

**UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA**

**Facultatea de Biologie și Geologie**

**Departamentul de Geologie**

**Răspunsul vegetației la schimbările  
climatice, incendiile și impactul antropic  
din Holocen în Apusenii Nordici (România)**

**- rezumatul tezei de doctorat -**

**Student doctorand**

**Roxana-Adela GRINDEAN**

**Conducător de doctorat**

**Prof. dr. Sorin FILIPESCU**

**Cluj-Napoca**

**2016**

## Cuprinsul tezei de doctorat

<b>INTRODUCERE</b> .....	5
<b>CAPITOLUL 1: INFORMAȚII GENERALE</b> .....	7
1.1. Seturi de date utilizate în studii de paleomediu .....	7
1.2. Metode utilizate în studii de paleomediu .....	15
1.3. Studii paleoecologice anterioare din munții Apuseni .....	23
<b>CAPITOLUL 2: ZONA STUDIATĂ</b> .....	26
2.1. Valea Someșului Cald .....	29
2.1.1. Turbăria de la Ic Ponor .....	31
2.1.2. Turbăria de la Pietrele Onachi .....	34
2.1.3. Doda Pili .....	36
2.2. Depresiunea Șimleu și extensiile nordice .....	38
2.2.1. Turbăria de la Iaz .....	40
2.2.2. Hereclean .....	44
<b>CAPITOLUL 3: MATERIALE ȘI METODE</b> .....	47
<b>CAPITOLUL 4: REZULTATE ȘI INTERPRETĂRI</b> .....	51
4.1. Ic Ponor .....	51
4.2. Pietrele Onachi .....	60
4.3. Doda Pili .....	65
4.4. Iaz .....	74
4.5. Hereclean .....	88

<b>CAPITOLUL 5: DISCUȚII - Istoria vegetației, climatului, focului și impactului antropic din Holocen</b> .....	92
5.1. Valea Someșului Cald .....	92
5.2. Depresiunea Șimleu și extensiile nordice .....	110
5.2.1. Impactul antropic și istoria focului din Holocenul mediu și târziu .....	123
5.3. Răspunsul vegetației la schimbările climatice, incendiile și impactul antropic din Holocen în Apusenii Nordici (România) .....	135
<b>CONCLUZII</b> .....	142
Mulțumiri .....	145
Bibliografie .....	147
Anexe.....	166

## Cuprinsul rezumatului tezei de doctorat

<b>INTRODUCERE.....</b>	<b>5</b>
<b>ZONA STUDIATĂ .....</b>	<b>5</b>
<b>MATERIALE ȘI METODE .....</b>	<b>6</b>
<b>REZULTATE ȘI INTERPRETĂRI .....</b>	<b>7</b>
1. Ic Ponor .....	7
2. Pietrele Onachi .....	8
3. Doda Pili .....	9
4. Iaz.....	9
5. Hereclean .....	10
<b>DISCUȚII: Istoria vegetației, climatului, focului și a impactului antropic din Holocen .....</b>	<b>11</b>
1. Valea Someșului Cald.....	11
2. Depresiunea Șimleu și extensiile nordice .....	15
2.1. Impactul antropic și focurile din Holocenul mediu și târziu .....	18
3. Răspunsul vegetației la schimbările climatice, incendiile și impactul antropic din Holocen în Apusenii Nordici (România).....	19
<b>CONCLUZII .....</b>	<b>21</b>
<b>Bibliografie selectivă .....</b>	<b>22</b>

**Cuvinte cheie:** palinologie, resturi vegetale carbonizate, amoebe cu test, dinamica pădurilor, oscilații climatice, paleoecologie, Holocen

## **INTRODUCERE**

Studiile legate de cercetările paleoecologice furnizează informații despre dinamica pe termen lung a vegetației. Tehnicile de paleomediu utilizate pentru a analiza caracteristicile acestor ecosisteme se bazează pe seturi de date care oferă atât informații cantitative, cât și informații descriptive asupra proceselor biologice și geologice care sunt controlate în principal de climat. Turbăriile oligotrofe reprezintă o sursă foarte importantă pentru date climatice, deoarece pot îngloba o largă colecție de date asupra unor schimbări similare și/sau ușor diferite din paleomediu.

Prezenta teză de doctorat este bazată pe o analiză complexă a unor profile de turbă ombrotrofă și profile lacustre din Apusenii Nordici, utilizând palinologia ca și metodă principală pentru a obține o rezoluție temporală și spațială reprezentativă a schimbărilor din vegetația holocenă. Obiectivul principal al studiului a fost acela de a identifica și corela efectele interactive ale climatului, focului și impactului antropic asupra vegetației din acești munți, și de a determina amplitudinea fiecărui factor de control de-a lungul ultimilor 11.700 de ani.

## **ZONA STUDIATĂ**

Zona studiată este localizată între bazinul hidrografic al Someșului Cald la sud și Măgura Șimleului la nord. Două caracteristici distinctive ale văii Someșului Cald sunt relieful carstic extins format deasupra unor roci în principal metamorfice și inversiunile termice care determină variații ale zonelor de ecoton. Partea nordică a ariei studiate este reprezentată de Depresiunea Șimleu și culmile adiacente ale Plopișului (vest) și Meseșului (est), și deține un număr considerabil de mărturii arheologice privind stabilirea comunităților umane în această zonă încă din preistorie.

Siturile studiate de pe valea Someșului Cald au un subasment metamorfic și sunt localizate pe malul drept al râului din Munții Apuseni. Suprafața turbăriei de la Ic Ponor este

bogată în diferite specii de *Sphagnum* și Ericaceae, dar și arboret de *Betula* (*B. pubescens* and *B. verrucosa*) și indivizi piperniciți de *Picea abies*. La Pietrele Onachi, turba de *Sphagnum* este în totalitate acoperită de păduri cu *P. abies* cu arboret de *Betula* sp., și *Vaccinium myrtillus* din abundență. Situl de la Doda Pilli este reprezentat de o dolină izolată și colonizată de *Sphagnum* și specii de Cyperaceae, înconjurată de pajiști uscate.

Siturile din zona extensiilor nordice ale munților Apuseni sunt localizate la poalele culmilor, în regiunea de contact dintre zonele joase și zonele înalte. Turbăria de la Iaz se află la poalele munților Plopiș și adăpostește câteva comunități rare de vegetație mezo-oligotrofă. Situl de la Hereclean este un lac colmatat din cîmpia aluvială a râului Zalău.

## **MATERIALE ȘI METODE**

Carotele de sediment au fost extrase utilizând un carotier rusesc cu o lungime de 60-100 cm și un diametru de 6 cm. Descrierea stratigrafică a avut loc atât pe teren, cât și înainte de analiza de laborator. Analizele palinologice au fost efectuate pe probe de câte un 1 cm<sup>3</sup> de sediment urmând procedurile standard din Bennett și Willis (2001), iar în unele probe au fost adăugate tablete cu spori de *Lycopodium* cu o concentrație precizată cu scopul de a estima concentrațiile de polen și macro resturi vegetale carbonizate (Stockmarr, 1971). Între 300 și 500 grăuncioare de polen au fost identificate pe baza materialelor grafice de referință (Reille, 1995, 1998). Non-polen palinomorfele (spori de fungi, resturi de insecte, stomate) și resturile vegetale carbonizate mai mare de 10 μm au fost cuantificate din aceleași probe polinice. Diagramele polinice au fost compilate cu ajutorul programului Tilia (Grimm, 1992) folosind procentajele tipurilor terestre de polen, iar procentele sporilor, tipurilor acvaticice de polen și resturile vegetale carbonizate au fost excluse.

Pentru a estima conținutul în carbonați și materie organică, probe de cca 5 g au fost extrase din carote și uscate peste noapte, apoi arse pentru 4 ore la 550 °C și respectiv, pentru 2 ore la 950 °C. Aportul de material clastic din bazinele de sedimentare din zona de studiu a fost determinat prin ecranarea magnetică (Walden et al., 1999) a secvențelor sedimentare cu un dispozitiv Bartington MS3.

Amoebele cu test au fost extrase din sediment pe baza unei proceduri non-chimice (Hendon and Charman, 1997), iar residuul a fost analizat pentru a identifica cel puțin 150 de taxoni per probă, pe baza clasificării taxonomice a lui Charman et al. (2000). Macro-resturile vegetale (>100  $\mu\text{m}$ ) au fost colectate în timpul preparării probelor palinologice și cuantificate folosind un binocular.

Datările radiocarbon AMS au fost efectuate pe probe de turbă sau gyttja, și fragmente de lemn, iar vârstele estimate au fost convertite în ani calendaristici BP rulând pachetul CLAM (Blaauw, 2010) în programul R, și setul de date INTCAL13 din Reimer et al. (2013).

## REZULTATE ȘI INTERPRETĂRI

### 1. Ic Ponor

Litostratigrafia secvenței indică existența unor diferite etape din evoluția turbăriei propriu-zise. Începând cu Holocenul mediu, nivelul argilos din câmpia aluvială a fost înlocuit cu un nivel mai bogat în materie organică de turbă argiloasă, iar mai apoi prin acumularea turbei ombrotrofe. Un nivel subțire de argilă pământoasă din topul secvenței indică o discontinuitate depozițională urmată de o nouă depunere de turbă cu *Sphagnum*.

Măsurătorile radiocarbon și repererele stratigrafice polinice indică vârsta de 11.800 cal BP pentru baza secvenței, marcând limita de 11.700 cal BP pentru începutul evoluției turbăriei acide. O discontinuitate depozițională a fost identificată la 5830 cal BP și o re-acumulare a sedimentului începând cu 40 cal BP. Această lacună sedimentară a fost probabil cauzată de schimbările geomorfologice din câmpia aluvială a Someșului Cald.

Spectrele polinice indică o succesiune de asociații vegetale tipică pentru intervalul dintre tranziția Tardiglaciuar/Holocen și Holocenul mediu (11.800-5830 cal BP), dar și o porțiune scurtă din Holocenul târziu (40 cal BP-prezent). Secvența începe cu o vegetație de tip pădure-tundră-stepă, unde *Pinus* a fost copacul dominant. Secvența de la Ic Ponor oferă o rezoluție foarte bună a dinamicii asociațiilor vegetale din Holocenul mediu. Pădurile au fost compuse în principal din *Picea abies* și *Corylus avellana* până aproape de 7200 cal BP, și în principal din *P. abies* de-a lungul restului de interval al Holocenului mediu. Spații colonizate de stejăriș mixt și ocurențe

izolate de *Fagus sylvatica* și *Carpinus betulus* erau de asemenea întâlnite în aceste păduri. Comunitățile ierboase care prezente cu regularitate în spectrele polinice au fost Poaceae, Chenopodiaceae, *Urtica*, *Cannabis* type, Scrophulariaceae și Ranunculaceae.

Curba micro-resturilor vegetale carbonizate a fost reprezentată grafic pentru intervalul cuprins între 11 800 și 5800 cal BP. Intervalele cu abundență mai mare au fost 11.800-10.100; 9700-9350 și 9100-7500 cal BP, după care valorile scad.

Non-polen palinomorfele (NPP) identificate au fost tipuri asociate cu faze erozionale (Glomus), episoade locale de incendiu (Gelasinospora), prezența locală a unor taxoni specifici (*Kretzschmaria deusta*, *Gaeumannomyces*, stomate) și indicatori ai schimbărilor paleohidrologice din turbărie (amoebe cu test).

## 2. Pietrele Onachi

Deși secvența acoperă doar un interval scurt din Holocen (5430-2500 cal BP) și nu au fost identificate microfosile, secvența turboasă de la Pietrele Onachi prezintă diferite grade de humificare care, în mod indirect, pot oferi indicii asupra oscilațiilor climatice. Astfel, nivelele cu turbă mai puțin descompusă au o nuanță mai deschisă de maroniu ca rezultat al unui nivel mai ridicat al oglindei apei datorat condițiilor mai umede și/sau mai reci, iar nivelele mai închise la culoare indică nivel mai scăzut al apei din timpul unui climat mai cald și/sau mai uscat când vegetația se descompune mai ușor.

Spectrele polinice sunt dominate de arbori precum *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana* și taxoni aparținând asociației *Quercetum mixtum* (*Quercus* și *Ulmus*). Taxonii ierboși cei mai des întâlniți au fost *Artemisia* and Poaceae, iar ferigile erau reprezentate în principal de Polypodiaceae.

Cel mai mare conținut de resturi microscopice carbonizate a fost înregistrat între 5430 și 4600 cal BP, 3800 și 3400 cal BP și de asemenea de-a lungul ultimilor 300 de ani din secvență (2800-2500 cal BP).

### 3. Doda Pili

Secvența este compusă în principal din diferite tipuri de sedimente lacustre acumulate începând cu 10.000 cal BP, și un nivel superior de turbă de *Sphagnum*. Au fost identificate atât macrofosile vegetale lemnoase, cât și ierboase.

Sedimentul conține fragmente ruditice și arenitice a căror ocurență se corelează cu alte seturi de date (susceptibilitate magnetică, conținut de materie organică, și polen) și care indică prezența unor întreruperi în acumularea sedimentului între 8800 și 7800 și între 7100 și 380 cal BP.

Spectrele polinice prezintă o succesiune a vegetației tipic asociată cu Holocenul timpuriu până la mediu, și Holocenul târziu. Primul interval (10.000-8800 cal BP) a fost caracterizat de o tranziție de la păduri mixte cu *Picea abies*-taxoni foioși (*Ulmus*, *Quercus*, *Betula*, *Corylus avellana*) la un peisaj mai deschis colonizat de diferite buruieni și ierburi (*Rhinanthus*, Apiaceae, Poaceae). Între 8800 și 7800 cal BP, zona a fost aproape în totalitate împădurită de *P. abies* și *C. avellana*. Pădurile din finalul secvenței sunt compuse din *P. abies*, *Fagus sylvatica* și *Carpinus betulus*, alături de *Betula* și *C. avellana*, care intră în declin începând cu 100 cal BP în favoarea diferitelor comunități ierboase asociate cu un peisaj deschis.

Concentrațiile de micro- și macroresturi vegetale carbonizate au fost destul de ridicate între 9600 și 8800 cal BP, cu o abundență minimă în timpul supremației molidului și alunului (7800-7100 cal BP) și cu proporții variabile de-a lungul Holocenului târziu (380 cal BP-prezent).

### 4. Iaz

Compoziția stratigrafică a turbăriei de la Iaz sugerează trei faze evolutive principale a bazinului: un paleolac cu sediment clastic; o mlaștină împădurită cu diferite resturi lemnoase; și o turbărie mezo-oligotrofă cu diferite macroresturi vegetale.

Analizele fizico-chimice indică un sediment cu multe fragmente clastice care corespunde primelor două faze evolutive ale bazinului, apoi un nivel tranzițional între conținutul organic și

clastic cu fluctuații ale susceptibilității magnetice de asemenea, și în fine, un sediment bogat în materie organică corespunzând celei de-a doua jumătăți a acumulării de turbă din bazin.

Compoziția sedimentului și abundența microresturilor vegetale carbonizate sugerează o lacună sedimentară în baza secvenței. Astfel, indicatori polinici, dar și compararea dinamicii vegetației cu alte secvențe analizate din zonă au fost folosite pentru a atribui vârsta de 7000 cal BP bazei secvenței turboase de la Iaz.

Faza incipientă a turbării a fost caracterizată de existența unei păduri semi-deschise dominată de *Corylus avellana*, *Tilia*, *Quercus* și *Ulmus*, ierburi precum Poaceae și Cyperaceae, și ferigi între 7000 și 5700 cal BP. În continuare s-au dezvoltat *Alnus glutinosa* și *Carpinus betulus*, iar mai apoi *Fagus sylvatica* (5000 cal BP). Secvența se încheie cu declinul lui *F. sylvatica* și *C. betulus* și o abundență mai mare de *C. avellana*, *Betula* și *Pinus*, alături de asociații ierboase care formează un peisaj deschis, precum Poaceae, plante cultivate, Asteroideae, *Plantago lanceolata*, Chenopodiaceae și *Urticaceae*.

Fragmentele microscopice de resturi vegetale carbonizate indică trei perioade cu valori procentuale mai ridicate (7000-5900, 3600-2000, 600-0 cal BP) corelate cu două intervale cu valori mai reduse (5900-3600, 2000-600 cal BP).

Asociațiile de NPP identificate includ diferite tipuri de spori de la ciuperci specializate (coprofile, parazite), dar și stomate și numeroase resturi de insecte. Comunitățile de amoebe cu test au fost cuantificate pentru ultimii 3000 de ani din secvență. Deși aceste comunități indică într-un mod clar schimbări ale condițiilor paleohidrologice din turbărie începând cu cea de-a doua jumătate a intervalului studiat (cca 1600 cal BP), ocurența unor asociații mixte sugerează diverse fluctuații ale umidității din mlaștină de-a lungul Holocenului mediu și târziu.

## 5. Hereclean

Secvența a fost în principal compusă dintr-un sediment clastic și nu a redat nici un rezultat palinologic. Însă macroresturile și proprietățile fizico-chimice ale sedimentului caracteristice pentru Holocenul timpuriu și mediu (11.700-7000 cal BP) au fost utile pentru determinarea unor posibile corelări între evoluția bazinului și vegetația înconjurătoare.

Baza secvenței este datată la cca 43.000 cal BP, însă subasmentul nu a fost atins. Bazinul a evoluat probabil sub forma unui lac din câmpia aluvială a unui râu de-a lungul Pleistocenului, care mai apoi a fost colmatat treptat și colonizat de ierburi și buruieni în Holocenul mediu.

Predominanța depozitelor carbonatice din întreaga zonă ar putea fi o cauză a conservării proaste a grăuncioarelor de polen în sediment. Fragmentele metamorfice identificate în sedimentul argilos indică originea acestora din munții Meseș. Macroresturile vegetale au inclus fragmente de lemn, ierburi și rădăcini, dar și fragmente de cochilii mici. Originea bazinului este probabil asociată și cu numeroasele alunecări de teren ce caracterizează intervalul Pleistocenului din această zonă deluroasă.

## **DISCUȚII: Istoria vegetației, climatului, focului și a impactului antropic din Holocen**

### **1. Valea Someșului Cald**

Siturile folosite pentru a ilustra dinamica vegetației de pe cursul superior al Someșului Cald sunt Ic Ponor (1050 m a.s.l.), Pietrele Onachi (1055 m a.s.l.) și Doda Pili (1120 m a.s.l.).

Deși aceste secvențe prezintă discontinuități și nu pot reprezenta în mod individual întregul Holocen, prin intercorelare acestea oferă o mai bună înțelegere a efectului activității fluviale asupra evoluției și acumulării turbei din zonă. Lacune depozitionale au fost identificate între 5830-40 cal BP (Ic Ponor), cca 8800-7800 cal BP și 7100-380 cal BP (Doda Pili), 2500 cal BP (pietrele Onachi).

Sursele arheologice din această zonă de studiu sunt deficitare (Repertoriul Arheologic Național, 2008; Feurdean et al., 2009), iar acest lucru a determinat caracterizarea și identificarea impactului antropic prin prisma analizei palinologice, în principal.

Datele analizate pentru această vale montană includ: măsurători cu radiocarbon, litostratigrafie, polen și spori, non-polen palinomorfe, micro- și macroresturi vegetale carbonizate, conținutul în carbon, carbonați și silicați, și susceptibilitate magnetică.

## **Holocenul timpuriu (11.700-8200 cal BP)**

### *11.700-10.200 cal BP*

Principalii taxoni lemnoși între 11.700 și 11.200 cal BP au fost *Pinus* și *Betula*. Temperaturile în creștere au permis și lui *Picea abies* și *Ulmus* să fie prezenți cu regularitate în aceste păduri din Holocenul timpuriu. Expansiunea timpurie a acestor doi taxoni în pădurile din Carpații Românești a fost corelată cu migrarea din arii surse apropiate (Feurdean et al., 2005; Tanțău et al., 2009). Condiții favorabile între 11.200 și 10.300 cal BP au favorizat dezvoltarea unor păduri mai dese dominate de *P. abies* și *Ulmus*. Începând cu 10.450 cal BP arbori mezofili precum *Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Corylus avellana* și *Alnus glutinosa* au avut o proporție mai ridicată în compoziția pădurilor. Taxonii ierboși au inclus *Artemisia*, Urticaceae, Ranunculaceae și Rosaceae.

Principalele tendințe din compoziția pădurilor au fost întrerupte succesiv de condiții climatice mai reci și umede (11.500-11.200 cal BP) ce corespund Oscilației Preboreale (Björck et al., 1997), și condiții reci și/sau uscate (10.400-10.200 cal BP) sincrone cu evenimentul rece de la 10.300 cal BP (Björck et al., 2001). În urma acestor episoade reci, spațiile din păduri au fost invadate de taxoni pionieri precum *Pinus*, *Betula* și *Salix*.

Dinamica vegetației a fost similară cu cea din alte secvențe din Carpații Românești Vegetation (Feurdean, 2005; Tanțău et al., 2006, 2009, 2014; Feurdean et al., 2008).

Creșterea în densitate a pădurilor și condițiile climatice favorabile au fost de asemenea factori de control importanți în ceea ce privește schimbările canalului fluviatil din zonă între 10.300 și 10.200 cal BP (Perșoiu, 2010).

### *10.200-8200 cal BP*

Între 10.200 și 9400 cal BP pădurile au fost compuse în principal din *Picea abies*, *Ulmus* și *Corylus avellana*. Condiții climatice mai reci din preajma lui 9300 cal BP (Blockley et al., 2014) și declinul majorității foioaselor au favorizat, cel mai probabil, predominarea lui *C. avellana* de la cca 9200 cal BP datorită toleranței sale mai ridicată la condiții climatice și de sol. Ocurența sporilor fungici de *Glomus* și *Gaeumannomyces* în lamele palinologice analizate indică posibila persistență a unui aport aluvial în bazinul de la Ic Ponor, fapt ce este corelat și cu

activitate fluvială mai intensă între 10.200 și 9200 cal BP (Perșoiu, 2010). Odată ce terasa râului s-a detașat de albie la cca 9400 cal BP, bazinul a început să fie colonizat de o pătură extinsă de *Sphagnum* și, mai rar, copaci. Pădurile de pe terasele mai înalte erau dominate de *P. abies*.

*Corylus avellana* și *Picea abies* au fost copacii dominanți între 9300 și 8200 cal BP alături de o participare regulată a lui *Quercus* și *Ulmus*. Declinul arborilor mezotermofili din intervalul 8300-8150 cal BP și proporția crescătoare de Ericaceae indică o posibilă deteriorare a suprafeței solului legată de evenimentul rece de la 8200 cal BP. Condițiile mai uscate de pe câmpia aluvială a râului (la Ic Ponor) au fost deduse pe baza prezenței în preparatele palinologice a protistelor precum *Trigonopyxis arcuata* și declinul ierburilor hidrofile în favoarea urticaceelor. La altitudini puțin mai ridicate (Doda Piliu) macroresturile vegetale indică prezența locală de *Pinus sylvestris* și specii de *Betula*. Totuși, pădurile erau destul de deschise și dominate de *P. abies*. Peisajul era dominat de comunități ierboase specifice pajiștilor întinse, precum *Rhinanthus*, Apiaceae, Poaceae, Asteroideae, Cichorioideae și Filipendula.

Proprietățile fizico-chimice ale sedimentelor indică o suprafață mai susceptibilă eroziunii din timpul fazelor cu condiții mai reci și mai uscate asociate cu evenimentul de la 8200 cal BP. Valori mai scăzute ale temperaturilor și ale precipitațiilor au fost de asemenea înregistrate în diferite alte analize palinologice din Carpații Românești (Tanțău et al., 2006; Feurdean et al., 2008, 2013).

Deși identificat, ocurența polenului de cereale nu a putut fi atribuită în mod cert activității umane în zonă, deoarece majoritatea spectrelor polinice analizate anterior sugerează impactul antropic ca fiind asociat cu Neoliticul timpuriu (de la cca 8000 cal BP) în zonă (Bodnariuc et al., 2002; Jalut et al., 2003; Feurdean et al., 2013).

Intervale cu posibile incendieri mai mari au fost înregistrate la 11.700-9600 cal BP și 10.200-9400 cal BP. Aceste perioade au fost în general asociate cu principalele schimbări din compoziția vegetației, ce ulterior au dus la înlocuirea unor taxoni lemnoși cu alte specii mai tolerante.

### **Holocenul mediu (8200-4200 cal BP)**

*Picea abies* a fost principalul component în pădurile de pe valea Someșului Cald de-a lungul Holocenului mediu. Alți constituenți majori au fost *Ulmus* (8150-7700 cal BP) și *Corylus avellana* (8150-7700 cal BP; 7700-7200 cal BP), *Quercus* (începând cu 7200 cal BP). Abundența ericaceelor de la situl Ic Ponor a determinat schimbări ale compoziției solului care ulterior au permis expansiunea unor alți taxoni (*Ulmus* între 8200 și 7700 cal BP).

Întreruperi în trendului general al pădurilor au fost legate de condiții climatice mai reci (7700-7200 cal BP) sau contaminări ale turbei din nivele superioare (6600-6400 cal BP).

Pădurea de *Picea abies* a intrat în declin începând cu 6000 cal BP favorizând ulterior expansiunea și colonizarea foioaselor (*Ulmus*, *Tilia*, *Quercus*, *Corylus avellana*). Schimbările climatice ar putea fi legate de evenimentul Bond de la 5900 cal BP (Bond et al., 2001) care ar fi putut favoriza și expansiunea (5000 cal BP) și predominanța (4800-4300 cal BP) lui *Carpinus betulus* în zonă în perioada cu condiții mai favorabile de după episodul mai rece. Totuși, și factorul uman ar putea fi luat în considerare pentru aceste schimbări ale vegetației din Holocenul mediu. Expansiunea și dominanța lui *Fagus sylvatica* în zonă au fost probabil favorizate de schimbările din climat asociate cu evenimentul de la 4200 cal BP și, respectiv, Perioada Rece din Epoca Bronzului.

Deși comunitățile ierboase adeseori asociate cu impactul uman (Apiaceae, Urticaceae, *Plantago*, *Cannabis*) au început să se diversifice de la 6000 cal BP, corelarea precisă a acestora cu terenuri cultivate sau pășuni în zonă nu a putut fi stabilită (Bodnariuc et al., 2002; Fărcaș et al., 2005; Feurdean and Willis, 2008a).

Activitatea focurilor pare a se fi atenuat odată cu dezvoltarea pădurilor de tip *Picea abies-Corylus avellana* (cca 7700 cal BP)

### **Holocenul târziu (4200-2500 cal BP; 380 cal BP-prezent)**

*Picea abies* și *Fagus sylvatica* au fost principalii componenți ai pădurilor între 4200 și 2500 cal BP. Perioade scurte de declin de *F. sylvatica* au fost înregistrate între 3900 și 3700 cal BP, 3400-3150 cal BP și 3100-2800 cal BP. Taxonii favorizați din aceste intervale au fost *Quercus*, *Fraxinus* și *Acer*, și respectiv *Pinus*.

Începând cu cca 400 cal BP pădurile din zonă ocupă treptat suprafețe mai reduse, iar comunitățile ierboase indică un spațiu din ce în ce mai deschis. Proporția crescătoare a ierburilor cultivate și arborilor cultivați (*Juglans*) caracterizează ultimii 100 de ani din zona studiată.

Tendențele din vegetație sunt foarte similare cu alte date din România (Tanțău et al., 2006; Fărcaș et al., 2007; Feurdean et al., 2009; Geantă et al., 2012).

Indicii ale unei presiuni antropice mai evidente în zonă apar odată cu creșterea proporției de ierburi ruderales și cele asociate pășunilor, dar și valori mai ridicate ale resturilor vegetale carbonizate începând cu Epoca Bronzului (4200-3200 cal BP). Focul a fost cel mai probabil folosit pentru a menține pășunile și terenurile agricole din perioadele mai recente (Feurdean et al., 2009, 2012).

## **2. Depresiunea Șimleu și extensiile nordice**

Siturile relevante pentru descrierea vegetației, climatului, impactului uman și activității focurilor din această zonă au fost turbăria de la Iaz și depozitul predominant lacustru de la Hereclean.

Corelate, secvențele cuprind întregul Holocen, unde Hereclean oferă o mai bună percepție din punct de vedere litostratigrafic și fizico-chimic de la începutul Holocenului până la 7000 cal BP. Secvența de la Iaz cuprinde o bună rezoluție a dinamicii vegetației din ultimii 7000 de ani. Surse arheologice sunt înregistrate în jurul ambelor situri începând cu Neoliticul și până în Epoca Medievală (Repertoriul Arheologic Național, 2008).

Datele utilizate incluse în analiza paleoecologică a inclus măsurători cu radiocarbon, litostratigrafie, polen și spori, non-polen palinomorfe, microresturi vegetale carbonizate, amoebe cu test, conținut de materie organică, carbonați și silicați, și susceptibilitate magnetică.

Resurse de paleomediu din regiune (Björkman et al., 2003; Jalut et al., 2003; Feurdean, 2005; Tanțău et al., 2006; Feurdean et al., 2007) au fost folosite pentru a oferi o descriere a dinamicii vegetației între 10.700 și 7000 cal BP.

## **Holocenul timpuriu (11.700-8200 cal BP)**

### *11.700-10.400 cal BP*

Holocenul timpuriu a fost în general caracterizat de un climat cu temperaturi în creștere și condiții mai uscate (Feurdean et al., 2008) cu valori ale precipitațiilor în creștere (Feurdean et al., 2008; Tămaș et al., 2005). Condițiile climatice mai favorabile au favorizat expansiunea rapidă a lui *Picea abies* și *Ulmus* alături de alți taxoni foioși (*Corylus avellana*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Alnus*).

Aceste caracteristici pot fi derivate, într-o anumită măsură, și din aspectele fizico-chimice și litologice ale secvenței de la Hereclean. Bazinul a funcționat ca un paleolac pe albia inundabilă a râului Zalău. Condiții mai aride dar stabile au favorizat un aport constant de material alohton în bazin (șisturi, silice și carbonați) datorită cursurilor de apă locale care traversează versanții din apropiere. Datorită unui debit încă ridicat al cursului de apă productivitatea organică a bazinului era încă scăzută. Prezența pădurilor însă în zonele învecinate este sugerată de numeroasele fragmente de lemn din sedimentul extras.

### *10.400-8200 cal BP*

Climatul favorabil a permis arborilor mezofilisă migreze în regiune, devenind în cele din urmă o parte importantă din compoziția pădurilor (*Quercus*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Corylus avellana*) de la altitudini medii și joase. Aceleași condiții de climat mai cald au dus la predominanța și abundența maximă a lui *C. avellana* de la 9300 cal BP (Björkman et al., 2003) și 9600 cal BP (Bodnariuc et al., 2002; Jalut et al., 2003) în păduri în defavoarea stejărișurilor mixte. În Depresiunea Șimleu intervalul 10.500-9600 cal BP a fost caracterizat de mai multe oscilații în ceea ce privește rata și tipul de aport sedimentar din bazin. Între 10.500 și 10.200 cal BP sedimentul conține mai multă silice și ar putea indica condiții mai reci și mai uscate care ar fi favorizat stagnarea apei și a acumulării de particule în paleolac. Valori scăzute ale susceptibilității magnetice de asemenea sugerează o posibilă fază de băltire. Pădurile erau încă probabil dese și prezente pe versanții apropiați așa cum indică ocurența a numeroase resturi lemnoase din sedimentul argilos.

## **Holocenul mediu (8200-4200 cal BP)**

Bazinul de la Hereclean a funcționat ca o turbărie minerotrofă între 8000 și 7000 cal BP. Conținutul clastic al sedimentului a împiedicat conservarea propice a polenului. Valorile crescătoare ale conținutului de carbonați și aportul de minerale fero-magnetice ar putea fi datorate scurgerilor periodice de suprafață de pe versanții apropiați afectați de procese de alterare din timpul perioadelor uscate. Ultimii cca 1200 de ani din evoluția bazinului de la Hereclean ar putea fi reprezentativi și corelați cu evoluția secvenței de la Iaz din extremitatea vestică a Depresiunii Șimleu.

Componenții principali ai pădurii între 7000 și 4200 cal BP, precum reiese din analiza palinologică de la Iaz, au fost *Corylus avellana* și stejărișurile mixte (*Quercus*, *Tilia* and *Ulmus*) până la 4900 cal BP, și *Carpinus betulus* de-a lungul următorilor 700 de ani. Acești taxoni indică continuitatea unui climat cald încă de pe vremea predominanței lui *C. avellana* în regiune (9600 cal BP; Bodnariuc et al., 2002; Jalut et al., 2003). Declinul abrupt al pădurilor cu alun și stejăriș de la 5200 cal BP care a favorizat dominanța carpenului în perioada imediat următoare, ar putea fi conectat unei schimbări de la condiții mai umede spre uscate.

## **Holocenul târziu (4200 cal BP-prezent)**

### *4200-1600 cal BP*

Abundența în continuare mare a arborilor din această perioadă, dar și a ciupercilor parazite pe copaci și cele coprofile, sugerează condiții climatice încă optime pentru predominanța și ameliorarea pădurilor dese în zonă. Compoziția acestor păduri era dominată de *Fagus sylvatica*, însă *Carpinus betulus* și *Quercus* au fost de asemenea o ocurență regulată.

Intervalul 3600-1600 cal BP a fost caracterizat de mai multe schimbări ale condițiilor climatice. Evenimentele mai reci (Perioada Rece din Epoca Bronzului 3800-3500 cal BP; Perioada rece din Epoca Fierului 2900-2400 cal BP) au fost în general asociate cu activitate fluvială mai intensă a râului Someșul Mic (Perșoiu, 2010), pe când perioadele mai calde (Optimul Climatic din Epoca Bronzului 3500-2900 cal BP; Perioada Caldă din Epoca Romană 2400-1600 cal BP) s-au corelat cu activitate fluvială mai intensă la nivelul Europei Centrale (Starkel et al., 2002).

### *1600-650 cal BP*

În acest interval sedimentul de la Iaz a acumulat cea mai mare abundență de materie organică și cel mai mic aport clastic respectiv. Suceptibilitatea magnetică este scăzută cu un singur scurt interval de valori mai ridicate între 1450 și 1350 cal BP. Două perioade climatice bine stabilite sunt asociate intervalul 1600-650 cal BP: Perioada Rece din Evul Mediu timpuriu (1450-1100 cal BP) și Perioada Caldă Medievală (1100-650 cal BP).

Principala caracteristică a dinamicii vegetației de la Iaz între 1600 și 1100 cal BP a fost abundența speciilor higrofile de Scrophulariaceae (*Gratiola officinalis* și *Limosella aquatica*) și *Sphagnum*. Creșterea abundenței taxonilor pionieri (*Salix*, *Corylus avellana*, *Betula*, *Pinus*, și *Fraxinus*) din această perioadă indică de asemenea defrișări masive. În perioada următoare (1100-650 cal BP) pădurile de fag și arin s-au extins din nou într-o oarecare măsură. Însă, abundența de *Carpinus betulus* și *Quercus* din acest interval ar putea indica prezența unor spații deschise în pădure care au fost colonizate de aceste două specii de arbori.

### *650 cal BP-prezent*

Schimbarea litologiei spre o turbă cu *Sphagnum* și presiunea antropică, au determinat schimbări semnificative în compoziția și distribuția vegetației. Covorul vegetal din peisajul regional devenea tot mai deschis cu o pădure de taxoni secundari incluzând *Quercus*.

Asociațiile de amoebe cu test indică condiții umede spre moderat umede între 650 și 300 cal BP când *Sphagnum* și *Lycopodium annotinum* au fost abundenți, și condiții foarte umede între cca 300 și 100 cal BP când *L. annotinum* a atins o abundență maximă, și condiții mai uscate la suprafața turbării de-a lungul ultimilor 100 de ani unde *Sphagnum* domina.

## **2.1. Impactul antropic și focurile din Holocenul mediu și târziu**

Prezența umană în această regiune a munților Apuseni a fost înregistrată încă din neolitic și o prezență aproape continuă a comunităților aparținând de complexul Starčevo-Criș III B, atribuit intervalului 7600-7300 cal BP (Băcuceș, 2008). Activitățile acestor grupuri includeau olăritul, agricultura primordială și creșterea animalelor.

O zonă tampon cu raza de 40 km în jurul sitului de la Iaz a fost stabilită pentru a se putea lua în considerare un număr cât mai mare de situri arheologice din aria de studiu (Depresiunea Șimleu), destul de semnificativ pentru a analiza gradul de locuire, dar și pentru a oferi o privire mai largă asupra habitatelor de la diferite altitudini cu scopul de a localiza posibile arii surse a taxonilor cu producție mare de polen de dinaintea plantațiilor făcute de om (*Pinus*).

### **3. Răspunsul vegetației la climatul, focul și impactul antropic din Holocen în Apusenii Nordici (România)**

Sucesiunea vegetației care caracterizează începutul Holocenului a fost o reacție la creșterile semnificative de temperatură indicate de numeroase seturi de date din emisfera nordică. Principalii factori care au influențat schimbările din vegetație începând cu 11.700 cal BP au fost migrarea taxonilor și compoziția pădurilor din ultima perioadă glaciară. Pădurile inițiale din Holocen erau compuse din *Pinus* și *Betula*. Specii precum *Salix*, *Picea abies*, *Ulmus* și *Alnus* au fost de asemenea prezente în aceste păduri, însă într-o proporție restrânsă.

Condițiile climatice mai favorabile de la 11.200 până la 10.300 cal BP au facilitat expansiunea rapidă și presonanța pădurilor dominate de *Picea abies* și *Ulmus*. Dovadă a dominației acestor taxoni mai ales în peisajul de la altitudini medii este faptul că ambele specii au fost subestimate în procentajele brute de polen (Feurdean et al., 2015).

Condiții favorabile au fost înregistrate și între 10.500 și 9400 cal BP care au favorizat expansiunea arborilor mezofili în regiune (*Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus* și *Corylus avellana*). Întreruperea evoluției vegetației asociată cu evenimentul rece de la 10.300 cal BP a permis taxonului mai rezistent de *C. avellana* să obțină un avans în următoarea succesine de vegetație.

Deteriorarea compoziției solului provocată de condițiile climatice mai reci și uscate asociate cu evenimentul rece de la 8200 cal BP au fost bine înregistrate de evoluția vegetației din zona de studiu. Aceste schimbări constă în principal în declinul taxonilor mezofili, care ulterior a determinat eroziunea solului și întreruperea acumulării sedimentelor în unele regiuni. Deși pădurile erau compuse din *Picea abies* și *Corylus avellana* de-a lungul Holocenului mediu, anomalii climatice de scurtă durată asociate cu efectele de lungă durată ale evenimentului de la

8200 cal BP au dus la numeroase tranziții în compoziția pădurilor. Aceste tranziții au fost mai perceptibile în secvențele de la altitudini medii.

Expansiunea lui *Carpinus betulus* în zona studiată a fost stabilită la 5700 cal BP în regiunile joase și la aproximativ 5000 cal BP în regiunile montane. Diferențele în datele stabilite pentru expansiunea acestui taxon ar putea fi datorate condițiilor edafice din fiecare sit, întrucât *C. betulus* preferă soluri bogate în materie organică. Intervalul relativ scurt de abundență maximă a acestui taxon ar putea fi legat de distrugerea parțială a habitatelor fertile ocupate din timpul perioadelor cu un grad de locuire mai ridicat (Godwin, 1975).

Pe de altă parte, expansiunea și dominanța lui *Fagus sylvatica* în secvențele studiate au fost în mare parte asemănătoare, la cca 4800 cal BP și respectiv începând de la 4200 cal BP. Dominanța îndelungată a fagului atât în zonele joase cât și în cele montane a fost probabil datorată unor condiții climatice mai reci și umede (Holzhauser et al., 2005) care au favorizat regenerarea mai rapidă a acestui taxon de-a lungul unui mare interval din Holocenul târziu, dar și datorită activității antropice (Küster, 1997).

Deși dovezile arheologice sunt rare, prezența presiunii antropice pe valea Someșului Cald este indicată de diversificarea indicatorilor antropici din spectrele polinice începând cu 6000 cal BP. Holocenul târziu este de asemenea caracterizat de ocurența a numeroase oscilații climatice care provoacă schimbări diferite în vegetație. În general, perioadele mai reci au cauzat o reducere a proporției de arbori mezofili și un grad mai redus al impactului antropic, și astfel o ameliorare a pădurii de fag. În perioadele mai calde presiunea antropică asupra vegetației s-a intensificat, prin asociere cu numeroase regresive de scurtă durată în cadrul pădurilor și o îmbunătățire în ceea ce privește gradul de diversitate a taxonilor ierboși care indică impactul uman. De-a lungul ultimilor cca 350 de ani au fost înregistrate importante schimbări în compoziția vegetației, care au dus la o înlocuire parțială sau totală a covorului vegetal din regiune. Arii întinse au fost transformate în teren arabil, iar suprafața turbăriilor din zona studiată au început a fi drenate sau desecate și datorită scurgerilor nocive de pe versanții folosiți ca și teren agricol din apropiere. Peisajul deschis a fost menținut prin incendieri controlate ale vegetației (Feurdean and Willis, 2008b; Feurdean et al., 2009).

## CONCLUZII

Studiul de față s-a axat pe răspunsul vegetației din Apusenii Nordici (România) la efectele interactive dintre climat, impact antropic și foc din Holocen. Aria de studiu cuprinde o varietate largă de forme de relief care au fost propice pentru dezvoltarea unor situri promițătoare la altitudini joase și medii, și care acoperă diferite intervale din ultimii 11.700 de ani.

În timpul tranziției Tardiglaciuar/Holocen și în Holocenul timpuriu dinamica vegetației a fost cel mai probabil controlată de oscilațiile climatice, dar și de cerințele ecologice și gradul de toleranță a diversilor taxoni. Pădurile inițiale cu *Pinus* și *Betula* au fost treptat înlocuite odată cu creșterea semnificativă a temperaturilor de la 11.700 cal BP de către păduri cu taxoni care probabil au supraviețuit pe teritoriul României de la ultima glaciațiune: *Picea abies*, *Ulmus*, *Alnus* și *Salix*. Expansiunea ulterioară a lui *Corylus avellana*, *Quercus*, *Tilia* și *Fraxinus* de la cca 10.500 cal BP indică migrarea acestor taxoni din arii sursă mai îndepărtate.

În timp ce pădurile deveneau mai dese și mai închise, schimbările de scurtă durată din climat au fost principalul factor de control în schimbările distribuției și abundenței taxonilor din pădure. Similaritatea regională în ceea ce privește expansiunea lui *Carpinus betulus* (cca 4800 cal BP) și *Fagus sylvatica* (cca 4200 cal BP) sugerează faptul că fluctuațiile condițiilor climatice au cauzat probabil și favorizat expansiunea acestor doi taxoni în defavoarea unor taxoni mai puțin rezistenți sau sensibili la aceste schimbări.

Începând cu 7000 cal BP, presiunea antropică asupra mediului natural a fost mai evidentă și astfel, influența efectelor sale asupra dinamicii unor anumiți taxoni nu este exclusă. Impactul uman este mai bine vizibil în siturile de la altitudini mai joase din munții Apuseni și, deși ușor accesibile, văile montane au fost afectate mai mult de pășunat și defrișări decât de cultivarea intensivă a plantelor. Cu toate acestea, faze de declin scurt a principalilor taxoni din păduri din Holocenul mediu și târziu au fost asociate cu defrișări și incendieri cu scopul lărgirii ariilor de pășunat și teren arabil pentru populația în creștere și/sau implementarea unor noi practici legate de agricultură (viticultură, rotația culturilor și cultivarea pomilor fructiferi).

Activitatea mai mare a focurilor din Holocenul timpuriu (11.700-7000 cal BP) a fost de asemenea un factor probabil care a facilitat expansiunea taxonilor meyo-fili în defavoarea pădurilor mai inflamabile de conifere. Schimbările dramatice ale compoziției pădurilor și a

peisajului general ce caracterizează ultimii cca 600 de ani din zona studiată, au fost de asemenea influențate de utilizarea focului prin incendieri controlate cu scopul de a întreține pășunile și terenul agricol.

Luând în considerare schimbările radicale ale mediului natural din ultimele trei secole, conștientizarea modului în care societățile umane din trecut au exploatat mediile înconjurătoare reprezintă o metodă indispensabilă pentru o mai bună înțelegere a evoluției legăturilor dintre societate, mediu înconjurător și biodiversitate de-a lungul timpului, și de asemenea dezvoltarea unor strategii eficiente pentru conservarea și restaurarea peisajului natural și cultural.

## **BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ**

- Băcuc-Crișan, S., 2008. Neoliticul și Eneoliticul din Depresiunea Șimleului. Brukenthal National Museum, Alba Iulia, 340 pp.
- Bennett, K. D. & Willis, K. J., 2001: Pollen. In Smol, J.S., Birks, H.J.B. and Last, W.M. (Eds.), Tracking environmental change using lake sediments. Kluwer Academic Publishers, 5-32.
- Björck, S., Rundgren, M., Ingolfsson, O., Funder, S., 1997: The Preboreal oscillation around the Nordic Seas: terrestrial and lacustrine responses. *Journal of Quaternary Science*: 12, 455-465.
- Björck, S., Muscheler, R., Kromer, B., Heinemeier, J., Johnsen, S.J., Andresen, C.S., Conley, D., Koc, N., Spurk, M., Veski, S., 2001: High-resolution analyses of an early Holocene climate event may imply decreased solar forcing as an important climate trigger. *Geology*, 29: 1107-1110.
- Björckman, S., Feurdean, A., Wohlfarth, B., 2003: Late glacial and Holocene forest dynamics at Steregoiu in the Gutâiului Mountains, Northwest Romania. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 124: 79-111.
- Blaauw, M., 2010: Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology*, 5: 512-518.
- Blockley, S., Brauer, A., Davies, S., Hardiman, M., Harding, P., Lane, C., MacLeod, A., Matthews, I., Pyne-O'Donnell, S., Rasmussen, S.O., Wulf, S., Zanchetta, G., 2014: Tephrochronology and the extended INTIMATE (INTEgration of Ice-core, Marine and TERrestrial records) event stratigraphy 8-128 ka b2k. *Quaternary Science Reviews* 106, 88-100.
- Bodnariuc, A., Bouchette, A., Dedoubat, J.J., Otto, T., Fontugne, G.J. & Jalut G., 2002: Holocene vegetational history of the Apuseni Mountains, central Romania. *Quaternary Science Reviews*, 21: 1465-1488.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I., Bonani, G., 1997: A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278: 1257-1266.

- Bond, G. G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I., Bonani, G., 2001: Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *Science*, 294: 2130-2136.
- Charman D.J., Hendon D. & Woodland W.A., 2000: The Identification of Testate Amoebae (Protozoa: Rhizopoda) in Peats. Quaternary Research Association, London, UK, Technical Guide No. 9.
- Fărcaș, S., Beaulieu, J.L., Tanțău, I., Stoica, I.A., 2005: The absolute chronology aspects of the postglacial vegetation registered in the Căpățâna peat bog, Apuseni Mountains. *Studii și cercetări (Biologie)*. Bistrița, 10: 99-108.
- Fărcaș, S., Tanțău, I., Feurdean, A., 2007: L'histoire des forêts et du climat holocène dans les Monts Apuseni. *Contribuții Botanice XLII*, Cluj-Napoca 1, 115-125.
- Feurdean, A., 2005: Holocene forest dynamics in northwestern Romania. *Holocene*, 13: 435-446.
- Feurdean, A., Mosbrugger, V., Onac, B.P., Polyak, V. & Vereș, D., 2007: Younger Dryas to mid-Holocene environmental history of the lowlands of NW Transylvania, Romania. *Quaternary Research*, 68: 364-378.
- Feurdean, A., & Willis, K.J., 2008b: Long-term variability of *Abies alba* in NW Romania: implications for its conservation management. *Diversity and Distributions*, 14: 1004-1017.
- Feurdean, A., & Willis, K.J., 2008a: The usefulness of a long-term perspective in assessing current forest conservation management in the Apuseni Natural Park, Romania. *Forest Ecology and Management*, 256: 421-430.
- Feurdean, A., Klotz, S., Mosbrugger, V. & Wohlfarth, B., 2008: Pollen-based quantitative reconstructions of Holocene climate variability in NW Romania. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 260: 494-504.
- Feurdean, A., Willis, K.J., Astaloș, C., 2009: Legacy of the past land use changes and management on the 'natural' upland forests composition in the Apuseni Natural Park, Romania. *The Holocene*, 19: 967-981.
- Feurdean, A., Spessa, A., Magyari, E., Willis, K.J., 2012: Trends in biomass burning in the Carpathian region over the last 15,000 years. *Quaternary Science Reviews*, 45: 111-125.
- Feurdean, A., Parr, C., Tanțău, I., Fărcaș, S., Marinova, E., Perșoiu, I., 2013: Biodiversity variability across elevations in the Carpathians: parallel change with landscape openness and land use. *The Holocene*, 23: 869-881.
- Feurdean, A., Marinova, E., Nielsen, A.B., Liakka, J., Vereș, D., Hutchinson, S.M., Braun, M., Timar-Gabor, A., Astalos, C., Mosbrugger, V., Hickler, T., 2015: Origin of the forest steppe and exceptional grassland diversity in Transylvania (central-eastern Europe). *Journal of Biogeography*, 42: 951-963.
- Geantă, A., Tanțău, I., Tămaș, T. & Johnston, E.V., 2012: Palaeoenvironmental information from the palynology of an 800 year old bat guano deposit from Măgurici cave, NW Romania (Romania). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 174: 57-66.
- Godwin, H., 1975: *The history of the British flora*. 2nd Ed. Cambridge University Press, 541 pp.
- Grimm, E.C., 1992: Tilia and Tilia-graph: pollen spreadsheet and graphics programs. *Programs and Abstracts*, 8th International Palynological Congress. Aix-en-Provence, 6-12 September, 56.
- Hendon, D. & D. J. Charman, 1997: The preparation of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) samples from peat. *The Holocene*, 7: 199-205.

- Holzhauser, H., Magny, M., Zumbuhl, H.J., 2005: Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years. *The Holocene*, 15(6): 789-801.
- Jalut, G., Bodnariuc, A., Bouchette, A., Dedoubat, J.J., Otto, T. & Fontugne, M.. 2003: Holocene vegetation and human impact in the Apuseni Mountains, Central Romania. *Aspects of Palynology and Palaeoecology*, (S. Tonkov, ed.), Pensoft Publ., 137-170.
- Küster, H., 1997: The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe. *The Holocene*, 7: 239-242.
- Perșoiu, I., 2010. Reconstituirea evoluției geomorfologice a văii Someșul Mic în Holocen. Teză de doctorat, Alexandru I. C. University, Romania, 295 pp.
- Reille, M., 1995: Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplément 1. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, 327 pp.
- Reille, M., 1998: Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplément 2. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, 521 pp.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M. & van der Plicht, J., 2013: IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4): 1869-1887.
- Repertoriul Arheologic Național, 2008: Repertoriul Arheologic Național. cIMeC, Institutul de Memorie Culturală. <http://www.cimec.ro/scripts/ARH/RAN/sel.asp>
- Starkel, L., 2002: Change in the frequency of extreme events as the indicator of climatic change in the Holocene (in fluvial systems). *Quaternary International*, 91: 52-32.
- Stockmarr, J., 1971: Tablets with spores used in absolute pollenanalysis. *Pollen et Spores*, 13: 615-621.
- Tanțău, I., Reille, M., Beaulieu, J.L., Fărcaș, S., 2006: Late Glacial and Holocene vegetation history in the southern part of Transylvania (Romania): pollen analysis of two sequences from Avrig. *Journal of Quaternary Science*, 21: 49-61.
- Tanțău, I., Reille, M., Beaulieu, J.L., de Fărcaș, S., Brewer, S., 2009: Holocene vegetation history in Romanian Subcarpathians. *Quaternary Research*, 72: 164-173.
- Tanțău, I., Feurdean, A., Beaulieu, J.L., Reille, M., Fărcaș, S., 2014: Vegetation sensitivity to climate changes and human impact in the Harghita Mountains (Eastern Romanian Carpathians) over the past 15,000 years. *Journal of Quaternary Science*, 29: 141-152.
- Tămaș, T., Onac, B.P., Bojar, A.V., 2005: Lateglacial-middle Holocene stable isotope records in two coeval stalagmites from the Bihor Mountains, NW Romania. *Geological Quarterly*, 49: 185-194.
- Walden, J., Oldfield, F. and Smith, J.P., 1999: Environmental magnetism: a practical guide. Quaternary Research Association.