*), alm (*Ulmus*) och ädelgran. Vid övergången till postglacial tid expanderade en ekblandskog innehållande minst tio arter. Omkring 500 år senare var träd- och buskdiversiteten uppe i 16 arter. Dessa var bl a tall, ek, ädelgran, hassel (*Corylus*), en, lind, alm, al (*Alnus*), ask (*Fraxinus*) och bok (*Fagus*). Skogen var tät och bidrog med ca 90 % av pollen-summan. Dominansen av ek varade inte länge utan övertogs av ädelgran och senare av *Carpinus*.

Sammanfattningsvis visar resultaten att en hel del tempererade trädarter förekom på lokalerna under glacial tid samt att såväl diversiteten som densiteten av träd var högre i bergen.

Även från en lokal i slättlandskapet nedanför Karpaterna i nordöstra Ungern (Bátorliget, 130 m ö h) finns det belägg för att det under glacial tid förekom både stäpp- och skogselement (Willis m fl, 1995). Skogen dominerades av tall och gran och det fanns även en konstant närvaro av björk (*Betula*), sälg/vide och en. Dessutom förekom ek, alm, *Carpinus orientalis*, lind och hassel sporadiskt. Redan under sen-glacial tid började skogen att expandera, då främst tall och björk. Vid övergången till holocen blev lövskogen dominerande med först lind och något senare ek som främsta art. En sammanställning av träkolsanalyser från 31 lokaler i Ungern (Willis m fl, 2000) visar också att flera trädarter fanns i Ungern under den senaste istiden. Träkolsbitar härstammar, till skillnad från pollen, sällan från platser mer än 100 m från fyndlokalen och är därför med stor säkerhet från den lokala floran. De trädslag som har påvisats genom träkolsanalys är tall, gran, björk, en, sälg/vide, lärk (*Larix*) och avenbok (*Carpinus*). Enligt dateringarna förekom träden i Ungern även under den senaste glacialens maximum.

En lokal som visserligen inte ligger på Balkan men i norra Karpaterna, endast ca 160 km NNV om Preluca Tiganului, är Tarnawa Wyzna på 670 m ö h i sydöstra Polen. Här förekom tall, lärk, björk och en under sen-glacial tid och vid början av holocen var det främst gran och alm som expanderade (Ralska-Jasiewiczowa & Latalowa, 1996).

## 1.4 Tidigare paleoekologiska undersökningar i Rumänien

Inom paleoekologi är Rumänien i stort sett en vit fläck på kartan. Det har visserligen gjorts pollenanalys på en hel del lokaler, men resultaten är nästan uteslutande publicerade på rumänska i nationella tidskrifter (t ex Coldea 1971, Diaconeasa & Stefureac 1971, Pop 1971, Farcas 1996, Diaconeasa & Farcas 1996). Undersökningarna omfattar dessutom i huvudsak holocen och har låg provtäthet samt saknar helt  $^{14}\text{C}$ -dateringar. Det är därför inte möjligt att jämföra vegetationsutvecklingen med väldaterade sekvenser från t ex norra och västra Europa (Berglund m fl, 1996). Ett undantag är de nydligen publicerade undersökningarna av Farcas m fl (1999) där pollensekvenserna börjar i sengacial tid och är  $^{14}\text{C}$ -daterade.

Det är dock tänkbart att det har funnits refugområden även i Rumänien. Framför allt finns det stora områden på mellannivåer i Karpaterna och i dess närhet, t ex i nordvästra Rumänien, som bör ha haft ett gynnsamt klimat under sen-glacial tid. Rumänien ligger dessutom mitt i spridningsvägen norrut från Grekland och Bulgarien. De flesta trädarter som idag finns i norra Europa bör ha passerat och/eller spridits från lokala refuger i Rumänien under tidig postglacial tid. Om så är fallet borde tidigholocena spridningsmönster synas väl i rumänska pollensekvenser.

En preliminär undersökning gjordes på lokalen Preluca Tiganului i nordvästra Rumänien av Wohlfarth m fl (submitted). De fann att tall förekom relativt rikligt redan i de äldsta proverna (ca 12500  $^{14}\text{C}$ -år BP) och att lövträd expanderade under sen-glacial tid redan omkring 11800  $^{14}\text{C}$ -år BP. De lövträd som förekom i proverna var björk, al, alm och ek och expansionen skedde antagligen relativt snabbt. Även gran expanderade kraftigt vid samma tid som lövträden.

## 1.5 Spridning

Från refugområdena har tempererad vegetation vid holocens (och tidigare interglacialers) början spridits norrut och västerut över Europa. Spridningen har skett successivt och olika artkombinationer har avlöst varandra med en ständig vegetationsutveckling som följd (Huntley & Webb, 1989).

Klimatet och dess förändringar är givetvis grundläggande för hur spridningen av olika arter har gått till (Huntley & Webb, 1989) men det finns även en rad andra faktorer som påverkar och bidrar till att olika arter uppvisar olika spridningsmönster (Huntley m fl, 1996). Dels påverkas spridningen av antalet refugupopulationer och fördelningen av dessa, dels av artens fröproduktion och pollenspridning. Spridning från många, utspridda refuger går, till exempel, snabbare än spridning från en enskild refug. Vid god långdistansspridning sprids en art snabbt, åtminstone med låg densitet, även om fröproduktionen är låg och expansionen sker från en enskild refug. Hög fröproduktion ger snabb spridning från många refuger, även om långdistansspridningen är begränsad. Däremot innebär begränsad långdistansspridning långsam spridning från en enskild refug, även om fröproduktionen är hög. I de fall då spridningen går långsamt blir det en fördröjning av artens ankomst till ett område och arten kan uppträda först långt efter det att klimat och miljö egentligen blev gynnsamma.

Även tillgången på lämpliga habitat i landskapet har betydelse (Huntley m fl, 1996). Det kan till exempel röra sig om att en art kräver en viss jordmånstyp som tar tid att utvecklas (Huntley & Webb, 1989). Det är också så att olika arter beter sig olika i förhållande till annan vegetation. Spridningen följer ofta en viss succession med primära arter, kolonisatörer (t ex tall och björk), som sprids över områden utan tidigare skogsvegetation och sekundära arter, sensuccessionsarter (t ex lind och alm), som sprids i befintlig skogsvegetation och därför begränsas av öppningar i den existerande skogen. Det finns dessutom skuggtåliga arter (t ex gran och hassel) som klarar att etablera sig i skogsvegetation utan att det nödvändigtvis finns några öppningar.



## 2 Områdesbeskrivning

### 2.1 Läge och topografi

Det undersökta området ligger i nordvästra Rumänien (figur 1 & 2). Lokalen, Preluca Tiganului, är en gammal vulkankrater belägen ca 10 km sydväst om samhället Negresti-Oas på Ignusului-bergens västsluttning på ca 840 m ö h (figur 3). Bergen är en del av Karpaterna och sträcker sig i nordväst-sydöstlig riktning. Topparna i området når 1200–1300 m ö h medan Oasului-dalen i nordväst ligger på ca 200 m ö h. Den numera igenväxta kratersjön är nästan cirkelrund och har en area på ca 1 ha.

### 2.2 Geologi

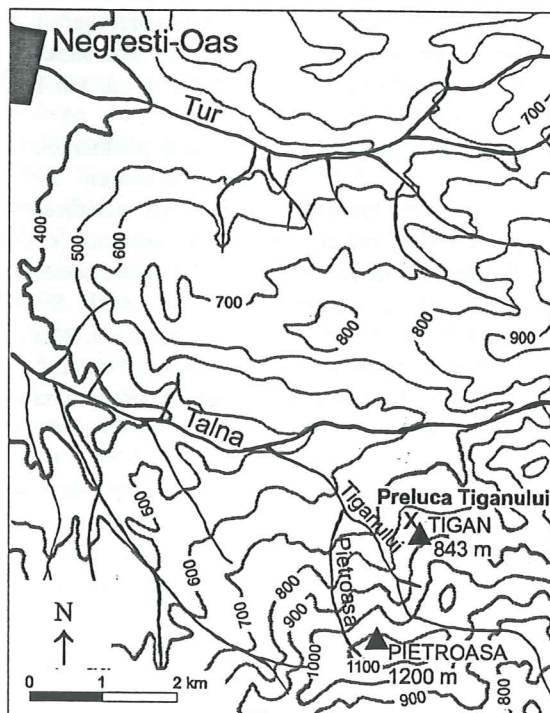
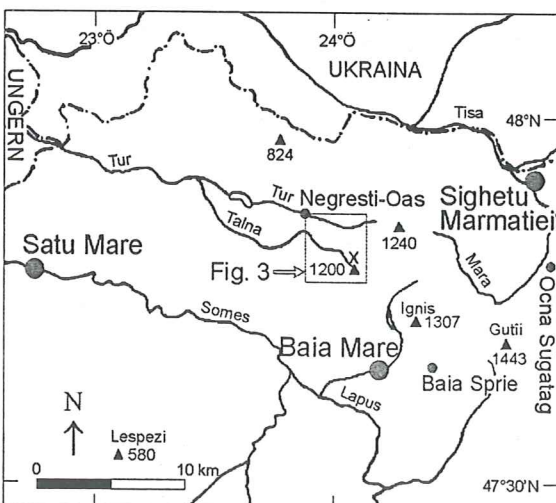
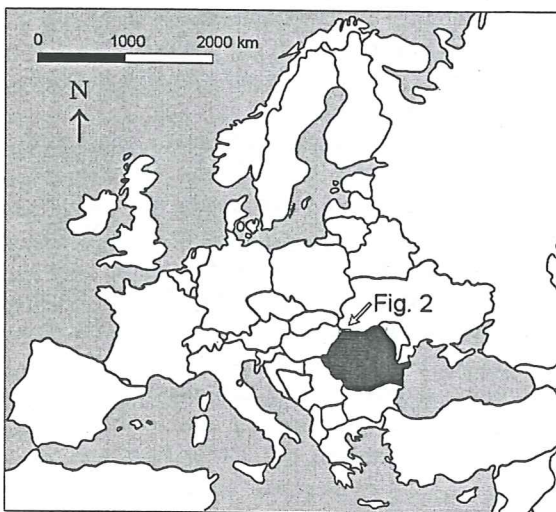
Berggrunden (figur 4) består av vulkaniska intermediära och sura bergarter (dacit, andesit och ryolit) bildade under senaste delen av pliocen (Borcos, 1979). De dominerande bergarterna är andesit, med pyroxen som huvudkomponent, (s k Sapanta-

andesit) och kvartsrik andesit (s k Suior-andesit). Den senare är starkt vittrad kring området där vattendragen Tiganului och Pietroasa förenas.

Det finns inte mycket information tillgänglig om de kvartära avlagringarna i området. Mina handledare observerade dock i vägskäringar att sedimenten antagligen till största delen är bildade genom sluttningprocesser. Området var antagligen fritt från glaciärer under den senaste nedisningen. Det antas nämligen allmänt att glaciärerna i Karpaterna då inte nådde under 1600 m ö h (Woldstedt, 1958). Det är därför inte troligt att några glaciärer fanns i de lägre Ignusului-bergen.

### 2.3 Klimat

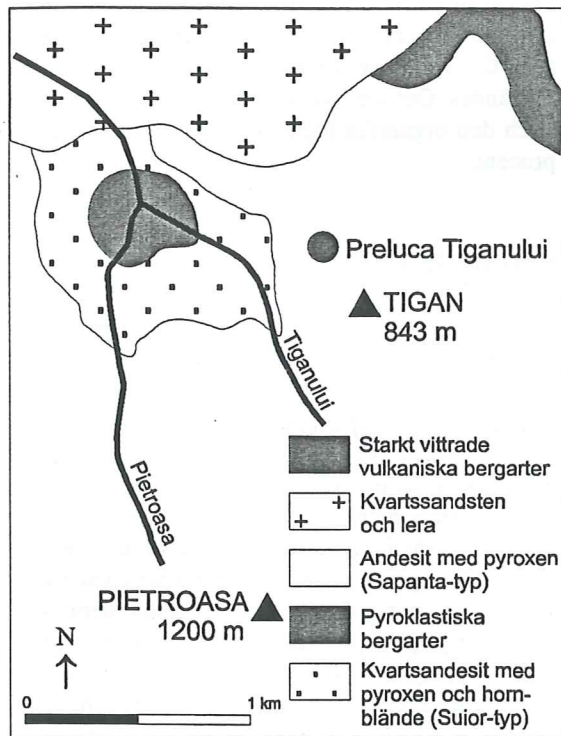
Enligt Köppen-Geigersystemet för klimatklassifikation har området ett fuktigt, kontinentalt mellanlatitudsklimat med varma somrar (Strahler & Strahler, 1992). Det innebär att medeltemperaturen



Figur 1 (överst t v). Karta över Europa med Rumänien markerat med mörkgrått. Figur 2 (nederst t v). Karta över nordvästra Rumänien. Lokalen Preluca Tiganului är markerad med X. Figur 3 (t h). Topografisk karta över området kring lokalen. Lokalen Preluca Tiganului är markerad med X.

är över 10 °C (men under 22 °C) den varmaste månaden på året och under -3 °C den kallaste. Nederbörden är jämt fördelad över året och det förekommer ingen torrperiod. Som jämförelse kan nämnas att det är samma klimattyp som i stora delar av mellersta och norra Sverige. Läget gör dock säkerligen att området har inslag av Karpaternas höglandsklimat.

Klimatdata finns tillgängligt från väderstationer i Satu Mare och Baia Mare samt från östra (Ocna Sugatag) och norra (Sighetu Marmatiei) delarna av Ignusului-bergen (figur 1b). Årsmedeltemperaturen



Figur 4. Berggrunden kring lokalen Preluca Tiganului.

är högst i Satu Mare och Baia Mare där den ligger på 9,5 °C. Den är något lägre öster om (7,8 °C) och norr om (8,5 °C) bergskedjan. Årsmedelnederbörden är lägst i Satu Mare (600 mm) och stiger till 860 mm i Baia Mare. Mot öster och norr minskar den något till 720 respektive 740 mm.

## 2.4 Vegetation

Området ligger på gränsen mellan två vegetationsregioner. Karpaterna i norr och öster tillhör en region med blandad boreal barr- och lövskog medan låglandet i väster bildar en grässtäppsregion (Strahler & Strahler, 1992).

Preluca Tiganului är i dag en eutrof till mesotrof torvmark (Lupsa, 1980). Vegetationen består av olika gräs, starr och örter (tabell 2). Den omgivande skogsvegetationen består av relativt unga bokskogar och nyligen planterade granar.

Tabell 2. Arter som förekommer på Preluca Tiganului, efter Lupsa (1980).

Latinskt namn	Svenskt namn
<i>Nardus stricta</i>	stagg
<i>Festuca rubra</i>	rödsvingel
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	vårbrodd
<i>Deschampsia cespitosa</i>	tuvtåtel
<i>Juncus conglomeratus</i>	knappståg
<i>Carex stellulata</i>	-
<i>Carex flava</i>	knagglestarr
<i>Carex canescens</i>	gråstarr
<i>Carex rostrata</i>	flaskstarr
<i>Eriophorum latifolium</i>	gräsull
<i>Potentilla erecta</i>	blodrot
<i>Galium palustre</i>	vattenmåra
<i>Lysimachia vulgaris</i>	videört
<i>Caltha laeta</i>	-

## 3 Metoder

### 3.1 Fältarbete

Arbetet i fält utfördes i maj 1999 av handledarna Leif Björkman och Barbara Wohlfarth tillsammans med Bogdan Onac och Angelica Feurdean från Rumänien. Proverna togs med en rysk torvprovtagare med 1 meters längd och 5 cm i diameter.

### 3.2 Laboratoriearbete

Då det i provsekvansens nedre del fanns ett par parallella kärnor och stora överlappningar korrelerades kärnorna med avseende på provdjup och ingående lager. De sekvenser som verkade mest representativa valdes ut och en stratigrafi upprättades. Varje lager beskrevs med avseende på jordart, färg, humifieringsgrad, eventuella ved- och växtfragment, avvikande horisonter och hur den undre gränsen såg ut.

Sekvensen av borrhärlor var 10 m lång men undersökningarna koncentrerades till de sex undre metrarna då dessa troligen omfattade den period som var av intresse för arbetet. För att bli säker på att så var fallet utfördes först en mycket översiktlig pollenanalys på lutpreparat. Analysen omfattade prover från 15 nivåer mellan 9,90 och 4,90 m, i vilka främst lövträdpollen eftersöktes.

### 3.3 Provtagning

För mineralmagnetiska analyser och bestämning av glödförlust togs prover på två cm kontinuerligt lägs hela provsekvansen. På samma provnivåer togs också prover med en volym på 1 cm<sup>3</sup> för pollenanalys. Det som var kvar av kärnan delades upp i ca 4 cm bitar till makrofossilprover för datering.

### 3.4 Mineralmagnetiska analyser

Den magnetiska susceptibiliteten mättes med en Kappabrigge KLY-2. Det ger ett mått på provets magnetiseringsförmåga och dess innehåll av magnetiska material. Såväl ferri-, antiferri-, para- och diamagnetiska mineral/material bidrar till susceptibiliteten (Walden m fl, 1999). För SIRM inducerades ett magnetiskt fält vid 1 T i en Redcliffe BSM 700 Puls Magnetic Charger. Den inducerade remanenta magnetismen mättes sedan i en Molspin Spinner Magnetometer. SIRM (Saturation Isothermal Remanent Magnetisation) är ett mått på kon-

centrationen av remanensbärande mineral samt dess dominerade kornstorlek (Walden m fl, 1999). Mätvärdena från båda analyserna räknades om till massspecifika värden efter att proverna torkats i 50 °C och torrvikten bestämts.

### 3.5 Bestämning av glödförlust

Halten organiskt material bestämdes med hjälp av glödförlust. Proverna (med känd torrsvikt) glödgades vid 550 °C i 3 timmar varvid det organiska materialet förbrändes. Det som var kvar av proverna vägdes igen och den organiska halten i torrt prov räknades ut i procent.

### 3.6 Pollenanalys

Proven för pollenanalys preparerades i stort sett enligt Moore m fl (1991). I en första omgång räknades var 15:e prov (ca 35 cm provmellanrum). En förtätning av provpunkterna gjordes sedan med var 5:e prov (ca 12 cm provmellanrum) i den översta halvan, som visat sig vara mest intressant för arbetet. Det är nämligen först där många lövträdpollentyper börjar förekomma och frekvenserna blir höga. Slutligen gjordes ytterligare förtätning vid två ställen för att mer exakt kunna fastställa periodgränser. I varje prov räknades ca 500 pollen, med undantag för några prover med mycket låg pollenkoncentration. Pollentyperna bestämdes med hjälp av litteratur som Moore m fl (1991) och Reille (1992) samt institutionens referenssamling. Pollentypernas namnsättning följer i stort Moore m fl (1991) med undantag för underfamiljerna inom Asteraceae som här benämns Liguliflorae och Tubuliflorae.

### 3.7 Datering och kalibrering

Makrofossilproverna för de nivåer som skulle dateras slammades genom en sil med 0,125 mm maskbredd. Växtmakrofossil lämpliga för <sup>14</sup>C-datering identifierades och plockades ut med hjälp av mikroskop. Dateringsmaterialet torkades sedan vid 100 °C. Dateringen skedde enligt acceleratormetoden (AMS) vid Ångströmlaboratoriet i Uppsala.

De erhållna <sup>14</sup>C-åldrarna kalibrerades med datorprogrammet OxCal (Ramsey, 1995) men för att få mer exakta åldrar jämfördes dateringarna dessutom

visuellt med en kalibreringskurva, INTCAL98 (Stuvier m fl, 1998).

I arbetet anges åldrar i kalibrerade år före nutid (BP) där inget annat anges. Vid benämning av senglaciala tidsperioder används terminologin som föreslagits av Björck m fl (1998). Terminologin

grundar sig på GRIP-iskärnans "event-stratigrafi" och åldrarna avser GRIP-år BP. GS-1 (11500–12650 BP) motsvarar yngre dryas, GI-1a-c (12650–13900 BP) alleröd, GI-1d (13900–14040 BP) äldre dryas, GI-1e (14040–14700 BP) bölling och GS-2 (14700–16900 BP) äldsta dryas.

## 4 Resultat

### 4.1 Beskrivning av stratigrafin, mineralmagnetiska analyser och glödförlust

Lagerföljden har delats in i enheter med avseende på jordart och förändringar i magnetiska egenskaper och organisk halt. För lagerföljd, jordartsbeskrivning samt enhetsindelning se tabell 3. Resultaten från mineralmagnetiska analyser och glödförlust redovisas i figur 5.

#### *Enhet 1 (9,90–9,59 m):*

Enheten består av findetritusgyttja med ett inbäddat lager av grovdetritusgyttja. Den magnetiska susceptibiliteten ligger mellan 0,025 och 0,50  $\mu\text{m}^3/\text{kg}$  men stiger i enhetens översta del. Värdena för SIRM är mycket låga, men även dessa stiger i enhetens översta del. Den organiska halten ligger mestadels över 50 %, men sjunker i enhetens övre del.

#### *Enhet 2 (9,59–9,49 m):*

Enheten består av leryttja. Den magnetiska susceptibiliteten är låg men högre än i enhet 1 (ca 0,075  $\mu\text{m}^3/\text{kg}$ ). Även värdena för SIRM är förhållandevis höga (< 0,5  $\text{mAm}^2/\text{kg}$ ). Halten organiskt material är ca 20 %.

#### *Enhet 3 (9,49–9,33 m):*

Enheten består av torvig gyttja. Den magnetiska susceptibiliteten är något lägre än i föregående

enhet (ca 0,05  $\mu\text{m}^3/\text{kg}$ ). Samma mönster gäller för SIRM vars värden ligger kring 0,025  $\text{mAm}^2/\text{kg}$ . Den organiska halten varierar omkring 30–50 %.

#### *Enhet 4 (9,33–9,14 m):*

Enheten består av lerig gyttja. Den magnetiska susceptibiliteten är förhållandevis hög. Vid två toppar överstiger värdena 0,12  $\mu\text{m}^3/\text{kg}$ . Värdena för SIRM överstiger på två ställen 1,3  $\text{mAm}^2/\text{kg}$  men däremellan är de något lägre. Den organiska halten ligger kring 20 %.

#### *Enhet 5 (9,14–8,70 m):*

Enheten består av kärrtorv (gyttjig i botten) som via gyttjig torv övergår till torvig gyttja. Den magnetiska susceptibiliteten varierar mellan 0,01 och 0,05  $\mu\text{m}^3/\text{kg}$ , med de högre värdena i enhetens övre del. Värdena för SIRM är mycket låga, fränsett en liten topp i enhetens översta del. Halten organiskt material varierar från 75 % i enhetens nedre del till 35 % i enhetens övre del.

#### *Enhet 6 (8,70–6,13 m):*

Enheten består av lövkärrtorv. Den magnetiska susceptibiliteten minskar kraftigt i enhetens nedersta del och har sedan negativa värden (ner till -0,05  $\mu\text{m}^3/\text{kg}$ ) med undantag från en topp vid 7,9 m. Värdena för SIRM är mycket låga och jämna. Den organiska halten är huvudsakligen mycket hög (80–95 %) med undantag från några dalar vid t ex 7,5 och 7,9 m då värdena tillfälligt sjunker under 70 %.

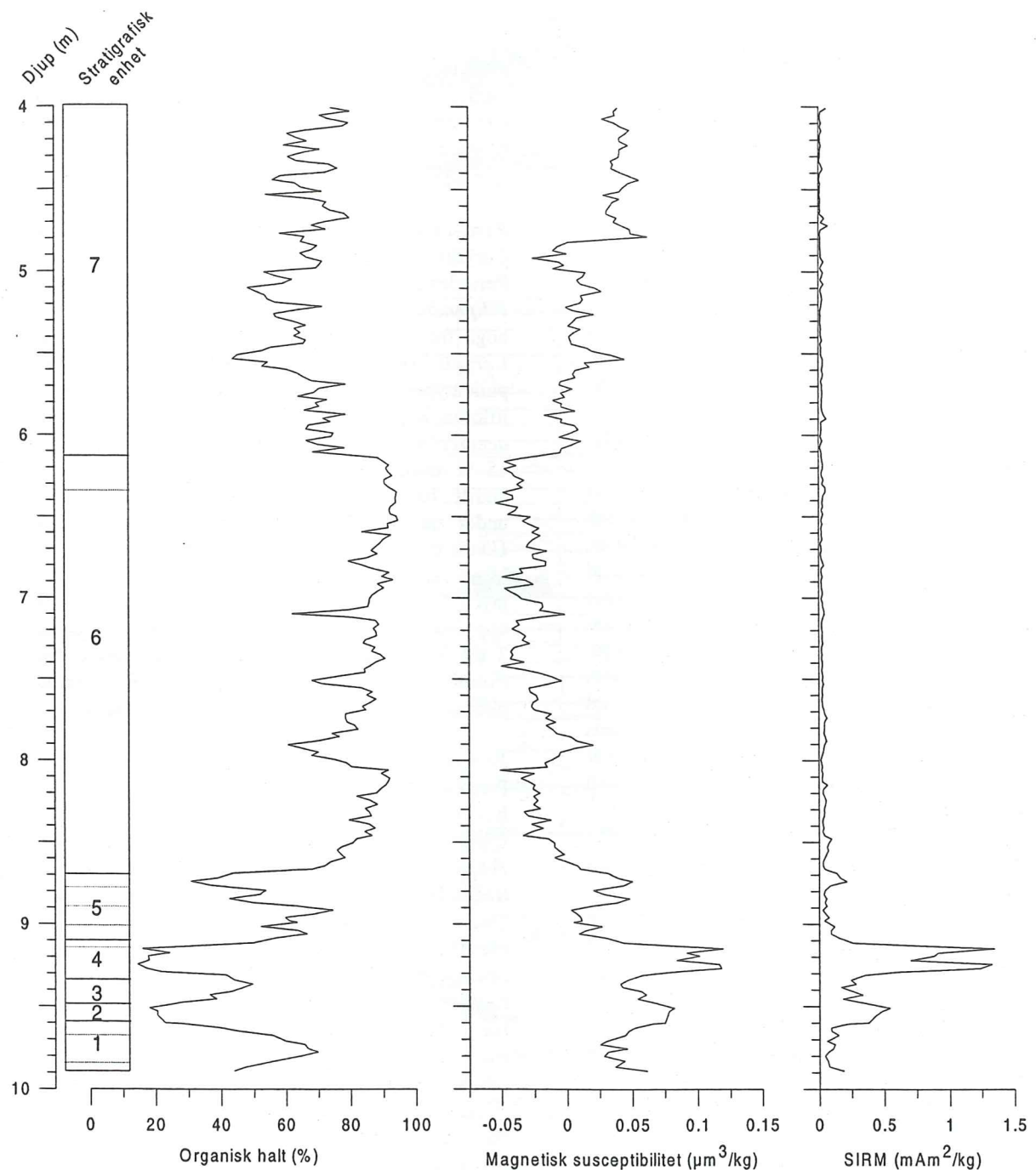
Tabell 3. Beskrivning och enhetsindelning av den studerade lagerföljden.

Enhet	Djup (m)	Beskrivning
7	4,00-6,13	Kärrtorv. Mörkbrun, höghumifierad, med stora vedrester. Undre gräns gradvis.
6	6,13-6,34	Lövkärrtorv. Mörkbrun, måttligt humifierad, övergångszon till ovanliggande lager.
	6,34-8,70	Lövkärrtorv. Mörkbrun, måttligt humifierad, med en del vedrester. Undre gräns gradvis.
5	8,70-8,78	Torvig gyttja. Brun. Undre gräns gradvis.
	8,78-8,89	Gyttjig kärrtorv. Mörkbrun, måttligt humifierad. Undre gräns gradvis.
	8,89-9,01	Kärrtorv. Mörkbrun, måttligt humifierad. Vid 8,955 m ett begie, distinkt lager. Undre gräns gradvis.
	9,01-9,10	Kärrtorv. Mörkbrun, höghumifierad. Undre gräns gradvis.
	9,10-9,14	Gyttjig kärrtorv. Mörkbrun, måttligt humifierad, med mycket vedrester. Undre gräns gradvis.
4	9,14-9,33	Lerig gyttja. Gråbrun, med vedrester. Undre gräns gradvis.
3	9,33-9,49	Torvig gyttja. Mörkbrun, med ljusa linser vid 9,425 och 9,430 m. Undre gräns gradvis, men i en parallellkärna skarp och erosiv.
2	9,49-9,59	Lerig gyttja. Gråbrun, med några organiska horisonter (mörka), ca 0,5 cm mäktiga, vid t ex 9,535 m. Vid 9,505 m en ljus horisont. Undre gräns gradvis.
1	9,59-9,68	Findetritusgyttja. Gråbrun till mörkbrun, med lite vedrester. Undre gräns gradvis.
	9,68-9,84	Grovdetritusgyttja. Mörkbrun, med ved- och andra grövre växtrester. Undre gräns gradvis.
	9,84-9,90	Findetritusgyttja. Mörkbrun. Undre gräns ej nådd.

Enhet 7 (6,13–4,00 m):

Enheten består av kärrtorv. Den magnetiska susceptibiliteten är något högre än i föregående enhet och fluktuerar kring  $0 \mu\text{m}^3/\text{kg}$ . Vid 4.8 m ökar den ytterligare till omkring  $0,04 \mu\text{m}^3/\text{kg}$ . Värdena

för SIRM är som i föregående enhet mycket låga och jämna. Den organiska halten är 45–80 %. Halten är dock störst i enhetens nedersta och översta delar.



Figur 5. Resultat från glödförlustbestämning (organisk halt) och mineralmagnetiska analyser. Indelningen i stratigrafiska enheter visas t v. De tunna strecken markerar sedimentgränser inom enheterna.

## 4.2 Beskrivning av pollen- diagrammet

Pollendiagrammet (figur 6) har visuellt delats in i sex perioder med olika pollensammansättning.

### *Period A (9,90–8,64 m): Pinus-Poaceae*

Perioden karaktäriseras av mycket höga pollenfrekvenser av *Pinus* (50–60 %) och höga frekvenser av *Poaceae* (15–35 %). Av övriga trädpollentyper förekommer *Betula* och *Alnus*, men de har ganska låga värden. *Juniperus* och *Salix* förekommer med mycket låga värden och försvinner respektive minskar mot slutet av perioden. Örtpollenfloran är relativt rik och förutom *Poaceae* förekommer *Cyperaceae*, *Ranunculaceae* undiff. och *Artemisia* med ett par procent vardera. Noterbart är dessutom förekomsten av enstaka pollen av *Papaver* och *Helianthemum*. Under periodens slutskede börjar enstaka pollenkorn av *Picea*, *Quercus* och *Corylus* att uppträda.

### *Period B (8,64–7,94 m): Pinus-Picea-Betula-Poaceae*

Perioden karaktäriseras av höga pollenfrekvenser av *Pinus* (25–50 %), *Picea* (ca 15 %), *Betula* och *Poaceae*. Av övriga pollentyper är det endast *Alnus*, *Cyperaceae* och *Artemisia* som förekommer med några högre frekvenser. Av andra örtpollentyper förekommer *Menyanthes*, *Filipendula*, *Chenopodiaceae* och *Apiaceae* regelbundet. Noterbart är förekomsten av flera träd- och buskpollentyper som *Quercus*, *Ulmus*, *Fraxinus* och *Corylus*, samt att *Equisetum* förekommer med en topp i periodens översta prov. Jämfört med föregående period har *Betula* och *Picea* ökat, medan *Pinus*, *Poaceae* och *Ranunculaceae* undiff. däremot minskat.

### *Period C (7,94–6,52 m): Pinus-Artemisia-Betula-Poaceae*

Perioden karaktäriseras av mycket höga pollenfrekvenser av *Pinus* (30–60 %) samt höga frekvenser av *Artemisia*, *Betula* och *Poaceae*. Av övriga pollentyper förekommer *Cyperaceae*, *Picea*, *Alnus*, *Chenopodiaceae*, *Filipendula*, *Valeriana* och *Salix* med låga frekvenser. *Juniperus* och *Ephedra* förekommer med enstaka pollenkorn i periodens början. Förekomsten av *Betula* har i början minskat kraftigt jämfört med föregående period, men frekvensen ökar sedan till över 20 % vid periodens slut. Jämfört med föregående period har även *Picea* minskat kraftigt, medan *Artemisia* och *Chenopodiaceae* däremot ökat kraftigt.

### *Period D (6,52–6,10 m): Ulmus-Pinus-Picea-Betula*

Perioden karaktäriseras av mycket höga trädpollenfrekvenser (ca 85 %). De dominerande trädpollentyperna är *Ulmus* (20–45 %), *Pinus*, *Picea* och *Betula*. *Alnus*, *Quercus*, *Tilia* och *Fraxinus* har däremot relativt låga värden. Av örtpollen förekommer *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Filipendula* och *Artemisia* med en frekvens på några procent vardera. *Polypodiaceae* undiff. har relativt höga värden (10–20 %). Jämfört med föregående period har framför allt *Ulmus*, men även *Picea* och *Polypodiaceae* undiff. ökat kraftigt, medan *Artemisia*, *Chenopodiaceae* och *Poaceae* har minskat.

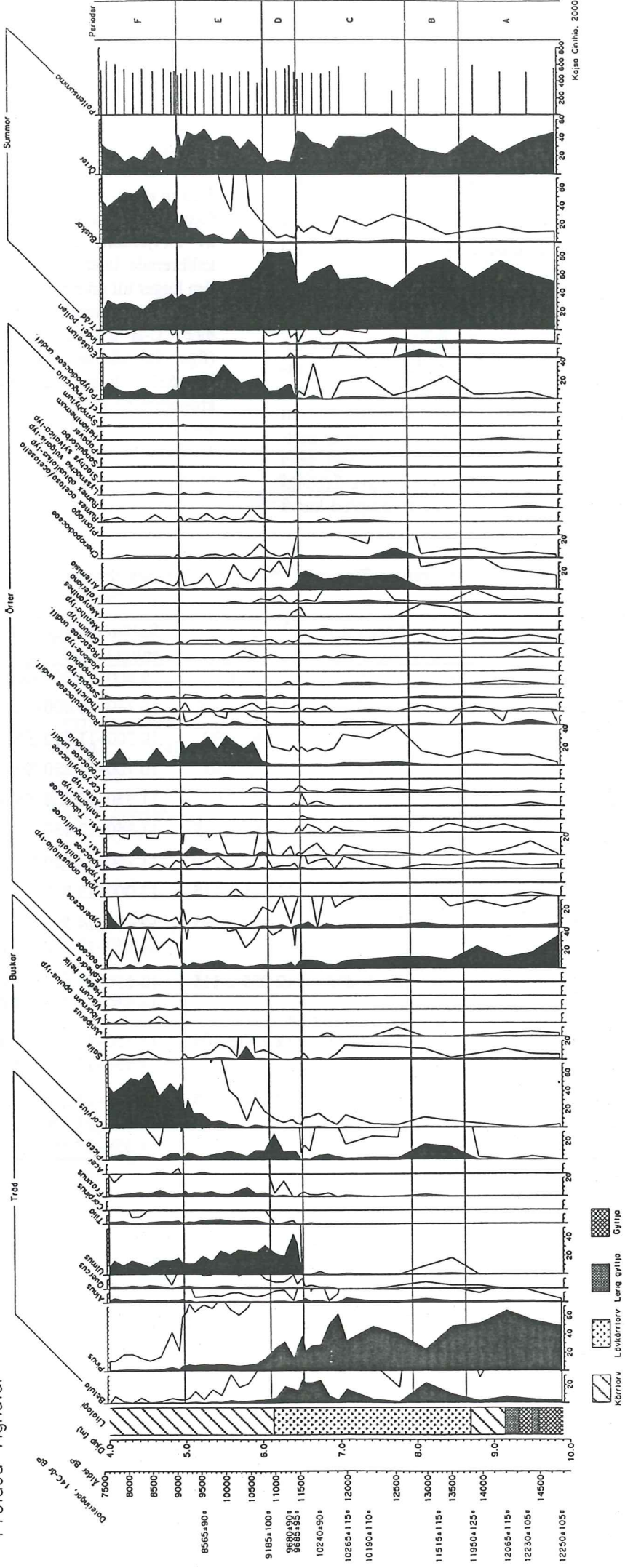
### *Period E (6,10–4,98 m): Filipendula-Ulmus-Picea-Corylus*

Perioden karaktäriseras av höga pollenfrekvenser av *Filipendula* (20–30 %) och *Ulmus*, samt måttligt höga frekvenser av *Pinus*, *Picea*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Corylus* och *Poaceae*. Dessutom förekommer pollentyper som *Betula*, *Quercus*, *Asteraceae* *Liguliflorae*, *Ranunculaceae* undiff. och *Rumex acetosa/acetocella* med låga frekvenser. *Salix* har en topp på 15 % under periodens första del. *Polypodiaceae* undiff. har höga värden (20–30 %) men minskar under periodens slutskede. Pollenfrekvensen av *Ulmus* minskar under perioden från ca 30 till 15 %. Minskande frekvens uppvisar även *Betula* som når mycket låga värden vid periodens slut. *Corylus* uppvisar däremot en ökning under perioden från ca 2 till 30 %. Jämfört med föregående period har *Pinus*, *Betula* och *Picea* minskat medan *Filipendula* ökat kraftigt och *Tilia* och *Fraxinus* ökat något.

### *Period F (4,98–4,00 m): Corylus-Ulmus*

Perioden karaktäriseras av mycket höga pollenfrekvenser av *Corylus* (35–60 %), hög frekvens av *Ulmus* (ca 15 %) samt måttligt höga frekvenser av *Filipendula* och *Polypodiaceae* undiff. Av övriga trädpollentyper förekommer *Picea*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Quercus* och *Alnus* med låga frekvenser. Värt att nämna är även att pollentyper som *Acer*, *Viburnum opulus*-typ, *Viscum* och *Hedera helix* förekommer med enstaka pollenkorn. Av andra örtpollentyper har *Asteraceae* *Liguliflorae*, *Poaceae* och *Cyperaceae* låga frekvenser. Jämfört med föregående period har *Filipendula* minskat kraftigt. Även *Pinus*, *Poaceae* och *Polypodiaceae* undiff. har minskat, medan *Corylus* och *Alnus* har ökat. Mot periodens slut ökar *Cyperaceae* kraftigt.

Preluca Tiganului



Figur 6. Pollendiagram från Preluca Tiganului. Litologin är förenklad, för fullständig lagerföljdsbeskrivning se tabell 3 eller figur 10.



### 4.3 $^{14}\text{C}$ -datering och kalibrering

Från lokalen daterades 12 nivåer (tabell 4). De erhållna  $^{14}\text{C}$ -åldrarna visade sig svåra att kalibrera till kalenderår. Många av dem låg på plattåer i kalibreringskurvan (t ex Ua-16335-7) och kunde därför i värsta fall ge en kalibrerad ålder med variationer på mer än 1500 år (Ua-16330) vid kalibrering med OxCal (tabell 4).

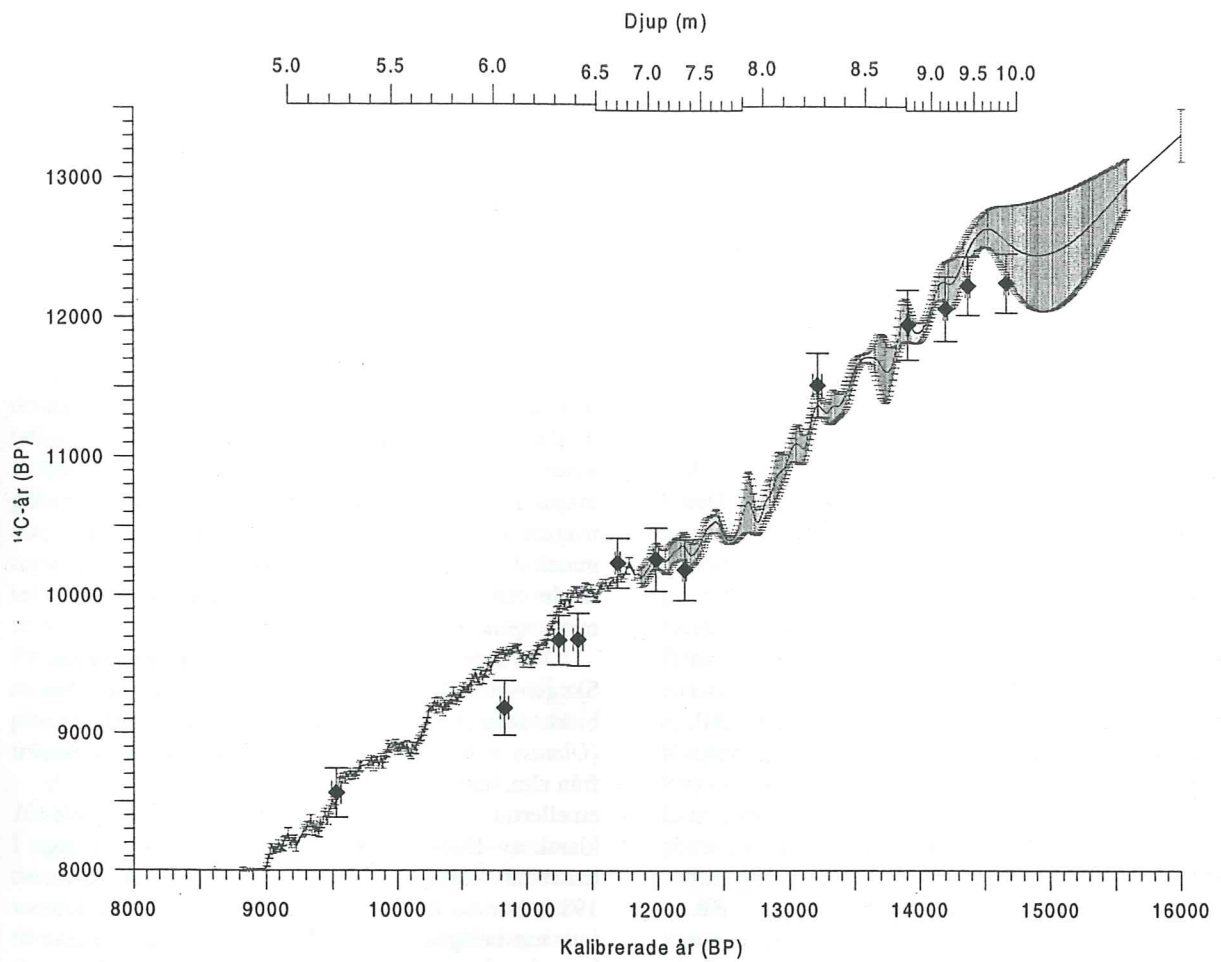
Vid jämförelser med kalibreringskurvan (figur 7) delades djupskalan upp i olika enheter med avseende på tänkbara skillnader i sedimentationshastighet. Uppdelningen grundades på sedimentammansättningen och stora förändringar i pollen-diagrammet. Dessutom gjordes antagandet att period C (6,52–7,94 m) i pollen-diagrammet motsvarade GS-1 (11500–12650 BP). Utifrån detta bestämdes den kalibrerade åldern för några fixpunkter som användes för att upprätta en djup/tid-kurva

(figur 8). Den bästa passningen innebar sedimentationshastigheter på 0,063 cm/år mellan 5,23–6,52 m, 0,129 cm/år mellan 6,52–7,94 m, 0,061 cm/år mellan 7,94–8,70 m och 0,153 cm/år mellan 8,70–10,00 m. Sedimentationshastigheten mellan 4,00–5,23 m antas vara den samma som mellan 5,23–6,52 (0,063 cm/år) då dessa nivåer består av samma typ av torvjordart. Utifrån djup/tid-kurvan kan den kalibrerade åldern för enskilda nivåer räknas ut och den ligger till grund för arbetets kronologi.

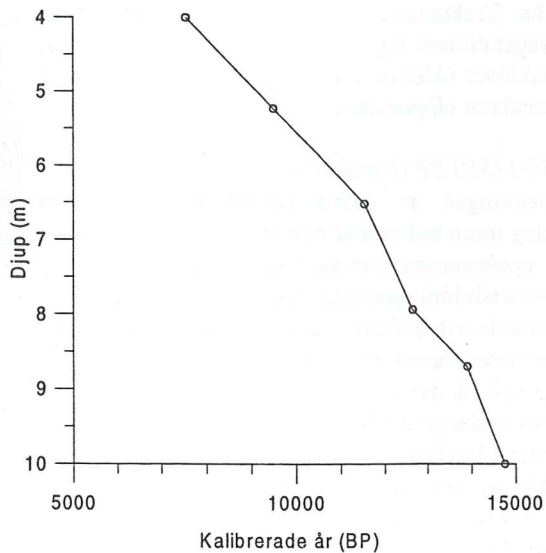
Som en kontroll ritades även en djup/tid-kurva mot  $^{14}\text{C}$ -år där de erhållna dateringarna lades in (figur 9). Alla dateringar utom två (Ua-16335 och Ua-16337) ligger på kurvan. Det visar att den kronologiska modellen är rimlig. Att de dateringar som ligger utanför, samt den mellanliggande (Ua-16336), samtliga skulle ligga på kurvan är orimligt eftersom de tillsammans omfattar nästan en meter torv men anger samma ålder.

Tabell 4.  $^{14}\text{C}$ -dateringar från Preluca Tiganului, \* anger kalibrerad datering som använts för att upprätta djup/tid-kurvan.

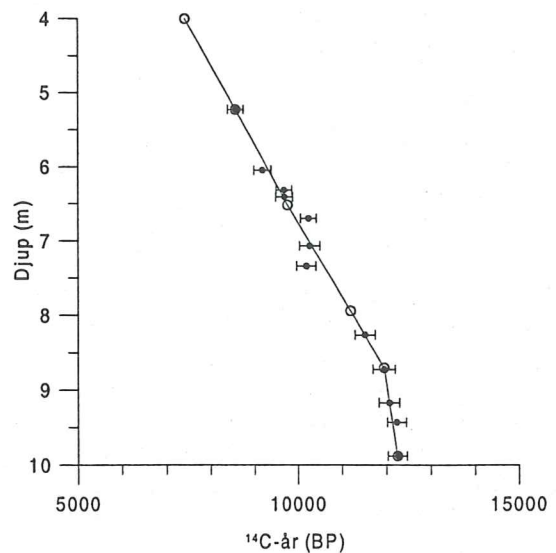
Djup (m)	Daterat material	Labnummer	$^{14}\text{C}$ -ålder BP	Kalibrerad ålder BP, enligt OxCal	Ålder BP, enl kronologin
5,205–5,25	Träkol, ved, bark	Ua-16341	8 565 ± 90	9 400–9 900 (95,4 %)	9500*
6,03–6,07	Ved	Ua-16340	9 185 ± 100	10 180–10 600 (95,4 %)	10800
6,29–6,34	Ved	Ua-16339	9 680 ± 90	10 700–11 250 (95,4 %)	11220
6,385–6,43	Ved	Ua-16338	9 685 ± 95	10 700–11 250 (95,4 %)	11370
6,68–6,725	Torv (tvättad)	Ua-16337	10 240 ± 90	11 350–12 650 (95,4 %)	11690
7,045–7,09	Ved	Ua-16336	10 265 ± 115	11 350–12 850 (95,4 %)	11980
7,325–7,36	Torv (tvättad)	Ua-16335	10 190 ± 110	11 250–12 650 (95,4 %)	12190
8,24–8,285	Granbarr, bark, ved	Ua-16334	11 515 ± 115	13 000–13 900 (95,4 %)	13180
8,70–8,73	Kvistar	Ua-16333	11 950 ± 125	13 450–14 350 (79,1 %) 14 650–15 250 (16,3 %)	13900*
9,14–9,19	Kotte, tallbarr	Ua-16332	12 065 ± 115	13 650–14 450 (68,4 %) 14 550–15 350 (27,0 %)	14200
9,40–9,45	Tallbarr	Ua-16331	12 230 ± 105	13 750–14 450 (51,1 %) 14 550–15 450 (44,3 %)	14370
9,905–9,85	Ved	Ua-16330	12 250 ± 105	13 750–13 950 (4,3 %) 14 050–14 450 (45,0 %) 14 550–15 450 (46,2 %)	14670*



Figur 7. Kalibreringskurva (INTCAL98, Stuvier m fl, 1998) med de daterade nivåerna inlagda.



Figur 8. Djup/tid-kurva för kalibrerade år. Utifrån denna kan den kalibrerade åldern för enskilda nivåer räknas ut.



Figur 9. Djup/tid-kurva för  $^{14}\text{C}$ -år med de erhållna  $^{14}\text{C}$ -dateringarna inlagda.

## 5 Tolkning

Värdena för magnetisk susceptibilitet och SIRM är överlag mycket låga och variationerna mestadels så små att några egentliga tolkningar är vanskliga att göra men ett försök har ändå gjorts. Tolkningen följer pollendiagrammets indelning.

### 14700-13900 BP (Period A):

De understa sedimenten (enhet 1; funderitus-, grovdetritus-, findetritusgyttja) är sannolikt avsatta i en sjö med relativt hög organisk produktion och liten tillförsel av minerogent material. Det tyder på att vattenståndet mestadels var relativt lågt. Det verkar dock ha varit högre då enhetens understa respektive översta delar avsattes. Den överlagrande lergyttjan (enhet 2) tyder på en ökning av vattenståndet i sjön omkring 14450 BP. Tillförseln av minerogent material var då relativt hög och den organiska produktionen i sjön låg. Då enhet 3 (torvig gyttja) deponerades, omkring 14350 BP, verkar vattenståndet ha varit lägre. Den organiska produktionen var samtidigt något högre och den minerogena tillförseln något mindre. Sedimentet som följer, lerig gyttja (enhet 4), domineras av tillfört minerogent material och tyder på att sjön åter hade ett högre vattenstånd omkring 14200 BP. Vattennivån verkar sedan ha sjunkit drastiskt (enhet 5, kärrorv), kanske i samband med igenväxning. Ett kärr med relativt hög organisk produktion och låg minerogen tillförsel bildades ca 14150 BP. Vattennivån förefaller senare att ha ökat långsamt igen till en grund sjö (övre delen av enhet 5) med något ökad minerogen tillförsel som följd.

Sedimentenheterna 1-5 avspeglar en period med varierande avsättningsmiljö. Variationerna beror sannolikt på vattenståndsförändringar och/eller förändringar i mängden tillfört organiskt/minerogent material. Det senare beror i sin tur en hel del på vegetationen på och omkring lokalen. Tyvärr är upplösningen mycket låg i denna del av pollendiagrammet och det visar inga förändringar som direkt kan kopplas till sedimenten.

Under denna period var tall (*Pinus*) troligen det enda trädslag som förekom rikligt i området. Dessutom kan al (*Alnus*) och björk (*Betula*) ha förekommit sparsamt, men inslaget av al- och björk-pollen är inte större än att det kan förklaras av långdistansspridning. Tallen bör ha bildat en öppen skog med ett välutvecklat fältskikt eftersom örtpollenfrequensen är hög. Även ett buskskikt bestående av en (*Juniperus*) förekom men det var sannolikt inte speciellt betydande. Fältskiktet dominerades av gräs (Poaceae) och ljuskrävande örter som gråbo/malört (*Artemisia*), vallmo (*Papaver*), solvända (*Helianthemum*) och ranunkelväxter (Ranunculaceae undiff.). Proverna säger inte mycket om den

igenväxande sjöns vegetation (inga akvatiska pollentyper påträffades). I strandkanten kan ha växt halvgräs (Cyperaceae), sälg/vide (*Salix*) och eventuellt enstaka alar.

### 13900-12650 BP (Period B):

Från ca 13900 BP verkar sedimentationsmiljön varit stabil förutom några smärre förändringar i början av holocen. Lövkärrtorven (enhet 6) tyder på ett mycket lågt vattenstånd på lokalen. Den magnetiska susceptibilitetens negativa värden visar att de magnetiska partiklarna i torven i huvudsak är diamagnetiska. Diamagnetism är typiskt för organiskt material. Det organiska materialet är också dominerande och det skedde i princip ingen tillförsel av minerogent material till lövkärrtorven.

Denna period hade en trädminerad vegetation. Skogen bestod sannolikt av gran (*Picea*), tall och björk samt underordnat kanske även av al, alm (*Ulmus*) och hassel (*Corylus*). Inslaget av pollen från alm, hassel, ek (*Quercus*) och ask (*Fraxinus*) är emellertid inte större än att det skulle kunna förklaras av långdistansspridning. Då dessa trädslag har relativt dålig pollenspridning (Huntley & Birks, 1983) bör de dock ha expanderat i områden som inte var belägna allt för långt ifrån lokalen. Förekomsten av gräs, gråbo/malört och mållor (Chenopodiaceae) tyder på att skogen åtminstone delvis var relativt öppen och tillät dessa arter att bilda ett fältskikt. En stor del av björkförekomsten kan nog hänvisas till lövkärrets sumpskog, där det dessutom kan ha förekommit sparsamt med al. Den övriga kärrvegetationen utgjordes bland annat av halvgräs, vattenklöver (*Menyanthes*), älgört (*Filipendula*) och fräkenväxter (*Equisetum*).

### 12650-11550 BP (Period C):

I inledningen av denna period försvinner alla trädslag utom tall och al och ett mycket öppet landskap uppkommer. Det sker dock ingen förändring av jordartsbildningen utan den studerade lokalen var fortfarande ett lövkärr (enhet 6). Kärrvegetationen bestod bland annat av al, björk, sälg/vide, halvgräs, älgört och vänderot (*Valeriana*).

Det understa pollenprovet avspeglar ett närmast stäppartat landskap. Vegetationen bestod av mindre bestånd av tall, ett buskskikt med en och kanske även *Ephedra*, samt ett fältskikt dominerat av gråbo/malört. I fältskiktet förekom även rikligt med mållor och gräs. Under perioden förändrades vegetationen något. Gråbo/malört fortsatte att dominera men buskarna försvann och mållorna minskade. Tallens förekomst varierade en hel del och var under kortare perioder troligen mycket riklig. Björken återkom och expanderade och i periodens senare del

förekom sannolikt lokalt björkdominerad skog. Tallen hade då minskat kraftigt och förekom endast sparsamt.

#### 11550-10850 BP (Period D):

Även under denna period utgörs lokalen huvudsakligen av ett lövkärr (enhet 6), men från ca 11250 BP börjar en övergång till ett mer öppet kärr. Strax innan periodens slut, ca 10900 BP, förändras jordartsbildningen och kärrtorv (enhet 7) börjar avsättas i stället för lövkärrtorv.

Under perioden etablerades en tät skog, först dominerad av alm och senare av gran, med inslag av tall och björk. Några få öppningar i skogen kunde fortfarande tillåta ett fältskikt med gråbo/malört och gräs men därutöver var örtfloran mycket fattig. Ek, ask och lind (*Tilia*) började troligen expandera i regionen men förekom sannolikt ännu inte i den lokala vegetationen. På den studerade lokalen kan vegetationen ha utgjorts av björk (med minskande förekomst), halvgräs, älgört och relativt rikligt med stensöteväxter (Polypodiaceae). Alen har så låg pollenfrekvens att den nu troligen hade försvunnit från den lokala vegetationen.

#### 10850-9100 BP (Period E):

I samband med vegetationsförändringen vid periodens början bildades ett öppet kärr (enhet 7) där vattenståndet sannolikt var något högre än under föregående period. Tillförsel av minerogent material förekom troligen men endast i ringa omfattning.

Vegetationen bestod under denna period av blandskog som dominerades av alm, ask, lind och gran. Dessutom förekom ek och skogen hade ett betydande buskskikt av hassel. Hasseln blev allt vanligare under perioden för att vid dess slut tillhöra de dominerande arterna. Tall och björk försvann antagligen från området vid periodens början. På den studerade lokalen, som nu utgjordes av ett kärr, växte rikligt med älgört och stensöteväxter. Den höga frekvensen av *Salix*-pollen i periodens första del tyder på att rikliga bestånd av sälg/vide under en tid växte på kärret.

#### 9100-7550 BP (Period F):

Under denna period bestod vegetationen kring lokalen av lövskog som närmast kan betraktas som hasselskog med inslag av alm, ask, lind, ek och lönn (*Acer*) samt sparsamt med gran. Fynden av *Acer*-pollen är visserligen få men tyder ändå på en lokal förekomst av lönn. Skogen var troligen tät och fältskiktet dåligt utvecklat, men den hade sannolikt en undervegetation bestående av olvon (*Viburnum opulus*) och murgröna (*Hedera helix*). Dessutom förekom mistel (*Viscum*), kanske främst växande på lindarna. Den studerade lokalen var fortfarande ett kärr (enhet 7) men till skillnad från föregående period växte där sparsamt med al och örtvegetationen var något fattigare. Emellertid förekom där relativt rikligt med älgört och stensöteväxter. En kraftig ökning av halvgräs mot periodens slut tyder på att kärrmiljön då blev öppnare.

## 6 Diskussion

### 6.1 Trädslagens etablering och expansion samt tänkbara refugområden

#### Tall (*Pinus*)

Pollendiagrammet börjar vid 14700 BP och redan då förekom sannolikt rikligt med tall i området. Även från Ungern (Willis m fl, 1995) finns belägg för att tallen var vanliga vid den här tiden.

Då tallen verkar ha varit väletablerad vid Preluca Tiganului redan då det äldsta pollenprovet deponerades är det möjligt att området fungerat som refug för tall under den senaste istiden. Att det fanns utbredda tallskogar på Balkan, i till exempel Rumänien, under istiden antogs även av Willis (1994a).

#### Gran (*Picea*)

Vid ca 13900 BP expanderade gran för första gången i området. Denna expansion verkar, trots dålig upplösning i pollendiagrammet, ha skett relativt snabbt. Under drygt 1000 år var granen sedan ett av de dominerande trädslagen innan den försvann igen omkring 12650 BP. En liknande, men något senare, tillfällig expansion skedde även i sydöstra Polen omkring 11000 <sup>14</sup>C-år BP (Ralska-Jasiewiczowa & Latalowa, 1996). Vid holocens början, 11550 BP, återkom granen. Även om granen troligen inte förekom på lokalen under perioden mellan 12650 och 11550 BP tyder inslaget av granpollen på att den fanns betydligt närmare än före den första expansionen. Det är fullt möjligt att granen fanns kvar på skyddade lokaler på lägre höjder i området.

Redan före den första expansionen vid Preluca Tiganului förekom gran rikligt i bland annat Ungern (Willis m fl, 1995). Det är därför tänkbart att granen spreds upp i bergen till lokalen från inte allt för avlägsna refuger i lågområdena i väster vid klimatförbättringen. Refuger kan även ha funnits i andra delar av de rumänska Karpaterna, som t ex föreslagits av Huntley & Birks (1983).

#### Alm (*Ulmus*)

Omkring 13900 BP syns de första spåren även av alm på lokalen men det är inte helt säkert att den verkligen förekom där. Däremot skedde en mycket snabb invandring och kraftig expansion vid 11550 BP. Någon tidig expansion syns inte på lokalen i sydöstra Polen och även om där sker en kraftig expansion vid holocens början (Ralska-Jasiewiczowa & Latalowa, 1996) verkar den ha varit något för-

dröjd jämfört med Preluca Tiganului. Det är därför troligt att almens refugområden låg söderut, längre bort från Polen än granens refuger. Kanske fanns det refugområden för alm i Rumäniens mer sydliga bergsområden. Den kraftiga expansionen redan vid holocens början tyder på att refugerna inte var belägna alltför långt borta. Refugområden på Balkan, främst i Rumänien (samt i södra Alperna, södra Frankrike och Ryssland) och en spridning av alm mot norr och väster med början kring 10000 <sup>14</sup>C-år BP har även föreslagits av Huntley & Birks (1983).

#### Ek (*Quercus*)

Refugområden för ek fanns i södra Spanien, södra Italien och Grekland. Från dessa områden började arterna enligt Huntley & Birks (1983) att spridas norrut vid 11000 <sup>14</sup>C-år BP. De första förekomsterna av ekpollen i diagrammet från Preluca Tiganului noteras strax innan 13900 BP (ca 12000 <sup>14</sup>C-år BP) och liksom alm verkar ek tillfälligt spridas åtminstone till områden i närheten av lokalen vid denna tid. Detta tyder på att expansionen norrut på Balkan började tidigare än vad Huntley & Birks (1983) antog, men att den avstannade kring 12650 BP. En andra spridningsvåg kan däremot ha börjat strax efter 11000 <sup>14</sup>C-år BP. Från ca 11800 BP förekommer ett visst inslag av ekpollen på lokalen men inte förrän en bit in i holocenen, vid ca 10850 BP, fanns ek med säkerhet i området. Något tidigare, vid 10000 <sup>14</sup>C-år BP, sker en kraftig expansion av ek i Bátorliget (Willis m fl, 1995) och i SÖ Polen förekommer ek först 1500 år senare, från ca 8500 <sup>14</sup>C-år BP (Ralska-Jasiewiczowa & Latalowa, 1996).

#### Ask (*Fraxinus*)

Huntley & Birks (1983) föreslår refugområden för ask i sydöstra Balkan (och italienska Alperna) samt eventuellt i nordöstra Europa, varifrån expansion skulle ha skett efter 10000 <sup>14</sup>C-år BP. Förekomsten av askpollen i diagrammet från Preluca Tiganului, tillfälligt vid 12900 BP och sedan mer eller mindre sporadiskt från 12000 BP, tyder dock på refuger närmre än sydöstra Balkan. Att ask skulle ha spridits till lokalen från en nordligare refug är inte heller troligt då arten i sydöstra Polen förekommer först efter 8000 <sup>14</sup>C-år BP (Ralska-Jasiewiczowa & Latalowa, 1996). Det kan kanske tänkas att refugområden för ask har funnits, inte vid Preluca Tiganului, men på andra ställen, eventuellt mer österut, i de rumänska Karpaterna. På lokalen förekommer ask med säkerhet från 10850 BP.

### Lind (*Tilia*)

Inslaget av lindpollen kommer sent på lokalen, först från 11650 BP, och det är mycket litet till 10850 BP då en lokal expansion sannolikt skedde (samma tid som för ek och ask). Det verkar som om lindens refugområden legat längre bort än många av de andra lövträdens. Detta motsägs av Huntley & Birks (1983) som antar att refuger fanns på norra Balkan, vilket ändå kan vara troligt då det t ex i Bátorliget (Willis m fl, 1995) skedde en kraftig expansion vid holocens början. Den ringa och sena förekomsten vid Preluca Tiganului kan kanske i så fall förklaras med att linden haft svårt att spridas till områdena runt lokalen där det redan fanns väletablerad skog och almen hade ett stort försprång.

### Al (*Alnus*)

Redan i det äldsta pollenprovet, ca 14700 BP, förekommer alpollen, om än sparsamt. Det är tänkbart att Preluca Tiganului och/eller liknande områden i närheten fungerat som refuger för al. Antagandet stöds av Huntley & Birks (1983) som visar på senglacial förekomst av al i bergsområden i östra Centraleuropa, bland annat i Karpaterna. Därutöver pekas norra Ryssland, västra Frankrike och Korsika ut som möjliga refugområden.

### Björk (*Betula*)

I hela den senglaciala delen av pollendiagrammet förekommer björk. Arten kan mycket väl ha funnits i området även tidigare, kanske under hela istiden. Expansion skedde vid ca 13900 BP samt vid ca 11800 BP, men den försvann i stort sett från lokalen under början av holocen. Några speciella refugområden för björk finns inte utan arten förekom över stora delar av Europa under istiden.

### Hassel (*Corylus*)

Det kan tänkas att det fanns en lokal förekomst av små hasselbestånd vid Preluca Tiganului under senglacial tid. Även om lokalen inte fungerat som en refug kan det ha funnits hassel i regionen under glacial tid. Eftersom hasseln expanderar samtidigt över stora delar av Europa vid holocens början, kan det enligt Huntley & Birks (1983) ha funnits små lokala populationer runt om i norra och östra Europa på lokaler som uppvisar mycket låga pollenfrekvenser. Hasselns huvudsakliga utbredningsområde under senglacial tid var annars i sydvästra Europa. En kraftig expansion som gör hasseln dominerande på lokalen sker kring 9100 BP. Ungefär samtidigt sker också en expansion i sydöstra Polen (Ralska-Jasiewiczowa & Latalowa, 1996).

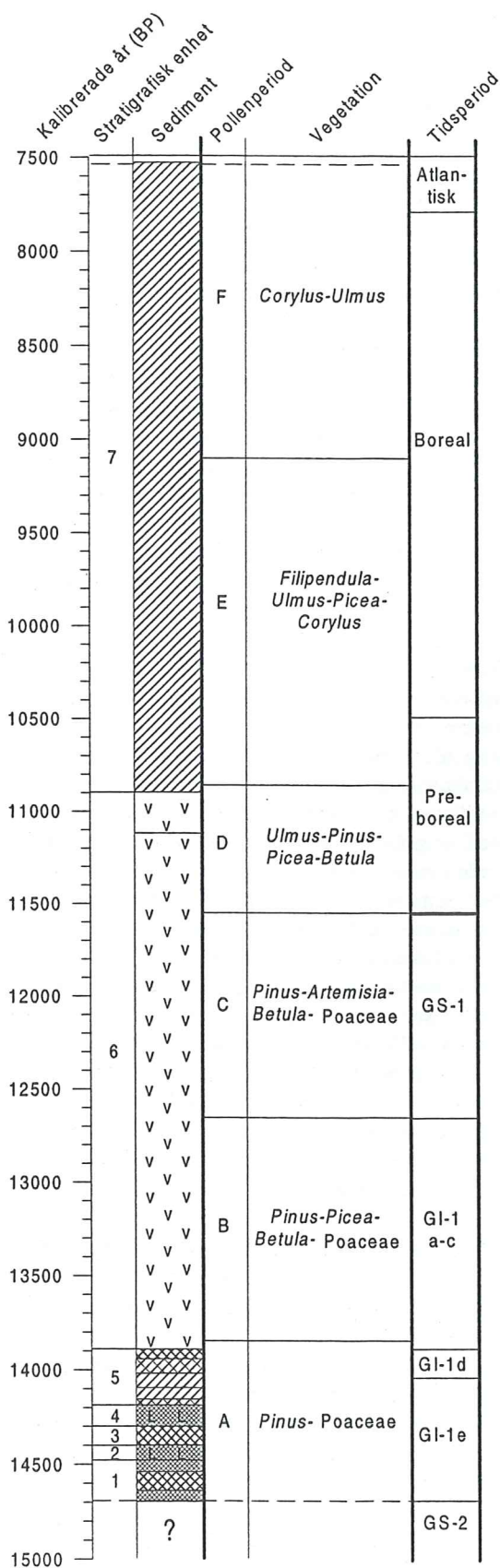
## 6.2 Senglacial och tidigholocen klimat- och vegetationsutveckling i nordvästra Rumänien

I de äldsta delarna är det visserligen dålig upplösning i pollendiagrammet men vegetationen, liksom sedimenten, tyder på att klimatet var kallt fram till 13900 BP. Det finns antydning till att klimatet var sämre (mindre tall och mer gräs) i det första och sista provet under pollenperiod A. Dessa prover skulle kunna representera GS-2 respektive GI-1d medan GI-1e var något varmare (figur 10).

Vegetationsförändringen vid 13900 BP som ledde till att en tätare skog med högre träddiversitet utvecklades var sannolikt ett svar på den klimatförbättring som skedde vid samma tid (Walker, 1995) och varade under GI-1a-c.

Under den tidsperiod som sedan motsvarar GS-1 visar vegetationen att klimatet på lokalen, liksom i övriga Europa (Walker, 1995), åter var sämre. En sådan tydlig klimatförändring syns däremot inte i t ex Bátorliget (Willis m fl, 1995), Grekland (Willis, 1994b) eller hos Farcas m fl (1999). Till skillnad från t ex norra Europa (Huntley, 1990) sker inte en återgång till samma vegetation som före GI-1a-c. Här karaktäriseras GS-1 av gråbo/malört och mällor vilka tidigare ej förekom så rikligt medan förekomsten av gräs var mindre än tidigare. Inslaget av granpollen visar också på andra förhållanden än före GI-1a-c. Samma sak syns i sydöstra Polen där delar av vegetationen under GI-1a-c överlevde under GS-1 (Ralska-Jasiewiczowa & Latalowa, 1996). Sedimentationshastigheten är under denna period mycket hög, vilket kan verka konstigt då klimatet över hela Europa var kallt och torrt (Renssen, 1997) och tillväxten i kärret borde varit låg. Den höga sedimentationshastigheten kan emellertid förklaras med ett kallt klimat som innebar markfrost stor del av året. Om så var fallet skulle sedimenten mestadels var frusna när de annars skulle brutits ner och den dåliga nedbrytningen leda till en hög sedimentationshastighet (Björck m fl, 1991). Man kan därför anta att klimatet på Preluca Tiganului under GS-1 var mycket kallt med medeltemperaturer under 0 °C stor del av året.

Holocens början karaktäriseras av drastiska förändringar i vegetationen. Som ett första svar på klimatförbättringen verkar tall och björk ha expanderat vid Preluca Tiganului omkring 11550 BP och slagit ut fältskitet med bl a gråbo/malört. Granen reagerade lite långsammare och expanderade ca 100 år senare samtidigt som almen vandrade in, expan-



derade och blev det dominerade trädslaget. Nedgången av alm, samtidigt med en återhämtning av tall och björk och sedan en ökning av gran, skulle kunna tyda på en kort försämring av klimatet omkring 11200-10900 BP. Liknande klimatfluktuationer under början av holocen har rapporterats från många håll i Europa (Walker, 1995) men förändringarna verkar inte ha varit samtida på olika platser (vilket i och för sig kan bero på problem relaterade till <sup>14</sup>C-datering).

Från 8500 <sup>14</sup>C-år BP finns det tecken på varmare klimat och ökad nederbörd i sydöstra Polen (Ralska-Jasiewiczowa & Latalowa, 1996). Även vid Preluca Tiganului verkar klimatet blivit varmare och fuktigare vid samma tid, 9100 BP. Hasseln expanderade kraftigt och alen ökade något, kanske som en följd av ökad fuktighet. Förekomsten av mistel och murgröna tyder på varma somrar respektive milda vintrar (Iversen, 1944).

Figur 10. Sammanfattning av stratigrafi och vegetation mot en kalibrerad tidsskala

Legend:

- |                   |              |                                      |
|-------------------|--------------|--------------------------------------|
|                   |              |                                      |
| Kärrtorv          | Lövkärrtorv  | Gyttjig kärrtorv                     |
|                   |              |                                      |
| Findetritusgyttja | Lerig gyttja | Torvig gyttja/<br>grovdetritusgyttja |

## Sammanfattning

Syftet med arbetet är att rekonstruera när, under seneglacial och tidig postglacial tid, olika trädslag började uppträda och expandera på en lokal i nordvästra Rumänien. Detta kan bidra med kunskap till den paleoekologiska forskningen om var refuger för dagens nordeuropeiska trädflora kan ha funnits. Bergsområden på Balkan, tex i Rumänien, har länge diskuterats som tänkbara refugområden. Tidigare undersökningar som gjorts i Rumänien har dock varit för bristfälliga för att ge några egentliga slutsatser om vegetationen under istiden och dess slut.

Den undersökta lokalen, Preluca Tiganului, är en torvmark belägen ca 840 m ö h på en västsluttning i Karpaterna i nordvästra Rumänien. Provtagningen gjordes med rysk torvprovtagare och borkkärnorna analyserades med avseende på pollen, mineralmagnetiska egenskaper och organisk halt. Proverna åldersbestämdes med hjälp av  $^{14}\text{C}$ -dateringar som kalibrerades till kalenderår.

Lagerföljden börjar vid 14700 BP. Redan då förekom rikligt med tall (*Pinus*) i området trots att klimatet troligen var mycket kallt. Mellan 13900–12650 BP var klimatet varmare och en tätare skog med tall, gran (*Picea*) och björk (*Betula*) etablerades. Dessutom hade denna period inslag av pollen från lövträd som alm (*Ulmus*), hassel (*Corylus*), ek (*Quercus*) och ask (*Fraxinus*). Omkring 12650 BP

verkar det åter ha blivit kallare. Granen och inslaget av lövträdpollen försvann och vegetationen kom att domineras av tall, björk, gråbo/malört (*Artemisia*) och gräs (*Poaceae*). Vid holocens början 11550 BP (istidens slut) skedde stora förändringar i vegetationen i och med att klimatet blev bättre. Alm expanderade kraftigt på lokalen tillsammans med gran medan tall och björk minskade i förekomst. 700 år senare hade en blandskog med främst alm, ask, lind (*Tilia*) och gran men även ek och hassel utvecklats. Hasseln expanderade i området och från 9100 BP bestod vegetationen närmast av en hasselskog med inslag av de lövträd som redan nämnts samt lönn (*Acer*). Dessutom förekom olvon (*Viburnum*), murgröna (*Hedera helix*) och mistel (*Viscum*) vilket tyder på milda vintrar och varma somrar. Denna vegetation bibehålls till 7550 BP då analyserna av lagerföljden slutar.

Resultaten pekar på att en öppen tallskog, eventuellt med inslag av björk och al (*Alnus*), kan ha funnits i området under hela den senaste istiden. Gran och även alm, som är de första att expandera vid klimatförbättringarna, bör ha funnits i inte allt för avlägsna områden, kanske på andra ställen i rumänska Karpaterna. Även ask och hassel kan ha förekommit i regionen under glacial tid medan refugområdena för ek och lind verkar ha legat längre bort.



## Tackord

Jag vill först och främst, för ovärderlig hjälp och uppmuntran, tacka mina handledare Barbara Wohlfarth och Leif Björkman. Andra som varit mig behjälpliga är Per Sandgren (mineralmagnetiska analyser), Thomas Persson (Tilia och datorproblem)

och Svante Björck på Kvärtärgeologiska avdelningen vid Lunds Universitet samt Angelica Feurdean och Oana Stan från universitetet i Cluj, Rumänien. Ett stort tack till er och alla andra som stöttat och varit till hjälp under arbetets gång.

# Referenser

- van Andel, T. H. & Tzedakis, P. C. 1996. Palaeolithic landscapes of Europe and environs, 150,000–25,000 years ago: An overview. *Quaternary Science Reviews* 15, 481-500.
- Bennett, K. D., Tzedakis, P. C. & Willis, K. J. 1991. Quaternary refugia of north European trees. *Journal of Biogeography* 18, 103-115.
- Berglund, B. E., Birks, H. J. B., Ralska-Jasiewiczowa, M. & Wright, H. E. (editors) 1996. *Palaeoecological events during the last 15000 years: regional syntheses of palaeoecological studies of lakes and mires in Europe*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Björck, S., Malmer, N., Hjort, C., Sandgren, P., Ingólfsson, Ó., Wallén, B., Smith, R. I. L., & Liedberg Jónsson, B. 1991. Stratigraphic and paleoclimatic studies of a 5500-year-old moss bank on Elephant island, Antarctica. *Arctic and Alpine Research* 23:4, 361-374.
- Björck, S., Walker, M. J. C., Cwynar, L. C., Johnsen, S., Knudsen, K-L., Lowe, J. J., Wohlfarth, B. & INTIMATE Members. 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.
- Borcos, M., Pelz, S., Stan, N., Udrescu, C. & Vasiliu, C. 1979. Petrochemical and geochemical remarks on Neogene volcanics from the Oas Mountains. *Studii Tehnice si Economice, Institutul de Geologie si Geofizica, Mineralogie-Petrografie* 16, 5-33.
- Coldea, G. 1971. Diagrama sporo-polinica a Mlastinii de la Baile Iaz (Muntii Plopi). *Studii si cercetri de Biologie, Seria Botanica* 23, 405-408.
- Diaconeasa, B. & Farcas, S. 1996. Stejarisurile amestecate, evolutia si dinamica lor în Tardiglaciularul si Holocenul din România. *Universitatea "Babes-Bolyai", Cluj-Napoca, Contributii Botanice 1995-1996*, 103-115.
- Diaconeasa, B. & Stefureac, T. I. 1971. Analiza sporo-polinica si urde constideratii fitoistorice aspura tinovului Valea Stinii (Jud. Suceava). *Studii si cercetri de Biologie, Seria Botanica* 23, 381-388.
- Farcas, S. 1996. Istoria vegetatiei din Carpatii Românesti, în analizele palinologice de la Iezerul Caliman, Muntii Caliman. *Universitatea "Babes-Bolyai", Cluj-Napoca, Contributii Botanice 1995-1996*, 83-92.
- Farcas, S., de Beaulieu, J. L., Reille, M. Coldea, G., Diaconeasa, B. Goeury, C., Goslar, T. & Jull, T. 1999. First C-14 datings of Late Glacial and Holocene pollen sequences from Romanian Carpathians. *Comptes Rendues de l'Académie des Sciences de Paris, Sciences de la Vie* 322, 799-807.
- van der Hammen, T., Wijnstra, T. & Zagwijn, W. H. 1971. The floral record of the late Cenozoic of Europe. In: Turekian, K. K. (editor). *The late Cenozoic glacial ages*, 391-424. Yale University Press, New Haven.
- Huntley, B. 1990. European vegetation history: palaeovegetation maps from pollen data – 13000 yr BP to present. *Journal of Quaternary Science* 5, 103-122.
- Huntley, B. 1993. Species-richness in north-temperate zone forests. *Journal of Biogeography* 20, 163-180.
- Huntley, B. & Birks, H. J. B. 1983. *An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0–13000 years ago*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Huntley, B., Collingham, Y. C. & Hill, M. O., 1996. Tree species' respons to environmental changes during the last glacial: evaluating alternative hypotheses using a spatially-explicit migration model. *Italian Journal of Quaternary Sciences* 9(2), 617-626.
- Huntley, B. & Webb, T. 1989. Migration: Species' responses to climatic variations caused by changes in the earth's orbit. *Journal of Biogeography* 16, 5-19.
- Iversen, J. 1944. *Viscum, Hedera and Ilex as Climate Indicators. Geologiska föreningen i Stockholms förhandlingar* 66, 463-483.
- Lupsa, V. 1980. Evolutia postglaciara a ecosistemelor forestiere din "Tara Oasului" (Jud. Satu Mare). *Contributii botanice, Cluj*, 5, 63-68.
- Moore, P. D., Webb, J. A. & Collinson, M. E. 1991. *Pollen analysis*. 2 ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Pop, E. 1971. Primele determinari de vârsta cu radiocarbon în turba noastra cuaternara. In: *Progrese în palinologica românească*, 193-204. Academiei, Bucuresti.
- Ralska-Jasiewiczowa, M. & Latalowa, M. 1996. Poland. In: Berglund, B. E., Birks, H. J. B., Ralska-Jasiewiczowa, M. & Wright, H. E. (editors) 1996. *Palaeoecological events during the last 15000 years: regional syntheses of palaeoecological studies of lakes and mires in Europe*, 408-422. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.

- Reid, E. M. 1935. British floras antecedent to the Great Ice Age. *Proceedings of the Royal Society of London* 118, 197-202.
- Reille, M. 1992. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de botanique historique et palynologie, Marseille.
- Ramsey, B. 1995. Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program. *Radiocarbon* 37, 425-430.
- Renssen, H. (editor) 1997. The climate during the Younger Dryas stadial. *Nederlandse Geografische Studies* 217, 69-88.
- Strahler, A. H. & Strahler, A. N. 1992. *Modern physical geography*. 4th ed. 142-160. John Wiley & sons, Inc.
- Stuvier, M., Reimer, P. J., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., van der Plicht, J. & Spurk, M. 1998. INTCAL98 Radiocarbon ages calibration, 24,000-0 cal BP. *Radiocarbon* 40, 1041-1083.
- Walden, J., Oldfield, F. & Smith, J.P. (editors) 1999. *Environmental Magnetism: a practical guide*. Technical Guide, No. 6, 35-88. Quaternary Research Association, London.
- Walker, M. J. C. 1995. Climatic changes in Europe during the last glacial/interglacial transition. *Quaternary International* 28, 63-70.
- Willis, K. J. 1994(a). The vegetational history of the Balkans. *Quaternary Science Reviews* 13, 760-788.
- Willis, K. J. 1994(b). Altitudinal variations in the late Quaternary vegetational history of northwest Greece. *Historical Biology* 9, 103-116.
- Willis, K. J., Rudner, E. & Sümegei, P. 2000. The full-glacial forests of central and southeastern Europe: Evidence from Hungarian macrofossil charcoal, pollen and molluscan records. *Quaternary Research* 53, 203-213.
- Willis, K. J., Sümegei, P., Braun, M. & Tóth, A. 1995. The late Quaternary environmental history of Bátorliget, N.E. Hungary. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 118, 25-47.
- Woldstedt, P. 1958. *Das Eiszeitaler*, 2, pp. 438. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Wohlfarth, B., Hannon, G., Feurdean, A., Ghergari, L., Onac, B. P. & Possnert, G. Submitted. Reconstruction of climatic and environmental changes in NW Romania during the early part of the last deglaciation (15,000-13,600 cal years BP).

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

58. Hellman, Fredrik, 1994: Basement - cover relationships in the Harkerbreen Group of the northern Ny Friesland Caledonides, Svalbard.
59. Friberg, Magnus, 1994: Structures and PT determination of the Caledonian metamorphism of the lower part of the Planefjella Group in the area around Mosseldalen, northern Ny Friesland, Svalbard.
60. Remelin, Mika, 1994: Palaeogeographic and sedimentation models for the Whitehill-Irati sea during the Permian of South America and southern Africa.
61. Hagman, Mats, 1994: Bevattning med avloppsvatten - en hydrogeologisk studie.
62. Sandström, Olof, 1994: Petrology and depositional history of the Campanian strata at Maltesholm, Scania, southern Sweden.
63. Pålsson, Christian, 1995: Middle-Upper Ordovician trilobites and stratigraphy along the Kyrkbäcken rivulet in the Röstånga area, southern Sweden.
64. Gustafson, Lars, 1995: Senkvartär stratigrafi och utveckling i Örseryd, mellersta Blekinge.
65. Gichina, Boniface M., 1995: Early Holocene water level changes as recorded on the island of Senoren, eastern Blekinge, southeastern Sweden.
66. Nilson, Tomas, 1996: Process- och miljötolkning av sedimentationen i en subglacial läsideskavitet, Järnavik, S. Blekinge.
67. Andersson, Jenny, 1996: Sveconorwegian influence on the ca. 1.36 Ga old Tjärnesjö granite, and associated pyroxene bearing quartz-monzonites in southwestern Sweden.
68. Olsson, Ingela, 1996: Sedimentology of the Bajocian Fuglunda Member at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
69. Calner, Hanna, 1996: Trace fossils from the Paleocene-Middle Eocene Monte Sporno flysch complex, Northern Apennines, Italy.
70. Calner, Mikael, 1996: Sedimentary structures and facies of fine grained deep-water carbonate turbidites in a Paleocene-Middle Eocene flysch complex, Monte Sporno, Northern Apennines, Italy.
71. Hesbøl, Ros-Mari, 1996: Retrograded eclogites of the Richarddalen Complex, NW Svalbard - Petrology and P/T-conditions.
72. Eriksson, Mats, 1996: Lower Silurian polychaetaspid and ramphoprionid polychaetes from Gotland: aspects on taxonomy and palaeoecology.
73. Larsson, Daniel, 1996: Proterozoic hydrothermal alteration and mineralization along the Protogine Zone in southern Sweden.
74. Rees, Jan, 1996: A new hybodont shark fauna from the Upper Jurassic Vitabäck Clays at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
75. Bengtsson, Fredrik, 1996: Paleomagnetisk undersökning av senpaleozoiska gångbergarter i Skåne; Kongadiabas, melafyr och kulait.
76. Björngreen, Maria, 1996: Kontrollprogram vid avfallsupplag - en utvärdering.
77. Hansson, Anders, 1996: Adaptations and evolution in terrestrial carnivores.
78. Book, Jenny, 1996: A Light Microscopy and Scanning Electron Microscopy study of coccoliths from two bore holes along the City Tunnel Line in Malmö, Sweden.
79. Broström, Anna, 1996: The openness of the present-day landscape reflected in pollen assemblages from surface sediments in lakes - a first step towards a quantitative approach for the reconstruction of ancient cultural landscapes in south Sweden.
80. Paulsson, Oskar, 1996: Sevekomplexets utbredning i norra Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
81. Sandelin, Stefan, 1997: Tektonostratigrafi och protoliter i Mårma-Vistasområdet, Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
82. Meyerson, Jacob, 1997: Uppermost Lower Cambrian - Middle Cambrian stratigraphy and sedimentary petrography of the Almbacken drill-core, Scania, southern Sweden.
83. Åkesson, Mats, 1997: Moränsedimentologisk undersökning och bestämning av postglacialt bildade järn- och manganmineral i en drumlinformad rygg.
84. Ahlgren, Charlotte, 1997: Late Ordovician communities from North America.
85. Strömberg, Caroline, 1997: The conodont genus *Ctenognathodus* in the Silurian of Gotland, Sweden.
86. Borgenlöv, Camilla, 1997: Vätskeinklusioner som ledtrådar till bildningsmiljön för Bölets manganmalm, Västergötland, södra Sverige.
87. Mårtensson, Thomas, 1997: En petrografisk och geokemisk undersökning av inneslutningar i Nordingrågraniten.
88. Gunnemyr, Lisa, 1997: Spårämnesförsök i konstgjort infiltrerat vatten - en geologisk och hydrogeologisk studie av Strömsholmsåsen, Hallstahammar, Västmanland.
89. Antonsson, Christina, 1997: Inventering, hydrologisk klassificering samt bedömning av hydrogeologisk påverkan av våtmarksområden i samband med järnvägstunnelbyggnation genom Hallandsåsen, NV Skåne.
90. Nordborg, Fredrik, 1997: Granens markpåverkan - en studie av markkemi, jordmänsbildning och lermineralogi i gran- och lövskogsbestånd i södra Småland.

91. Dobos, Felicia, 1997: Pollen-stratigraphic position of the last Baltic Ice Lake drainage.
92. Nilsson, Johan, 1997: The Brennvinnsfjorden Group of southern Botniahalvøya, Nordaustlandet, Svalbard - structure, stratigraphy and depositional environment.
93. Tagesson, Esbjörn, 1998: Hydrogeologisk studie av grundvattnets kloridhalter på östra Listerlandet, Blekinge.
94. Eriksson, Saskia, 1998: Morängenetiska undersökningar i klinter vid Greifswalder Boddens södra kust, NÖ Tyskland.
95. Lindgren, Johan, 1998: Early Campanian mosasaurs (Reptilia; Mosasauridae) from the Kristianstad Basin, southern Sweden.
96. Ahnesjö, Jonas, B., 1998: Lower Ordovician conodonts from Köpings klint, central Öland, and the feeding apparatuses of *Oistodus lanceolatus* Pander and *Acodus deltatus* Lindström.
97. Rehnström, Emma, 1998: Tectonic stratigraphy and structural geology of the Ålkatj-Tielma massif, northern Swedish Caledonides.
98. Modin, Anna-Karin, 1998: Distributionen av kadmium i moränmark kring St. Olof, SÖ Skåne.
99. Stockfors, Martin, 1998: High-resolution methods for study of carbonate rock: a tool for correlating the sedimentary record.
100. Zillén, Lovisa, 1998: Late Holocene dune activity at Sandhammaren, southern Sweden-chronology and the role of climate, vegetation, and human impact.
101. Bernhard, Maria, 1998: En paleoekologisk-paleohydrologisk undersökning av våtmarkskomplexet Rolands hav, Blekinge.
102. Carlemalm, Gunnar, 1999: En glacialgeologisk studie av morän och moränfyllda sprickor i underliggande sandersediment, Örsjö, Skåne.
103. Blomstrand, Malou, 1999: 1992-1998 Seismicity and Deformation at Mt. Eyjafjallajökull volcano, South Iceland.
104. Dahlqvist, Peter, 1999: A Lower Silurian (Llandoveryan) halysitid fauna from the Berge Limestone Formation, Norderön, Jämtland, central Sweden.
105. Svensson, Magnus A., 1999: Phosphatized echinoderm remains from upper Lower Ordovician strata of northern Öland, Sweden - preservation, taxonomy and evolution.
106. Bengtsson, Anders, 1999: Trilobites and bradoriid arthropods from the Middle and Upper Cambrian at Gudhem in Västergötland, Sweden.
107. Persson, Christian, 1999: Silurian graptolites from Bohemia, Czech Republic.
108. Jacobson, Mattias, 1999: Five new cephalopod species from the Silurian of Gotland.
109. Augustsson, Carita, 1999: Lapillituff som bevis för underjurassisk vulkanism av strombolikaraktär i Skåne.
110. Jensen, Sigfinn J., 1999: En silurisk transgressiv karbonatlagarföljd vid S:t Olofsholms stenbrott, Gotland.
111. Lund, Mats G., 1999: En strukturgeologisk modell för berggrunden i Sarvesvage-Luotatalako-området, Sareks Nationalpark, Lappland.
112. Magnusson, Jakob, 1999: Exploration of submarine fans along the Coffee Soil Fault in the Danish Central Graben.
113. Wickström, Jenny, 1999: Conodont biostratigraphy in Volkhovian sediments from the Mäekalda section, north-central Estonia.
114. Sjögren, Per, 1999: Utmarkens vegetationsutveckling vid Ire i Blekinge, från forntid till nutid - en pollenanalytisk studie.
115. Sälgeback, Jenny, 1999: Trace fossils from the Permian of western Dronning Maud Land, Antarctica.
116. Söderlund, Pia, 1999: Från gabbro till granatamfibolit. En studie av metamorfos i Åkermetabasiten väster om Protoginzonen, Småland.
117. Jönsson, Karl-Magnus, 2000: Sedimentologiska och litostratigrafiska undersökningar i södra Malmös kvartära avlagringar, södra Sverige.
118. Romberg, Ewa, 2000: En sediment- och biostratigrafisk undersökning av den tidigare Littorina-lagunen vid Barsebäck, SV Skåne, med beskrivning av en Preboreal klimatoscillation.
119. Bergman, Jonas, 2000: Skogshistoria i Söderåsens nationalpark. En pollenanalytisk studie i Söderåsens nationalpark, Skåne.
120. Lindahl, Anna, 2000: En paleoekologisk och paleohydrologisk studie av fuktängar i Bräkneåns dalgång, Bräkne-Hoby, Blekinge.
121. Eneroth, Erik, 2000: En paleomagnetisk detaljstudie av Sarekgångsvärmen.
122. Terfelt, Fredrik, 2000: Upper Cambrian trilobite faunas and biostratigraphy at Kakeled on Kinnekulle, Västergötland, Sweden.
123. Sundberg, Sven Birger, 2000: Vattenrening genom komplexbildning mellan järn och humusämnen - en litteraturstudie med försök
124. Sundberg, Sven Birger, 2000: Sedimentationsprocesser och avlagringsmiljö för en kantrygg kring platåleran vid Rydsgårds gods i backlandskapet söder om Romeleåsen, Skåne
125. Kjöllnerström, Anders, 2000: En geokemisk studie av bergartsvariationen på Bullberget i västra Dalarna.
126. Cinthio, Kajsa, 2000: Senglacial och tidigholocen etablering och expansion av lövträd på en lokal i nordvästra Rumänien.