

UNIVERSITATEA “ȘTEFAN CEL MARE” SUCEAVA  
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE APLICATE ȘI INGINEREȘTI  
DOMENIU DE STUDIU GEOGRAFIE

TEZĂ DE DOCTORAT

-Rezumat-

Utilizarea fragmentelor vegetale carbonizate pentru reconstituirea paleoincendiilor de vegetație din nordul Transilvaniei în timpul Holocenului

*Coordonator științific:*

Conf. univ. dr. habil. Marcel MÎNDRESCU

*Doctorand:*

Ancuța-Ramona PETRAȘ

Suceava, 2024

## SUMAR

I.	INTRODUCERE .....	3
II.	ARIA DE STUDIU .....	12
III.	CRONOLOGIA RECONSTITUIRILOR DE PALEOMEDIU PE TERITORIUL ROMÂNIEI.....	18
IV.	INTERPRETAREA REZULTATELOR.....	23
V.	CONCLUZII.....	28
	Glosar de termeni .....	31
	REFERINȚE BIBLIOGRAFICE .....	32

## I. INTRODUCERE

Mediul se află într-o continuă schimbare, dinamica acestuia este dată de interacțiunea factorilor de control principali (climat, vegetație, om), plecând de la scară spațială și temporală restrânsă, spre o perspectivă globală și multi-milenară. Pentru a construi scenarii cât mai precise care să ajute de-a lungul evoluției viitoare a climatului și a impactului asupra componentelor de mediu este necesar de informații de paleomediu bine documentate cu o acoperire teritorială cât mai bună pe o întindere temporală cel puțin la scara seculară. La nivel european *paleolimnologia* s-a dezvoltat începând cu anii '60, în special datorită descoperirii și aplicabilității în domeniul a primelor metode absolute de stabilire a cronologiei sedimentelor ( $^{14}\text{C}$  etc.). Aceasta inovație venea și în contextul în care se recunoștea existența și manifestarea schimbărilor climatice. Acestea din urma fiind considerată mai târziu, în anul 1979, o problemă de către *Organizația Meteorologică Mondială/World Meteorological Organization (WMO)*. De asemenea o nouă direcție este îndreptată către găsirea de soluții pentru a preîntâmpina efectele încălzirii globale, ce se conturează cu claritate încă din anul 1988, când sunt puse bazele înființării *Grupului interguvernamental de experți în evoluția climei/ Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Ca o consecință a schimbărilor climatice prognozate și a impactului antropic tot mai ridicat, se preconizează că numărul incendiilor, severitatea acestora și suprafețele afectate vor fi din ce în ce mai mari în viitorul apropiat (Jouzel et al., 2016). Potrivit ultimelor studii și estimări, incendiile de vegetație au crescut în intensitate pe parcursul ultimelor decenii. Informațiile ecologice privind reconstituirea regimului incendiilor de vegetație la nivel european, precum și reconstituirea dinamicii vegetației (structură, compoziție) au arătat faptul că pădurile sunt foarte susceptibile la incendii în contextul încălzirii climatului actual (Flannigan et al., 2009; De Rigo et al., 2017).

Pentru România a trecut mai mult de un secol de la prima prelevare și analiză a sedimentelor lacustre în vederea utilizării acestora pentru reconstituirea climatului, mediului și vegetației. În anul 1900, De Martonne și Murgoci au publicat prima analiză geomorfologică și sedimentologică riguroasă a bazinului hidrografic și a sedimentelor lacului Călcescu din Munții Parâng intitulat (*Sondage et analyse des boues du lac Calcescu*), în încercarea monumentală de a lega caracteristicile acestora pentru descifrarea evoluției climatului local. Acesta este considerat primul studiu de paleolimnologie, descriptiv, din România. Momentul de referință în ceea ce privește cercetarea paleolimnologică din România este în anul 1990, când Fărcaș și colaboratorii publică primul studiu paleoecologic susținut de o cronologie absolută stabilită cu ajutorul radiocarbonului, pentru sedimentele lacustre ale Iezerului Călimani

(muntii Calimani) și Tăul Zănoaguții (muntii Retezat). Pentru prima dată în România are loc prima utilizare a izotopului  $^{14}\text{C}$  pentru datarea sedimentelor lacustre. Din acel moment cercetarea paleolimnologică din România cunoaște o dezvoltare multidirecțională fiind impulsionat și de contextul geopolitic european favorabil (accesul la literatura străină, laboratoare, institute de cercetare și intensificarea schimburilor academice și a oamenilor de știință).

## 1. *Sedimentele de turbă și importanța acestora în reconstituirile de mediu cu privire specială asupra incendiilor de vegetație*

### 1.1. *Mediile depoziționale, ca arhive naturale pentru reconstituirile climatului și ale mediului*

Mare parte a reconstituirilor de mediu și climat din Europa și la nivel mondial s-au realizat utilizând analiza sedimentelor extrase din lacuri și turbării, datorită proprietății acestora de a integra și păstra semnalele climatice (ex. Last & Smol, 2002a, b; Buczkó et al., 2010; Florescu & Mîndrescu, 2016). Aceste reconstituirii au fost realizate pentru înțelegerea influențelor polivalente dintre climat, mediul local, vegetație și componenta umană, inclusiv înțelegerea efectului manifestării factorilor perturbatori, precum incendiile de vegetație. Dezvoltarea ecosistemelor și mediilor actuale a fost o acțiune de lungă durată (sute și mii de ani). Prin urmare, menținerea și implementarea unui management sustenabil nu este posibil fără a înțelege cum au evoluat în timp mediile actuale și cum au fost în legătură cu factorii îngrijorători (Gillson, 2015). Procesul sedimentării în mediul depozițional (*ex. cuvetă cu apă sau turbărie*) este supravegheat de o serie de factori care interacționează în continuu (*tipul arhivei depoziționale, litologia și vegetația din bazinul hidrografic și cel depozițional, climatul, procesele geomorfologice locale, activitățile antropice*) (Smol, 2009). Aceste interacțiuni sunt active (se desfășoară în timp și spațiu) și dau anumite particularități sedimentelor depuse în mediile respective. În funcție de origine, materialul care ajunge în lacuri/turbării are două surse majore (Smol, 2009):

- material alohton (*care rezultă din afara lacului/turbăriei – sol, material vegetal, polen, material erodat din roca parentală, particule poluante, fragmente carbonizate produse în incendii de vegetație și depuse atmosferic și/sau prin scurgerea de suprafață, etc.*);
- material autohton (*rezultat în urma activității biologice, fizice și chimice din mediul depozițional (ex. minerale produse prin diagenază, organisme acvatice precum diatomee, amoebe/amibe, chironomide, etc.)*).

**Paleolimnologia** reprezintă știința interdisciplinară care folosește proprietățile fizice, chimice și biologice ale profilelor sedimentare pentru a putea reconstitui condițiile climatice din trecut, condițiile de mediu și regimul factorilor perturbatori, la o scară de timp îndelungată. Există diferențe semnificative între sedimentarea în mediu lacustru și procesul de acumulare a turbei. În anumite cazuri, turbăriile reprezintă arhive sedimentare mai adecvate în reconstituiri de mediu comparativ cu lacurile. Deoarece în turbării au loc procese foarte reduse sau inexistente precum redepozitarea sedimentelor, bioturbație, amestec al sedimentelor prin acțiunea valurilor, hiatusuri sedimentare induse de scăderea dramatică a nivelului lacurilor.

*Cuveta lacustră* primește materie și energie atât din *exterior*, de pe suprafața bazinului său hidrografic, din apa subterană, depuneri atmosferice, căldura produsă de soare, cât și din *interior*, ca rezultat al productivității proprii. În cadrul bazinului hidrografic se desfășoară procese de origine naturală (succesiunea și varietatea speciilor în teritoriu, variații ale unor procese geomorfologice, ale factorilor climatici) dar și activități antropice (activități agricole, forestiere, industriale, etc.) (Håkanson, 2012; Florescu & Mîndrescu, 2016; fig. 1.1).

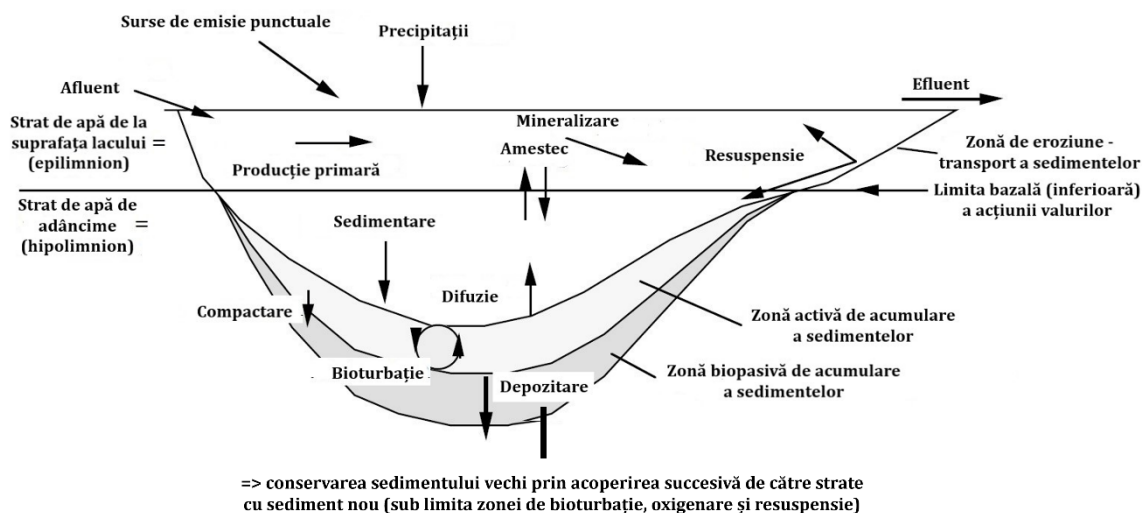


Fig. 1.1. Reprezentare schematică a principalelor fluxuri de material din cadrul bazinului lacustru (Håkanson, 2012; Florescu & Mîndrescu, 2016)

## Depozitele de turbă

Turba reprezintă un sediment recent (de obicei de vârstă holocenă), formată din diverse resturi vegetale de plante hidrofile și higrofile, cu diferite origini sistematice și cenotice, în diferite grade de preservare (Anastasiu et al, 1983).

În funcție de condițiile de formare, turbăriile se împart în trei tipuri, după structură și particularități individuale, după cum urmează:

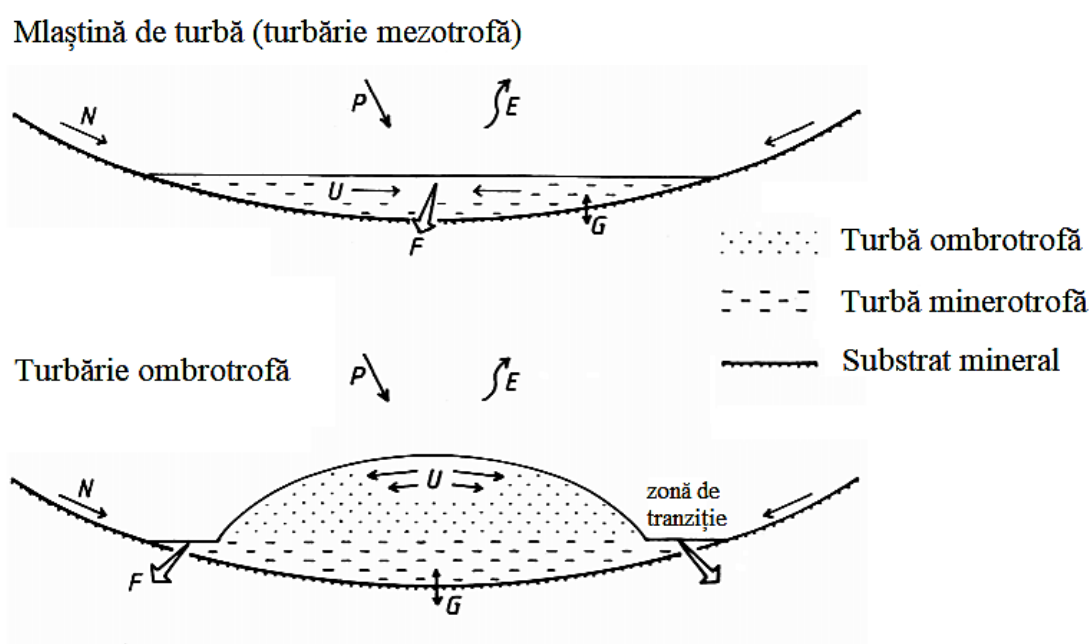
- turbării de *mlaștini eutrofe* sau *turbării joase*, numite popular *bahne* (Moldova și Bucovina), *mocire* (Maramureș), *marsite* (Munții Apuseni), *ploștine* (Oltenia), *rogoaze* (Țara Bârsei);
- turbării de *mlaștini oligotrofe* sau *turbării înalte*, numite popular *tinov*, *molnas* (Munții Apuseni), *mlaca* (Maramureș);
- turbării de *mlaștini intermediare* sau *mezotrofe* (Pop, 1960).

*Turbăriile de mlaștini* sau *joase* s-au format pe albiile majore de râuri, pe patul văilor sau unor depresiuni. Alimentarea cu apă și substanțe nutritive pentru plante din aceste turbării se

realizează din pânza freatică și din apele de suprafață. Pe aceste turbării cresc numeroase specii din genurile: *Phragmites* (stuf), *Carex* (rogoz), *Hyphum* (mușchi frunzoși), etc.

*Turbăriile de mlaștini oligotrofe sau turbăriile înalte (tinoavele)* iau naștere pe orice formă de relief, în special sub păduri, urmărind cumpăna apelor. Condiții necesare formării lor sunt prezența rocilor silicioase și existența precipitațiilor abundente (peste 750 mm anual). În astfel de turbării se dezvoltă plante care se adaptează ușor, cum ar fi cele din genurile *Sphagnum* (*fuscum*, *rubellum*, *medium*, *papillosum*, *molluscum*), cu diverse specii de *Cormofite* (*Eriophorum vaginatum*, *Carex sp.*, *Callula vulgaris*, *Drosera rotundifolia*, ș.a.). În România se întâlnesc areale cu turbe înalte în: bazinul Dornei, zona Lucina-Fundul Moldovei, Maramureș, Munții Sebeșului, Banat (munții Semenicului), Munții Apuseni, regiunea Cluj (Pop, 1960).

*Turbele de mlaștini intermediare (mezotrofe) sau de tranziție* sunt reprezentate prin turba de *Carex și Sphagnum*, *Polytrichum*, turba de resturi lemnoase (arin, pin, mestecăn), cu baza de mușchi. În România, o astfel de turbă se găsește la Vatra Dornei, Colăcel (regiunea Suceava) și în alte localități (Pop & Sălăgeanu, 1965).



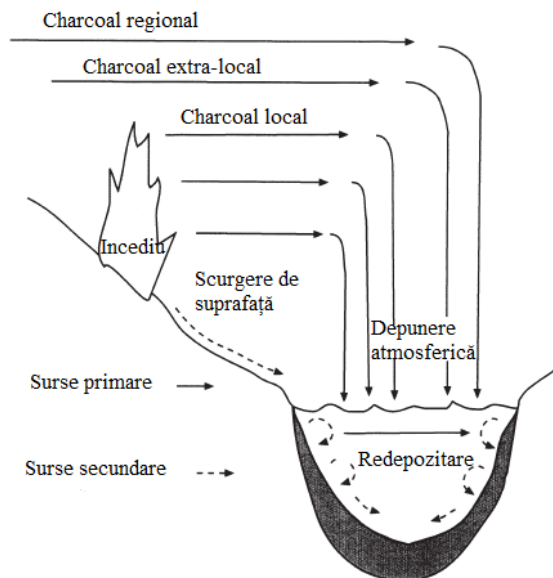
**Fig. 1.2.** Morfologia și relațiile hidrologice în cadrul a două tipuri de turbării (Bragg, 2002). Săgețile indică direcția fluxurilor de apă: **P** – precipitații, **N** – input de apă provenind din scurgerea de suprafață, **U** – scurgerea laterală în interiorul turbăriei, **E** – evapotranspirația, **F** – efluxul apei din turbă, **G** – schimbul cu (rezerva de) apă subterană.

*Turbăriile ombrotrofe* sunt sensibile la schimbarea echilibrului dintre precipitații și evapotranspirație și prin urmare sunt potrivite pentru astfel de reconstituiri de mediu (Feurdean et al., 2015). Categoria turbăriilor ombrotrofe este una deosebită, deoarece acestea se caracterizează prin input exclusiv atmosferic (fig. 1.2), bazinul hidrografic și cuveța primind apă și substanțele nutritive doar din precipitații, și nu prin intermediul scurgerii de suprafață sau subterane (Chambers, 2003).

Abordarea multi-proxy pentru reconstituiri de paleoclimat și paleomediu (izotopii de carbon din *Sphagnum* pentru reconstituirea paleotemperaturii, amoebe cu test pentru reconstituirea paleoumidității locale, polen și plante macrofosile pentru reconstituirea dinamicii vegetației regionale și locale, ***charcoal*** pentru activitatea incendiilor de vegetație, etc.) oferă informații valoroase pentru a anticipa posibilitatea viitoarelor răspunsuri ale mediilor regionale și locale la schimbările climatice și a impactul uman (Marlon et al., 2016).

***Charcoal-ul*** sau fragmentele organice carbonizate (FOC) reprezintă un compus anorganic al carbonului obținut prin arderea incompletă a materialului organic la temperaturi cuprinse între 280 – 500 °C (Clark, et al. 1996; Patterson et al., 1987). Analiza *charcoal*-ului (FOC) se bazează pe identificarea acumulării de fragmentele organice carbonizate în depozite lacustre (sedimente) sau de turbă (turbării) în timpul și după un episod cu incendii de vegetație. *Charcoal*-ul este rezistent la oxidare și la activitatea microbiană și poate fi menținut pentru lungi perioade geologice (Mooney & Tinner, 2011). Rata de acumulare a fragmentelor organice carbonizate (FOC sau *charcoal*) dintr-un lac sau arie geografică umedă depinde de caracteristicile incendiului (de ex. cantitatea de *charcoal*) și de procesele care transportă *charcoal*-ul în lac (de ex. cât de departe este transportat *charcoal*-ul; mai mult *charcoal* se introduce prin fluxurile și scurgerile de suprafață în anii următori unui incendiu) și se face prin intermediul surselor primare (*charcoal* primar) și secundare (*charcoal* secundar) (fig. 1.3).





**Fig. 1.3.** Reprezentare schematizată a surselor primare și secundare de proveniență a fragmentelor organice carbonizate (charcoal) (Whitlock & Larsen, 2001)

Mărimea fragmentelor organice carbonizate (charcoal) care pot fi identificate și cuantificate, se încadrează în două categorii, după cum urmează:

*Particulele mici* sunt identificate și cuantificate în timpul analizei polenului folosind microscopia și este cunoscut drept "*cărbune microscopic*" (*micro-charcoal*). Aceste particule minuscule reprezintă un indicator privind manifestarea și intensitatea incendiilor regionale sau extra-locale.

*Particulele mari* sunt izolate prin cernerea umedă și astfel se obține "*cărbunele cernut*" sau "*cărbunele macroscopic*" (*macro-charcoal*). Acesta reprezintă un indicator pentru incendiile de vegetație la nivel local, respectiv, din bazinul hidrografic sau din imediata apropiere a sitului de studiu (Mooney & Tinner, 2011).

### **Scopul și obiectivele studiului**

Domeniul cercetărilor paleolimnologice din România a cunoscut o dezvoltare semnificativă din perioada debutului meu doctoral, începând cu anul 2017. Această dezvoltare se reflectă prin numeroasele lucrări publicate, care au contribuit semnificativ la reconstituirea paleomediului și paleoclimatului la nivel național. Interesul tot mai mare pentru impactul schimbărilor climatice a stimulat cercetarea paleolimnologică, care oferă o perspectivă valoroasă asupra variațiilor climatice din trecut și deschide o oportunitate de a prognoza schimbările climatice din viitor. Datorită dezvoltării continue a domeniului s-au diversificat metodele dar și direcția de cercetare. Numărul în creștere a siturilor depozitionale studiate a

permis realizarea de comparații stratigrafiei regionale climatice și de paleomediu din țară cu stratografiile din restul Europei.

Cercetarea paleolimnologică reprezintă o contribuție semnificativă la înțelegerea paleomediului din Carpații Românești, respectiv, din nordul Carpaților Orientali. Utilizarea *charcoal*-ului ca indicator paleolimnologic oferă o perspectivă unică asupra schimbărilor climatice și a altor factori de mediu din regiune.

Charcoal-ul reprezintă un important indicator paleolimnologic și este o alegere inovatoare, putând oferi informații valoroase despre incendiile naturale, activitatea umană și schimbările climatice din trecut. Teza este unică în România prin abordarea sa privind reconstituirea paleomediului folosind *charcoal-ul* ca indicator principal. Studiul este unic pentru școala românească de geografie deoarece folosește pentru prima dată acest bioindicator (și indicatorii aferenți fizici și geochimici) pentru reconstituirea condițiilor de mediu și dinamica peisajului geografic precum și a condițiilor climatice din trecut. Scopul studiului îl reprezintă analiza sedimentelor a două turbării ombrotrofe, pentru a reconstitui regimul incendiilor de vegetație din zona munților Lăpușului, în relație cu factorii naturali și activitățile antropice (ex. mineritul).

Pe baza investigațiilor paleolimnologice și a contribuțiilor științifice rezultate studiul de față își propune să reconstitue condițiile de paleomediu ale ariei selectate pentru studiu în perioada cuprinsă între cca. 3000 ani BP și prezent și înțelegerea variabilității regimului incendiilor de vegetație.

Printre obiectivele particulare ale studiului enumerăm următoarele:

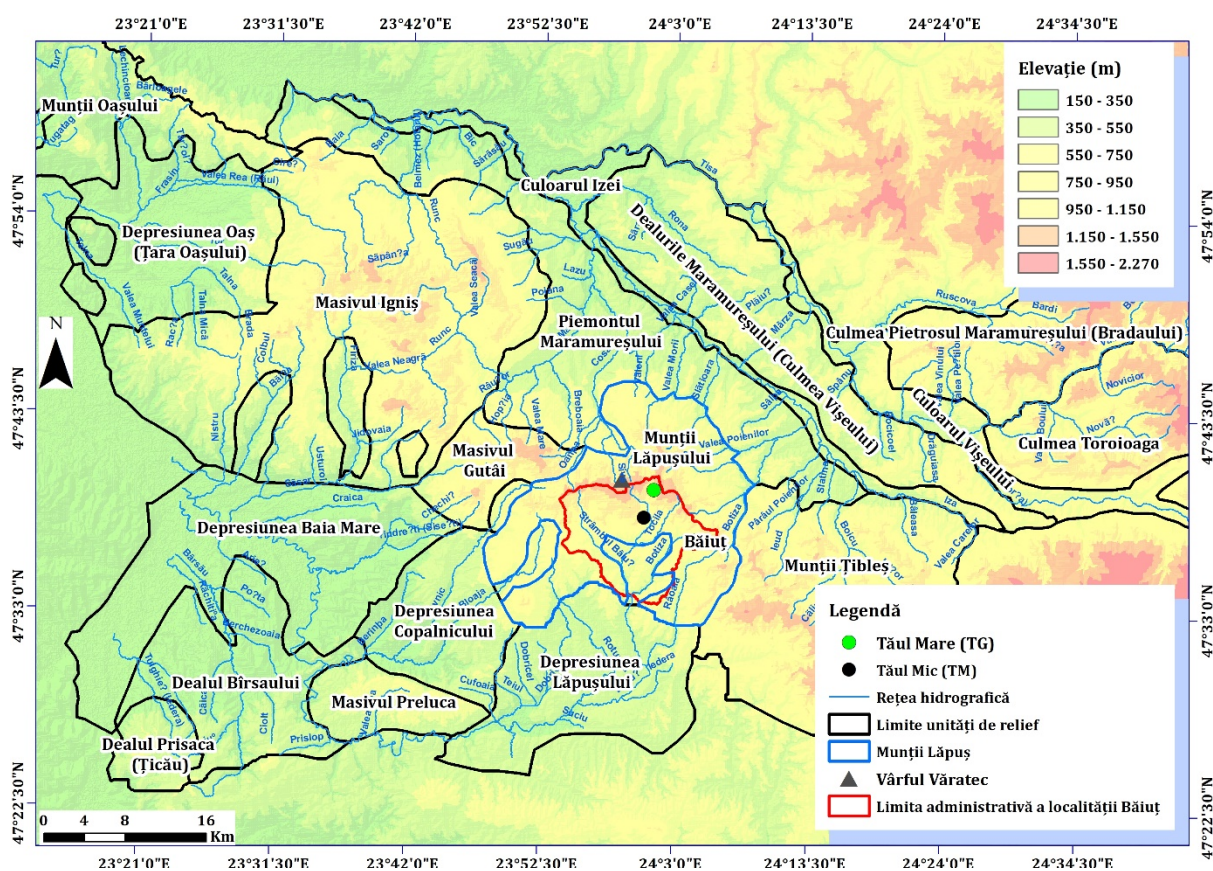
1. determinarea vârstei și a ratei de acumulare a turbei în cele două situri;
2. analiza fragmentelor de vegetație carbonizată din sedimente (*charcoal*), pentru reconstituirea istoriei incendiilor de vegetație;
3. analiza unor proprietăți fizice și geochimice ale turbei (proprietățile mineralelor magnetice, compoziția geochimică elementară, conținutul de materie organică via LOI, măsurători granulometrice) pentru reconstituirea dinamicii proceselor erozionale la nivel local;
4. aplicarea unor metode statistice pentru identificarea unor relații de cauzalitate între indicatorii analizați (ex. între fragmentele carbonizate-ca indicator al incendiilor de vegetație- și concentrația elementelor detritice-indicator al eroziunii- între PCA/principal component analysis și matricile de corelație);
5. reconstituirea cantitativă, prin metode statistice, a regimului incendiilor de vegetație din aria geografică selectată (*frecvență, magnitudine*);

6. corelații și comparații cu datele paleoecologice, paleoclimatice și arheologice publicate pentru interpretarea detaliată și comprehensivă a rezultatelor obținute.

## II. ARIA DE STUDIU

### 2.1. Particularitățile fizico-geografice ale arealului de studiu

Două turbării ombrotrofe, Tăul Mare (TG) și Tăul Mic (TM), localizate la nord de satul Băiuț, în munții Lăpușului au fost selectate dintr-un total de 6 situri pentru acest studiu. Munții Lăpușului se întind între văile Minget și Cavnice pe o suprafață de cca. 400 km<sup>2</sup> și au aspectul unei culmi ramnificate spre bazinul râului Lăpuș (Fig. 2.1). Cele mai mari altitudini se găsesc în partea nordică unde depășesc cu puțin 1300 m (ex. Văratec – 1358 m, Vârful Secuiului – 1311 m), în schimb în jumătatea sudică acestea abia trec de 1000 m altitudine (ex. Șatra – 1041 m și Sdârcea Mare – 1064 m).



**Fig. 2.1.** Așezarea geografică a munților Lăpușului, a unitatii adminstrativ teritoriale a comunei Băiuț și a celor două situri selectate pentru analiza paleolimnologică în cadrul nordului Carpaților Orientali

Cele două turbării selectate pentru investigațiile paleolimnologice se găsesc între altitudinile de 1055 și 1066 m în bazinul superior al râului Văratecului, afluent pe partea stânga a râului Lăpuș, respectiv, pe versantul sudic al munților Lăpușului (Fig. 2.2). Din cele două turbării au fost extrase două carote de sedimente cu lungimi de 2.2, respectiv, 2.3 m într-o arie geografică cu vechi exploatări miniere (tabel 2.1)

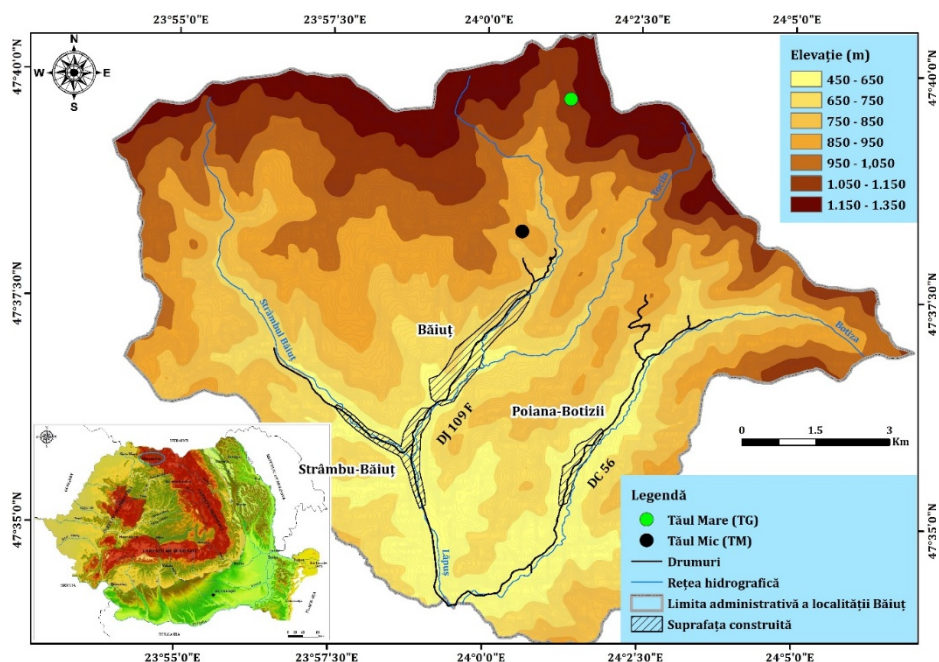


Fig. 2.2. Localizarea turbăriilor Tăul Mare și Tăul Mic în bazinul superior al râului Lăpuș, respectiv, comuna Băiuț

Tabel 2.1. Caracteristicile geografice ale siturilor studiate

Nume sit	Tăul Mare – TG	Tăul Mic – TM
Locație geografică	Munții Lăpuș 47°39'42.33"N 24°01'14.72"E	Munții Lăpuș 47°82'96.96"N 24°01'42.78"E
Vârstă	3000 cal BP	2700 cal BP
Geologie	Andezite bazaltoide	Andezite bazaltoide
Stare de protecție	UNESCO din 2011	UNESCO din 2011
Elevație (m)	1066	1051
Expoziție	S	S
Lungimea carotelor sedimentare (m) extrase în anul 2017	2.2	2.3
Lungimea carotelor sedimentare (m) extrase în anul 2018	4.2	1.5
Clima locală (media temperaturii și precipitațiilor anuale)	[Tan] = 6.5 °C [Pan] = 1400 mm	[Tan] = 6.5 °C [Pan] = 1400 mm
Tipul sitului	Turbărie ombrotrofă	Turbărie ombrotrofă
Activități umane	Fostă zonă minieră	Fostă zonă minieră

Din punct de vedere *geologic*, munții Lăpușului sunt constituiți din roci eruptive în partea de nord vest și din roci sedimentare terțiare, care au o extindere mai amplă în jumătatea de sud-vest. Eruptivul este constituit din andezite bazaltoide și aglomerate vulcanice. Rocile eruptive s-au format și consolidat în perioada Miocenului inferior. După încetarea activității vulcanice, favorizată și de altitudinile mai ridicate față de unitățile geomorfologice de la nord și sud, eroziunea a reușit să distrugă complet vechile aparate vulcanice iar lavele consolidate subcrustal (*lacolite, batolite, dyke-uri*) au fost scoase la zi (Rădoane, 2002).

*Relieful* munților Lăpușului are aspectul unui platou diferențiat în două trepte, una nordică situată la altitudini cuprinse între 1100 și 1300 m, și alta sudică, cu altitudini cuprinse între 700 și 900 m. Relieful montan cu elemente morfologice vulcanice este fragmentat de o rețea de văi orientate divergent spre nord sau spre sud. Văile importante prezintă largiri, precum cele de la Băiuț (pe râul Lăpuș), Poiana Botizii (pe râul Izvorul Poienii sau Botizii), sculptate la contactul dintre cele două trepte altimetrice (Badea et al., 2012). Treapta montană superioară, pe care se găsesc și cele două situri luate în analiza noastră paleolimnologică, este poziționată în sectorul nord-estic al regiunii de studiu, cu altitudini absolute situate la peste 800 m, și se dezvoltă pe depozite vulcanogene-sedimentare și vulcanogene (corpuri intrusive).

Din punct de vedere *climatic*, munții Lăpușului sunt caracterizați de un climat continental moderat, cu influențe atlantice și baltice, gradul de etajare fiind determinat de poziția geografică, de circulația atmosferică la scară mare, de altitudine și de suprafața activă (Stoenescu et al., 1962). Aria munților Lăpușului reprezintă un sector de trecere dintre sistemul depresionar transilvan și cel carpatic, determinând moderație în manifestarea elementelor climatice în ceea ce privește regimul termic și pluviometric. În sectoarele mai înalte ale munților Lăpușului, media termică anuală oscilează între 2 – 4 °C (Dezsi, 2006). În ceea ce privește cantitatea de precipitații aceasta este influențată decisiv de altitudine în repartiția spațială a cantităților medii de precipitații. Precipitațiile de aici se caracterizează printr-o dispunere longitudinală, în conformitate cu treptele de relief. Cad anual în medie între 800 mm în aria central-depresionară și peste 1400 mm în sectoarele montane cele mai înalte.

*Hidrografia* arealului geografic de studiu este dominată de râul Lăpuș și afluenții săi. Râul Lăpuș are un bazin hidrografic cu o suprafață de 1820 km<sup>2</sup> și o lungime de 114 km. Își are izvorul sub vârful Văratec, la cca. 1200 m, și se varsă în Someș la o altitudine de 148 m, la sud de Cicârlău. Zona izvoarelor prezintă pante accentuate, care devin mai domoale după intrarea în Depresiunea Băiuț. Afluenții cei mai importanți de pe partea stângă sunt Roaia, Iedera, Suciu, Rohia, Valea Mare, Gâdelu, Boiu și Prislop. De pe partea dreaptă, se remarcă afluenții Libotin, Dobric, Cavnice, Chechiș, Săsar și Băița. Siturile alese pentru investigațiile paleolimnologice se găsesc în bazinul Băiței care izvorăște de sub vârful Pietroasa la altitudinea de 1020 m și drenează bazinele depresionare Ulmoasa și Băița. Ploile și topirea zăpezilor alimentează râul Lăpuș și afluenții săi. Anotimpul cu cea mai mare cantitate de apă scursă este primăvara, reprezentând 40-42% din total. Vara

pot apărea creșteri ale nivelului apei din cauza ploilor torențiale. Cele mai mici scurgeri se înregistrează toamna. Debitele maxime apar de obicei primăvara, când topirea zăpezii este combinată cu precipitațiile timpurii, în cantitate mare. Fenomenele de îngheț încep de la sfârșitul lunii noiembrie și durează până la jumătatea lunii martie (Kacsó, 2011, vol. I). Rocile silicioase și precipitațiile abundente (peste 800 mm anual) reprezintă condiții favorabile pentru declanșarea alunecărilor de teren și formarea de cuvete de alunecare precum sunt cele două cuvete analizate în acest studiu.

În ceea ce privește *vegetația* predomină etajul pădurilor boreale de molid. Zonarea vegetației altitudinale este dependentă de orientarea versanților precum și de microclimat, de poziționarea latitudinală și de impactul intervențiilor omului care au schimbat compoziția naturală a pădurilor. Molidișurile sunt încadrate la partea inferioară de păduri de amestec cu predominarea fagului. Peisajul biogeografic este dominat de suprafețele împădurite dar și de areale defrișate și devenite pajiști. În cadrul acestor turbării, vegetația este dominată de genul *Sphagnum*, în asocieri cu alte tipuri de mușchi (*Polytrichum*) și ierburi (*Poaceae* și *Carex*). Cele două situri sunt amplasate într-o zonă împădurită, iar peisajul forestier este dominat de molidisuri (*Picea abies*) (fig. 2.3).



**Fig. 2.3.** *A)* Vegetația din proximitatea siturilor luate în analiză; *B)* Tipul de vegetație în punctul de prelevare a probelor (*Sphagnum* în asocieri cu *Polytrichum*)

*Solurile* sunt reprezentate de podzolurile humico-feriluviale, humico-silicatică și brune alpine. Solurile de aici prezintă proprietăți andice în profil, în lipsa orizontului spodic, fiind formate pe materiale vulcanice (*cenușă, tufuri, andezite, riolite*) la altitudini de peste 1000 m.

## 2.2. Utilizarea terenurilor

Aproximativ 90% din suprafața comunei Băiuț, respectiv 10.220 ha, este reprezentată de terenuri neagricole (păduri și alte tipuri de vegetație forestieră), restul de 10% din suprafața comunei sunt reprezentate de terenuri agricole. O mică suprafață din aria de studiu este ocupată cu terenurile cu folosință minieră (fig. 2.4). În perioada actuală, aceste terenuri cu folosință miniera sunt acoperite în principal de păduri regenerate și de pășuni.

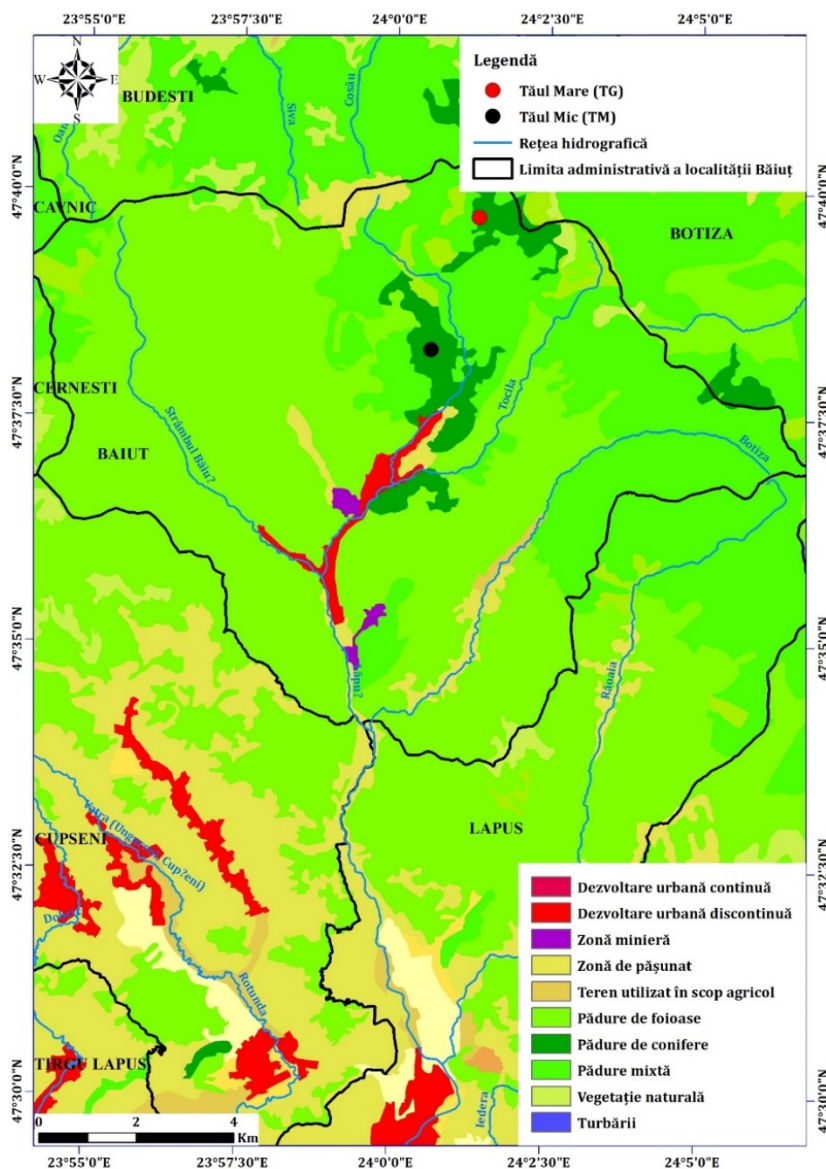


Fig. 2.4. Harta utilizării terenurilor din aria de studiu (comunei Băiuț) (Corine Land Cover 2018)

## 2.3. Impactul antropic

Procesul de antropizare a început odată cu trecerea omului de la faza de culegător la cea de cultivator. Antropizarea s-a făcut direct, prin defrișări de mari proporții în scopul creării de spații pentru culturile agricole, pășuni și fânețe, dar și indirect, cu ajutorul animalelor domestice care au exercitat o presiune permanentă asupra vegetației.



Urmare a acestor presiuni, se dezvoltă în etajul subalpin pajiști naturale secundare care se mențin numai ca urmare a activităților umane (Rădoane, 2002). Minereurile au început să fie extrase în această arie geografică încă din perioada Evului Mediu, conform documentelor istorice. Între localitățile Băiuț și Botiza au fost descoperite resturi ale unor cuptoare folosite pentru prelucrarea minereurilor. În localitatea Băiuț există un zăcământ minier care cuprinde două filoane principale (Băiuț și Robu). Mineralizația de aici are un caracter polimetalic, predominant aurifer sau predominant cuprifer. În partea superioară a filonului Băiuț se regăsește și aur nativ. În raza localității se află numeroase exploatări miniere vechi. Din datele culese reiese că între 1919 și 1939 producția de metale a crescut astfel: Au de la 20,92 la 127,695 kg, Ag de la 69,063 la 513,675 kg, Cu de la 1,858 t la 48,3 t (anul 1934), Pb de la 0,6557 t la 9,97 t (anul 1934) (Kacsó, 2011, vol. I).

### III. CRONOLOGIA RECONSTITUIRILOR DE PALEOMEDIU PE TERITORIUL ROMÂNIEI

#### 3.1. Studiul paleoclimatului european și implicațiile asupra dezvoltării paleolimnologiei naționale

La ora actuală temperatura la nivel mondial este cu 1.1 °C mai caldă și afectează mediul natural și sistemele umane din Europa. În urma căreia există o creștere substanțială a temperaturii fiind detectat și atribuit în mod special schimbărilor climatice. Efectele pericolelor combinate ale încălzirii globale și ale precipitațiilor abundente au devenit mult mai frecvente (IPCC, 2022). Conform (IPCC, 2022) creșterea cu 2.3 °C (GWL: global warming level), conduce la mai multe evenimente extreme în special în ceea ce privește incendiile de vegetație. De asemenea se preconizează că în nordul și estul Europei, turbăriile vor scădea cu 1.7 °C GWL și vor deveni surse de carbon la 3 °C GWL, turbăriile vor pierde 50% carbon la 2 °C GWL. Aceste schimbări climatice va conduce la o eroziune a solului ce variază, cu rate mai mari în unele părți din centrul Europei, sud-estul și vestul, și cu rate mai mici în nord în funcție de tipul de vegetație, cantitatea de acoperire, pantă și tipul solului. Pierderile de sol din cauza incendiilor vor crește în sud-estul Europei ca răspuns la 2 °C GWL (IPCC, 2022). Succesul acestora va depinde de luarea în considerare a climatului viitor atunci când există posibilitatea de restaurare a habitatelor. Combinația dintre sprijinirea rezilienței speciilor, creșterea diversității funcționale a habitatelor și sprijinirea migrației speciilor aflate la limita capacității lor de adaptare este necesară pentru a proteja și a restabili ecosistemele (ex. pădurile). Planurile și programele de gestionare a incendiilor există în principal în sud-estul Europei și sunt dezvoltate din ce în ce mai mult în părți ale Europei în care incendiile de vegetație sunt mai puțin frecvente (IPCC, 2022).

Ca urmare, baza principală a schimbărilor climatice din trecut precum și mecanismele ce au produs acestea, au fost studiate profund în ultimii o sută de ani (Bond et al., 2001), la început la nivel regional și local ca apoi ulterior la scară largă. S-a pus accentul pe amploarea evenimentelor și caracteristicilor spațio-temporale ale schimbărilor climatice, în special în ceea ce privește efectele produse asupra mediului și societății umane. În ceea ce privește, studiul arhivelor de paleomediului acestea au contribuit semnificativ la „*construirea stratigrafii climatice*” pentru diferite zone ale Europei. Putem menționa că sedimentele lacustre au jucat un rol important în reconstituirile de paleomediului pentru Europa continentală. În cadrul multitudinii de metode de investigare a arhivelor sedimentare lacustre și de turbă utilizarea combinată a indicatorilor fizici, geochimici, etc., reprezintă o modalitate foarte eficientă de

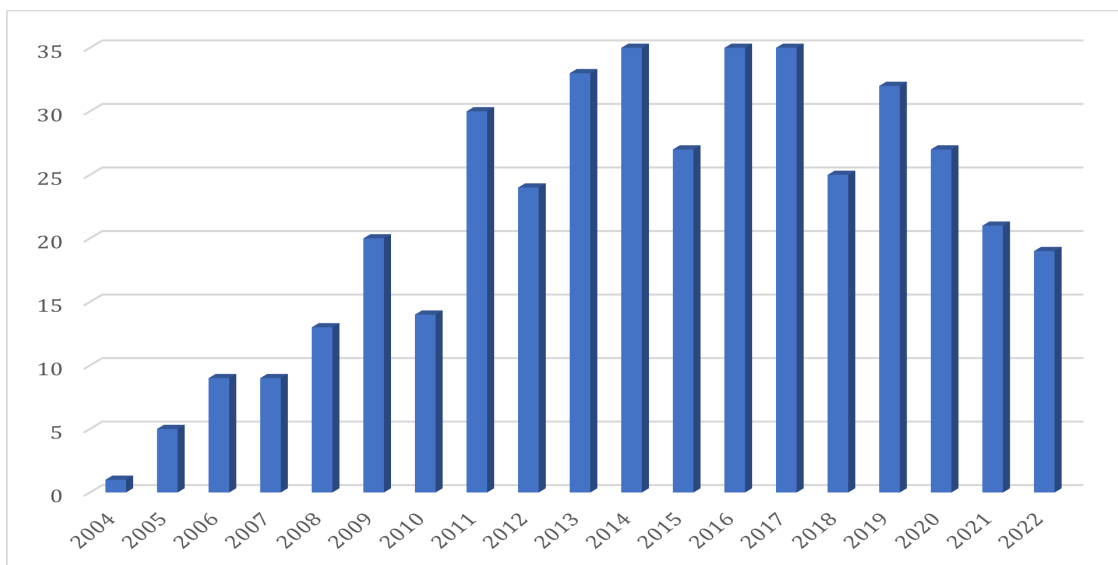
realizare a reconstituirilor calitative și cantitative ale istoriei climei, mediului și de vegetație. Studiul comparativ al arhivelor sedimentare coroborată cu apariția și evoluția unor noi modalități și tehnici revoluționare de valorificare a informației de mediu din proprietățile fizice, geochimice ale sedimentelor ne-a oferit o imagine complexă asupra climatului a ultimilor 60 ka, în special pentru perioada Holocenului.

Europa central-estică este la început în ceea ce privește reconstituirile de paleoclimat și paleomediul pentru că era considerată neatractivă. Ulterior, pe parcursul ultimilor ani, numărul și calitatea studiilor au început să crească considerabil, astfel încât astăzi există posibilitatea unor comparații stratigrafice specifice cu restul Europei. Astfel s-a demonstrat că modificări climatice și de scurtă durată specifice Holocenului s-au manifestat de asemenea și în Europa Centrală și de Est, frecvența și variabilitatea acestora au fost demonstrate și descoperite și pentru teritoriul României (Geantă et al., 2014; Feurdean et al., 2017a; Florescu et al., 2017, 2018; Peters et al., 2019). Europa central-estică și, în special România, deține patru din cele mai îndelungate și bine păstrate secvențe sedimentare cu potențial paleolimnologic semnificativ. Cele mai importante și cele mai studiate situri din România sunt cele precum Steregoiu și Preluca Țiganului (Feurdean et al., 2005, 2008c, etc), Lacul Sfânta Ana (Buczko et al., 2013; Magyari et al., 2013) și Tăul dintre Brazi (Buczko et al., 2013; Magyari et al., 2013).

### ***3.2. Rezultate ale cercetării paleomediului pentru teritoriul României la nivel regional***

Conform datelor furnizate de Web of Science și Scopus au fost analizate lucrările publicate în perioada 2004-2022, în ceea ce privește cercetările de reconstituire a climatului, mediului și vegetația pe baza arhivelor sedimentare lacustre din Romania (Petraș et al., 2023).

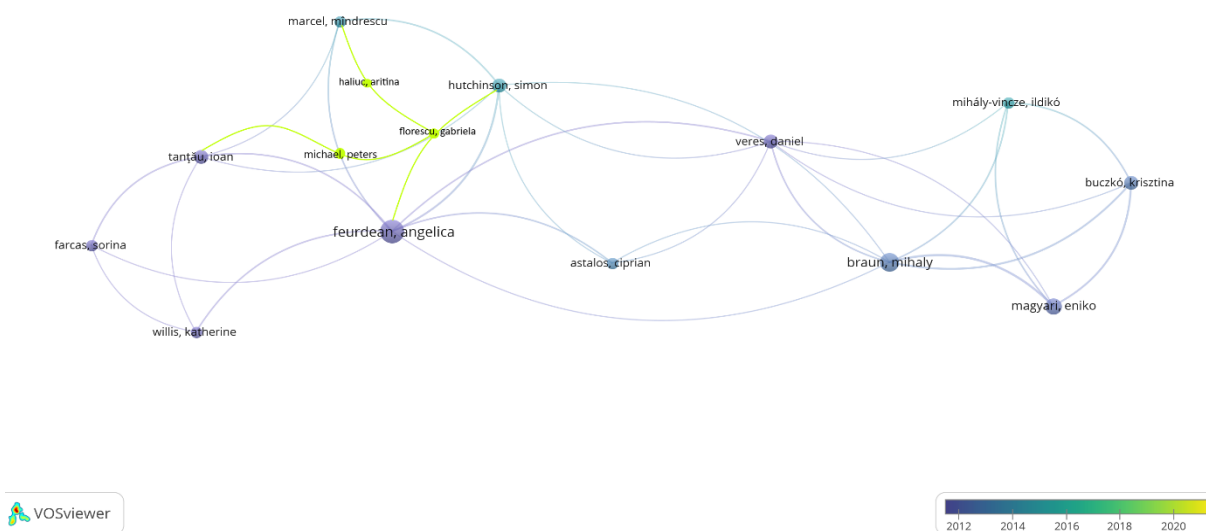
În studiile realizate în perioada 2004-2022 pe teritoriul României se poate observa că anul 2014 a reprezentat unul din cei mai importanți ani în care au fost realizate cele mai multe studii, urmat de anii 2016, 2017 și 2019. Ulterior a urmat o scădere a numărului acestor tipuri de studii (Fig. 3.1).



**Fig. 3.1.** Studii realizate în România în perioada 2004-2022

Totodată am evidențiat cei mai importanți autori care au contribuit la dezvoltarea paleolimnologiei în România și care s-au axat în special pe studiul schimbărilor climatice pe baza sedimentelor lacustre și de turbă în perioada 2004-2022. Printre aceștia se numără următorii:

Fărcaș, Tanțău, Feurdean, Hutchinson, Peters, Magyari, Mîndrescu, Florescu și Haliuc.



**Fig. 3.2.** Harta de vizualizare a principalilor autori care studiază incendiile de vegetație din România, în perioada 2004-2022 (conform VOSviewer și datelor furnizate de Web of Science și Scopus)

#### IV. METODOLOGIE ȘI MATERIALE

În această capitol descriem pașii urmați pe parcursul investigației noastre paleolimnologice privind carotele sedimentare extrase din cele două turbării, Tăul Mare și Tăul Mic din Munții Lapusului. Cele două probele analizate împreună pot contribui la crearea unei imagini depline în ceea ce privește complexitatea metodelor pe care un paleolimnolog le are la dispoziție, poate ajuta la atingerea obiectivului principal al acestui studiu:

- studiul detaliat și aprofundat al relației dintre climat, mediu, vegetație și om.

Prelevarea probelor s-a realizat urmând o metodă standard de lucru, constând în secționarea unei coloane de sedimente de formă cilindrică. Apoi a avut loc secționarea acesteia în profil longitudinal iar mai apoi în secțiuni transversale de grosimi diferite, de la câțiva milimetri până la câțiva centimetri. Carotarea siturilor s-a realizat în cadrul celor două campanii de teren care a avut loc în vara anilor 2017 și 2018. Instrumentul folosit pentru extragerea sedimentelor și turbei a fost carotierul rusesc (Last & Smol, 2002).

Vârsta sedimentelor turbăriilor Tăul Mare (TG) și Tăul Mic (TM) au fost determinate cu ajutorul cronologiei construite pe baza concentrației izotopului  $^{14}\text{C}$ . Modelul de vârste și a ratei de sedimentare s-a realizat cu ajutorul pachetului Clam, rulat în aplicația de statistică R precum și cu ajutorul pachetului MS Excel.

Determinarea umidității sedimentelor celor două turbării au urmat pașii descriși de Byrne (2004).

Am determinat de asemenea compoziția chimică elementară prin intermediul unui spectrometru portabil cu raze X de tip Niton XL3t3 900, având materialul de referință, utilizat pentru calibrarea aparatului este NCS DC73308. Interpretarea rezultatelor a avut în vedere specificațiile descrise de diverși autori consacrați (Evans & Heller, 2003; Blundell et al., 2009; Hutchinson et al., 2016).

Magnetizarea anhistică remanentă (ARM) a sedimentelor celor două situri a fost determinată cu ajutorul unui echipament de magnetizare *Molspin Limited Alternating Field Demagnetizer – Shielded AF Demagnetizer* în asociere cu aparatul de măsurare a magnetizării induse *Minispin Fluxgate Magnetometer*, conform procedurilor descrise de Hutchinson (1995) și Akinyemi et al., (2013).

Magnetizarea izotermă remanentă la saturație (SIRM) a fost determinată la valoarea de un Tesla. Analiza și calcularea parametrilor selectați (ex. ARM/SIRM, HIRM, SOFT,

rapoartele S, etc.) s-a realizat urmărind specificațiile metodologice și de interpretare din Thompson et al. (1986), Dearing, 1991, Bloemendal et al. (1992) și Evans & Heller (2003).

Pentru măsurarea magnetizării izotermale remanente (IRM) a probelor de sedimente din cele două situri luate în studiu a fost utilizat un magnetizator de tip *Molspin Ltd Pulse Magnetiser*, precum și cu un magnetometru de tip *Minispin Fluxgate Magnetometer* în conformitate cu procedurile standard.

Concentrația de materie organică din sedimente a fost analizată și calculată urmând metodologia descrisă de Heiri et al. (2001). Pentru interpretarea rezultatelor au fost luat în considerare lucrările cu astfel de specificații realizate de către Heiri et al. (2001) și Rosenmeier (2005).

Măsurătorile granulometrice ale probelor sedimentare a celor două situri luate în studiu s-au efectuat cu ajutorul analizorului de tip Horiba Partica LA-950V2, având ca principiu de funcționare baza difracției laserului, conform ghidului de utilizare (Horiba, 2009).

Identificarea și numărarea macrofragmentelor organice carbonizate din sedimente și depozitele de turbă au fost realizate urmărind protocolul elaborat de Higurea et al. (2005). Iar pentru interpretarea rezultatelor s-au utilizat specificațiile din publicațiile realizate de Patterson et al. (1987), Whitlock & Andreson (2003), Carcaillet et al. (2009) și Smol et al. (2009). Pentru reconstituirea regimului incendiilor de vegetație s-a urmat metodologia și specificațiile din studiile realizate de Higurea et al. (2009) și Feurdean et al. (2013).

Reconstituirea regimului incendiilor de vegetație am urmărit metodologia și specificațiile din Higurea et al. (2009) și Feurdean et al. (2013).

Pentru realizarea și analiza materialului cartografic și grafic s-au utilizat soft-urile ArcGIS 10.7.1, ArcGIS Earth, MS Excel 2019, Golden Software 11.4.7 și Past 4.11.

#### IV. INTERPRETAREA REZULTATELOR

Analiza paleolimnologică a celor două situri luate în studiu cu vârste cuprinse între 2700 și 3000 ani BP, a pus în evidență o variabilitate accentuată a condițiilor de mediu în munții Lăpușului, datorită acțiunii cumulate a factorilor naturali și antropici. În urma analizei indicatorilor biologici, geochimici și fizici ai sedimentelor, am identificat trei perioade distincte în evoluția paleomediului la nivel local și extra-local, perioade ce ar putea corespunde unor intervale cu manifestare climatică la scară extinsă, documentate în literatura de specialitate, după cum urmează: Perioada Caldă Medievală, Mica Glaciațiune, încălzirea globală contemporană.

Rezultate obținute indică faptul că aceste perioade nu au fost uniforme din punct de vedere al valorilor temperaturilor și precipitațiilor, al dinamicii vegetației și activităților umane, precum și al răspunsului mediului local la agenții de stres naturali și antropici.

Pentru o mai bună interpretare a datelor, cele două profile au fost împărțite în trei perioade distinctive. Periodizarea s-a făcut pe baza *charcoal*-ului dar și a indicatorilor aferenți de natură geochimică și fizică (proxy-uri secundare) (figurile 5.1, 5.2).

Astfel, profilele sedimentare ale siturilor Tăul Mare (TG) și Tăul Mic (TM) au fost periodizate, rezultând următoarele intervale sau unități litostratigrafice: perioada I: 3000-2000 cal BP; perioada II: 2000-1000 cal BP; perioada III: 1000 cal BP – prezent.

Prima unitate litostratigrafică se suprapune pe perioada cuprinsă între 3000 și 2000 ani BP și se caracterizează printr-o etapă cu deficit de umiditate la nivel regional, urmată de perioade cu excedent de umiditate, în cadrul cărora precipitațiile comportă un regim predominant torențial. Aceste fluctuații s-au manifestat pe fondul unui climat mai cald și al unor activități antropice intense, caracterizate la nivel local prin extinderea suprafețelor pentru pășunat (pajiști), prin incendiere, și al activităților pastorale, etc. Datorită acestor acțiuni de natură antropică și pe fondul unui climat favorabil (optim climatic), au condus la nivel regional și local, la modificări în structura și compoziția vegetației, crescând astfel gradul de vulnerabilitate a solului la acțiunea erozivă a proceselor geomorfologice ce au contribuit la destabilizarea versanților (prin eroziune în suprafață, liniară și deplasări în masă). În ceea ce privește dinamica vegetației în cadrul acestui interval temporal, aceasta se caracterizează prin accentuarea tendinței de reducere a ponderii speciilor dominante precum, molidul, fagul și bradul în avantajul altor specii. Această primă perioadă prezintă indicii despre o activitate ridicată a incendiilor de vegetație (figurile 5.1, 5.2). Totuși, există diferențieri între cele două profile analizate. Astfel, în cadrul profilului Tăul Mare (TG) se poate observa o activitate a

incendiilor mai moderată, în schimb la Tăul Mic (TM), deși aflat în apropiere, a fost identificată o activitate mai accentuată a incendiilor. De asemenea, poate fi observată o creștere a concentrațiilor morfotipurilor specifice ierburilor în profilul Tăul Mare (TG), în timp ce la Tăul Mic (TM) sunt crescute concentrațiile morfotipurilor specifice lemnului. Elementele detritice înregistrează o creștere evidentă pe profilul Tăul Mare (TG), în timp ce pe profilul Tăul Mic (TM), inputul detritic este mai moderat, fapt ce poate indica o proveniență diferită a surselor acestora, în funcție de caracteristicile celor două bazine hidrografice. Ca o caracteristică comună se remarcă, în ambele cazuri, o concentrație ridicată a carbonaților. În ceea ce privește concentrația de metale grele, au fost determinate valori ridicate la cca. 2000 cal BP pentru Tăul Mare (TG). În cazul Tăul Mic (TM) valorile concentrațiilor de Pb, Cu și Zn sunt mai scăzute, în schimb se observă valori ridicate ale concentrațiilor de Th și As, fapt ce poate fi explicat tot prin sursele de proveniență diferite a celor două bazine. În această perioadă se observă o creștere a concentrației particulelor magnetice de dimensiuni mici, cu variații evidente pentru Tăul Mare (TG). Apoi a fost observată o creștere moderată a particulelor magnetice de dimensiuni mici care magnetizează greu precum hematitul și, goethitul, pentru Tăul Mic (TM), această situație fiind explicabilă datorită provenienței acestora din stratele inferioare ale solului. Cantitatea de materie organică este de aprox. 80-90% pentru Tăul Mare (TG), în timp ce în cazul Tăul Mic (TM) materia organică reprezintă doar 50-60%. Ca o concluzie a acestei prime perioade putem afirma ca pentru profilul Tăul Mare (TG), frecvența maximă a incendiilor este de 3,5 incendii/800 ani, iar frecvența de revenire a incendiilor este de 200 ani/episod de incendiu.

A doua unitate litostratigrafică cuprinde perioada cuprinsă între 2000 și 1000 ani BP și se caracterizează ca o tranziție între perioada precedentă mai caldă și răcirea climatică specifică Micii Epoci Glaciare. Analiza paleolimnologică a acestei perioade indică succesiunea unor intervale moderat-umede, mai reduse în precipitații comparativ cu perioada precedentă. De asemenea se remarcă prin manifestarea, la scară locală și extra-locală, a unor evenimente torențiale, cu creșterea intensității eroziunii în adâncime, pe fondul menținerii tendinței de scădere la nivel regional a suprafețelor împădurite. Pe fondul existenței unei cantități abundente de biomasă crește ocurența și intensitatea incendiilor de vegetație la nivel local și regional cu consecințe directe asupra dinamicii eroziunii în suprafață.

În cadrul ambelor situri a fost observată o activitate variabilă a incendiilor de vegetație (figurile 5.1, 5.2). În cadrul profilului Tăul Mare (TG) a fost observată o activitate redusă a incendiilor de vegetație, în timp ce în cadrul profilului Tăul Mic (TM) a fost identificată o activitate maximă a incendiilor. În această perioadă crește concentrația



morfotipurilor specifice ierburilor pentru ambele profiluri sedimentare și scade abundența morfotipurilor specifice lemnului și a unor specii ierboase (*Poaceae*). În timp ce concentrația elementelor detritice stabile pentru Tăul Mare (TG) se reduce, pe profilul Tăul Mic (TM) se poate observa o creștere moderată a elementelor detritice, ce indică o eroziune mai accentuată. În ceea ce privește concentrația de metale grele, se observă valori minime, cu excepția perioadei de cca. 1000 cal BP pentru Tăul Mare (TG). În acest ultim caz, valorile ridicate ale concentrației de metale grele ar putea indica o sursă complementară sau diferită de material erodat. A fost observată, de asemenea, reducerea concentrației particulelor magnetice de dimensiuni mici pentru Tăul Mare (TG), prin contrast cu o concentrație ridicată a particulelor magnetice de dimensiuni mici, care magnetizează greu (*hematit, goethit*) pentru Tăul Mic (TM), fiind posibilă proveniența acestora din stratele inferioare ale solului, ca rezultat al eroziunii mai accentuate. Cantitatea de materie organică este de cca. 80-85% pentru Tăul Mare (TG), comparativ cu Tăul Mic (TM), unde materia organică este de doar 40-60%. Crește gradul de deschidere a peisajului ca urmare a perturbațiilor induse în ecosistemele forestiere ca urmare a activităților umane în zonele mai joase.

A treia unitate litostratigrafică se suprapune pe perioadă cuprinsă între 1000 ani BP și prezent. Aceasta se caracterizează prin condiții climatice mai favorabile (optim climatic) ceea ce a condus la reducerea suprafețelor împădurite și respectiv extinderea arealelor destinate pajistilor. Reducerea masivă a suprafețelor împădurite la nivel local și regional se suprapune peste o perioadă de intensificare a prezenței umane la scări temporale variate (prin construirea unor așezări, drumuri, defrișări și activități miniere etc). O consecință directă a înlăturării vegetației forestiere pe arii extinse, o reprezintă manifestarea, la nivel local, a proceselor de acidifiere a solurilor, ce au condus la reinstalarea eroziunii în suprafață și intensificarea eroziunii în adâncime.

În această etapă temporală, pe profilul Tăul Mare (TG) cresc în mod evident concentrațiile (cu valori maxime pe profil) morfotipurilor specifice anumitor ierburi, urmate de morfotipurile specifice lemnului începând cu cca. 500 ani BP (figurile 5.1, 5.2). În schimb, în lungul profilului Tăul Mic (TM) crește doar concentrația morfotipurilor specifice lemnului. Pe parcursul ultimilor 400 de ani scade intensitatea incendiilor de vegetație. În ceea ce privește aportul detritic, acesta este variabil, cu valori maxime care coincid cu episoadele de incendii de la cca. 500 cal BP pentru Tăul Mare (TG). În cazul Tăul Mic (TM) inputul detritic este moderat comparativ cu Tăul Mare (TG), rezultat ce poate indica o proveniență diferită a surselor de alimentare. Concentrația de metale grele este maximă, vârfului evoluției acesteia se suprapune cu episodul de incendiu de la cca. 500 cal BP pentru Tăul Mare (TG). Tăul Mic

(TM) prezintă valori maxime în lungul profilului legat de concentrația indicatorilor detritici, cât și a metalelor grele, ceea ce ar demonstra că acestea ar putea proveni dintr-o sursă bogată de material erodat sau în urma depunerilor atmosferice. Maximul concentrației de minerale magnetice moi în ultimii 600 de ani pentru Tăul Mare (TG) și concentrația moderată a particulelor magnetice de dimensiuni mici care magnetizează greu (*hematit, goethit*) pentru Tăul Mic (TM) se datorează provenienței acestora din stratele inferioare ale solului (*eroziune în suprafață*). Maximul înregistrat de variația dimensiunii particulelor coincide cu episodul de incendiu de la cca. 500 cal BP. Cantitatea de materie organică este de cca. 85-95% pentru Tăul Mare (TG), și de cca. 60-90% pentru Tăul Mic (TM). Această ultimă perioadă analizată se caracterizează prin gradul maxim de deschidere a peisajului biogeografic ca urmare a efectului activităților umane.

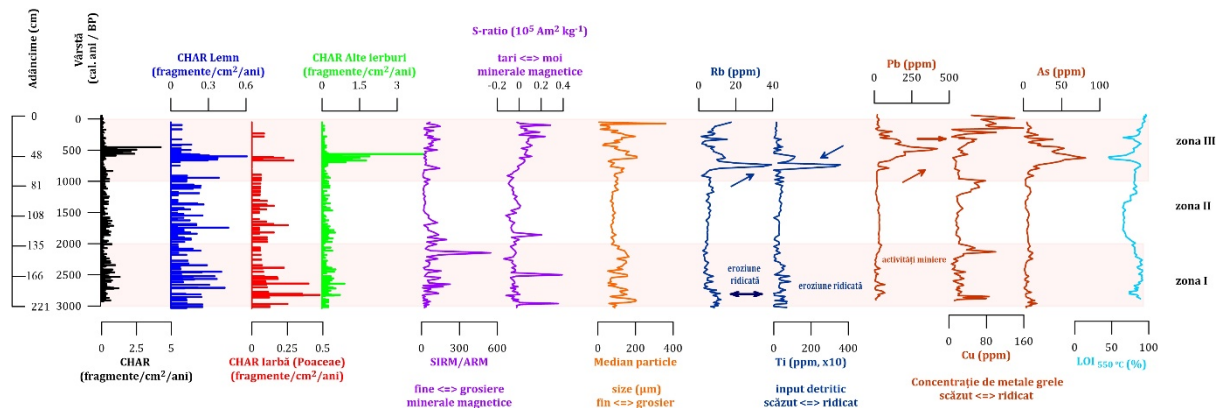


Fig. 5.1. Analize multi-proxy pentru turbăria TG; barele umbrite marchează intervalele cu influx ridicat de charcoal

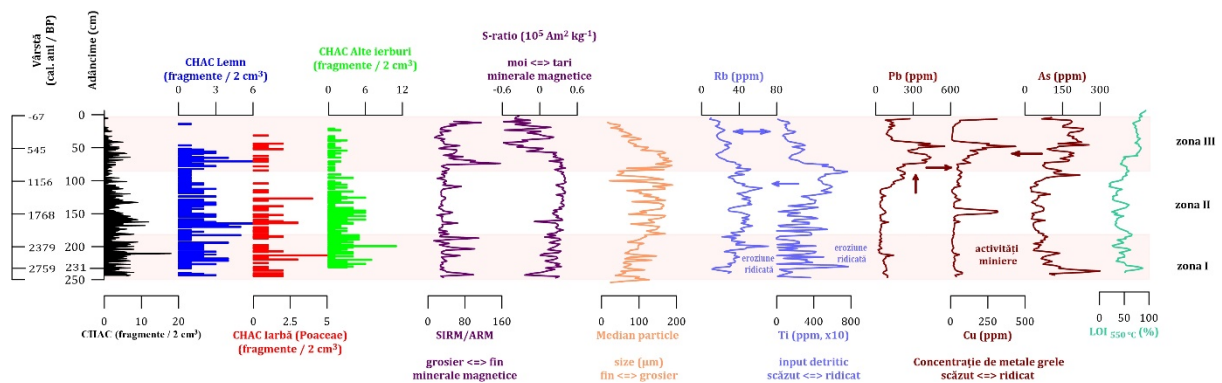


Fig. 5.2. Analize multi-proxy pentru turbăria TM; barele umbrite marchează intervalele cu concentrație ridicată de charcoal

Creșterea continuă a valorilor indicatorilor paleolimnologici, precum ar fi concentrațiile de charcoal, demonstrează intensificarea activităților umane în aria de studiu, ceea ce susține

ipoteza noastră privind schimbarea distribuției vegetației forestiere și modificări ale structurii vegetației respectiv deschiderea peisajului biogeografic. Prezența pregnantă a charcoal-ului în această ultimă perioadă indică arderea intensă a biomasei datorita defrișărilor, activităților miniere, pășunat, etc. O creștere a acestui bioindicator sugerează o intensificare și creșterea ocurenței acestor practici specifice acestei perioade istorice din țara noastră, ducând la deschiderea peisajului biogeografic. Aceste dovezi oferă o imagine reală și detaliată a impactului crescând al activității umane din aria studiată, asupra mediului și subliniază necesitatea adoptării unor practici durabile pentru conservare și protejare.

## V. CONCLUZII

Reconstituirile de mediu pe baza sedimentelor prelevate din cele două situri, Tăul Mare (TG) și Tăul Mic (TM) din munții Lăpușului, reprezintă obiectivul principal al acestui studiu care își propune să pună în evidență manifestarea temporală și spațială a incendiilor de vegetație din aria studiată, în ultimii cca. 3000 ani BP, și găsirea relațiilor dintre acestea și schimbările climatice și activitățile umane din intervalul temporal analizat. Prin urmare, dezideratul nostru a constat în analiza în detaliu a incendiilor de vegetație din perioada istorică, modernă și contemporană în funcție de factorii naturali (climat, vegetație, conformația reliefului) și activitățile antropice (ex. miniere) și de schimbarea regimurilor socio-politice.

Profilele Tăul Mare (TG) și Tăul Mic (TM) au fost împărțite în următoarele unități litostratigrafice corespunzătoare următoarelor perioade: Perioada I: 3000-2000 cal BP; Perioada II: 2000-1000 cal BP; și Perioada III: 1000 cal BP – prezent.

Pentru profilul Tăul Mare (TG) incendiile de vegetație au fost moderate între 3000-2000 cal BP, reduse între 2000-1000 cal BP și maxime în ultimii 500-400 de ani. Media FRI prezintă un minim de 200 ani/episod de incendiu între 3000-2200 cal BP. Cresc elementele detritice stabile în perioada I și scad în perioada II, iar în perioada III acestea sunt variabile ca urmare a diversificării tipurilor de eroziune (eroziune în suprafață, eroziune în adâncime, alunecări). Valorile minime ale concentrațiilor metalelor grele au fost determinate în perioada I, în timp ce valorile maxime au fost identificate în perioadele II și III dar și în special în ultimi 600 de ani. Frecvența maximă a incendiilor este de 3.5 incendii/800 de ani, iar frecvența de revenire a incendiilor este minimă la cca. 200 ani/episod de incendiu. În ansamblu, crește gradul de deschidere a peisajului biogeografic (deschiderile naturale în cadrul pădurii prin fragmentarea coronamentelor) ca urmare a perturbărilor induse de către activitățile umane asupra ecosistemelor forestiere. Condițiile unui climat mai rece au condus la o scădere a frecvenței incendiilor în perioada II (2000 – 1000 cal BP).

În cazul profilului sitului Tăul Mic (TM), incendiile de vegetație au o frecvență relativ ridicată de-a lungul profilului, în toate cele 3 perioade analizate. Inputul detritic moderat în perioada I este urmat de o creștere moderată în perioadele II și III. Acest profil prezintă valori maxime ale concentrației metalelor grele în perioadele I și III și valori minime în perioada II. Pentru profilul TM nu au putut fi reprezentate frecvența incendiilor de vegetație (FF) și intervalul de revenire a incendiilor de vegetație (FRI) ca urmare a unor erori de datare. În ciuda acestora din urmă, vârsta acestuia a fost aproximată la 2700 cal BP.

Activitățile de cercetare derulate în cadrul studiilor doctorale, precum și rezultatele obținute în prezenta teză s-au realizat prin aplicarea de metode și tehnici noi, utilizate pentru prima dată în școala de geografie din România.

În cadrul acestui studiu s-au evidențiat principalele elemente ale dinamicii dintre climat-vegetație-mediu-om dintr-o arie geografică mai puțin studiată la nivel național cu grad înalt de vulnerabilitate în fața presiunii antropice actuale și a schimbărilor climatice anticipate. Pentru prima dată amplasăm pe harta reconstituirilor de paleomediu din România, rezultate detaliate, interdisciplinare care acoperă ultimele trei milenii, vizând extremitatea nordică a Carpaților Orientali, respectiv arealul Munții Lăpușului. Am ilustrat plurivalența ridicată a relațiilor care se stabilesc în cadrul sistemului natural format din turbării și bazinele acestora, cât și interdependența principalilor factori de mediu și reprezentarea acestei interdependențe în dinamica și variabilitatea sedimentelor.

- S-au elaborat modele de evoluție a ratelor de sedimentare la scară holocenă precum și calcularea ratelor de sedimentare care prezintă un interes pentru geomorfologiei ariei de studiu. Am utilizat de asemenea, metode statistice moderne privind reconstruirea magnitudinii, frecvenței și a intervalului de revenire a perioadelor cu incendii de vegetație din ultimii cca. 3000 de ani;
- S-a efectuat pentru prima dată la nivel național o comparație între acumularea fragmentelor carbonizate organice în sedimente și variația principalelor elemente climatice (temperatură și precipitații) pentru ultimii cca. 3000 de ani;
- Am obținut pentru prima dată la nivel național o trecere în revistă și evaluare a rezultatelor cercetării paleolimnologice efectuate pe teritoriul României.

Rezultatele prezentei teze de doctorat reprezintă un punct de vedere științific privind problematica delicată a dinamicii factorilor naturali și antropici și efectele acestora asupra dinamicii stării mediului și a învelișului bio-pedo-geografic.

Teza de față, prin metodologia de cercetare utilizată și interpretarea rezultatelor obținute, reprezintă un model de studiu paleolimnologic interdisciplinar, care poate fi un model de aplicat și în alte arii de studiu din România. Din punct de vedere practic, studierea unei arii geografice mai puțin cercetate în trecut din punct de vedere al evoluției paleomediei constituie o primă etapă în inițierea și realizarea unui plan de management local și regional corelat cu rezultatele noastre și principiile sustenabile europene. Astfel de studii vin în ajutorul factorilor decizionali pentru îmbunătățirea managementului mediului, terenurilor și a resurselor naturale.

Notă:

Această lucrare a fost susținută financiar în perioada 2021-2023 în cadrul proiectului “DECIDE – Dezvoltare prin educație antreprenorială și cercetare inovativă doctorală și postdoctorală”, Cod proiect POCU/380/6/13/125031, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Capital Uman 2014 – 2020”.

## Glosar de termeni

*AMS – Accelerator mass spectrometry = Spectrometrie de masă cu accelerator*

*ARM – Anhysteretic Remanent Magnetization = Magnetizarea remanentă anhisteretică*

cal. BP = ani calibrați BP (BP – *before present*, i.e. înainte de anul 1950)

*charcoal = cărbune organic – fragment organic carbonizat (FOC)*

*charcoal primar* – materialul constituit în perioadă sau la scurt timp după un episod cu incendii de vegetație

*charcoal secundar* – inclus în registrul sedimentar în decursul anilor de după incendiu

eng. *via*; ro. prep. *prin intermediul*

*FF – Fire Frequency = Frecvența incendiilor de vegetație*

*FRI – Fire Return Interval = Intervalul de revenire a incendiilor de vegetație*

*GWL – Global Warming Level = Nivelul încălzirii globale*

*ICPP – Intergovernmental Panel of Climate Change = Grupul interguvernamental de experți în evoluția climei*

INTIMATE (INTEgrating Ice core, MARine and TERrestrial records – 60.000 to 8.000 years ago)

*IRM – Isothermal remanent magnetization = Magnetizarea remanentă izotermă*

*LIA – Little Ice Age = Mica eră glaciară*

*loss on ignition via LOI = pierdere prin ardere*

macro-charcoal – >100/150 μm în lungime

*mFRI – Medium Fire Interval = Intervalul mediu cu incendii de vegetație*

micro-charcoal – 10 – 100 μm

*multi-proxy = abordare multidirecțională*

*PCA – Principal component analysis = Analiza componentelor principale*

*SIRM – (Saturation) Isothermal Remanent Magnetization = Magnetizarea izotermă remanentă la saturație*

UCL – London's Global University

*WMO - World Meteorological Organization = Organizația Meteorologică Mondială*

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- Akinyemi, F. O., Hutchinson, S. M., Mîndrescu, M., & Rothwell, J. J. (2013). Lake sediment records of atmospheric pollution in the Romanian Carpathians. *Quaternary International*, 293, 105-113.
- Anastasiu, N., & Jipa, D. (1983). *Texturi și structuri sedimentare*. Editura Tehnică.
- Badea, L., Niculescu Gh., & Calin D. (2012). Unitățile de relief ale României: Carpații Orientali, Carpații Maramureșului și Bucovinei [Text tipărit], (6), 31.
- Bloemendal, J., King, J. W., Hall, F. R., & Doh, S. J., (1992). Rock magnetism of Late Neogene and Pleistocene deep-sea sediments: Relationship to sediment source, diagenetic processes, and sediment lithology. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 97(B4), 4361-4375.
- Blundell, A., Hannam, J. A., Dearing, J. A., & Boyle, J. F. (2009). Detecting atmospheric pollution in surface soils using magnetic measurements: a reappraisal using an England and Wales database. *Environmental Pollution*, 157(10), 2878-2890.
- Buczko, K., Korponai, J., Padisák, J., & Starratt, S. W. (2010). Foreword: A virtual congress on palaeolimnology—palaeolimnological proxies as tools for environmental reconstruction in fresh water. *Developments in Hydrobiology* 208, 1.
- Buczko, K., Wojtal, A. Z., & Magyari, E. K. (2013). Late quaternary *Nupela* taxa of Retezat Mts (S. Carpathians), with description of *Nupela pocsii* sp. nov.(Bacillariophyceae). *Polish Botanical Journal*, 58(2), 427-436.
- Carcaillet, C., Bergeron, Y., Richard, P. J., Fréchette, B., Gauthier, S., & Prairie, Y. T. (2001). Change of fire frequency in the eastern Canadian boreal forests during the Holocene: does vegetation composition or climate trigger the fire regime?. *Journal of Ecology*, 89(6), 930-946.
- Chambers, F. (2003). *Peatlands and environmental change*, D. Charman. Publisher John Wiley and Sons Ltd, Chichester 2002 (301 pp) ISBN 0 471 96990 7 (HB) 0 471 84410 8 (PB). *Journal of Quaternary Science*, 18(5), 466.
- Clark, J. S., & Royall, P. D. (1996). Local and regional sediment charcoal evidence for fire regimes in presettlement north-eastern North America. *Journal of Ecology*, 365-382.
- De Rigo, D., Libertà, G., Durrant, T. H., Vivancos, T. A., & San-Miguel-Ayanz, J. (2017). *Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty* (Doctoral dissertation, Publications Office of the European Union).



- Dearing, J. A. (1991). Erosion and land use. *Ecological Bulletins*, (41), 283-292.
- Dezsi Ş., (2006). Țara Lăpuşului. Studiul de geografie regională. Presa Universitară Clujeană.
- Evans, M. E., & Heller, F. (2003). *Environmental magnetism: principles and applications of enviromagnetics* (Vol. 86). Academic press.
- Feurdean, A., & Astalos, C. (2005). The impact of human activities in the Gutâiului Mountains, Romania. *Studia UBB Geologia*, 50(1), 63-72.
- Feurdean, A., Florescu, G., Vanni re, B., Tan au, I., O'Hara, R. B., Pfeiffer, M., ... & Hickler, T. (2017a). Fire has been an important driver of forest dynamics in the Carpathian Mountains during the Holocene. *Forest Ecology and Management*, 389, 15-26.
- Feurdean, A., Klotz, S., Mosbrugger, V., & Wohlfarth, B. (2008c). Pollen-based quantitative reconstructions of Holocene climate variability in NW Romania. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 260(3-4), 494-504.
- Feurdean, A., Liakka, J., Vanni re, B., Marinova, E., Hutchinson, S. M., Mosbrugger, V., & Hickler, T. (2013). 12,000-Years of fire regime drivers in the lowlands of Transylvania (Central-Eastern Europe): a data-model approach. *Quaternary Science Reviews*, 81, 48-61.
- Flannigan, M. D., Krawchuk, M. A., de Groot, W. J., Wotton, B. M., & Gowman, L. M. (2009). Implications of changing climate for global wildland fire. *International journal of wildland fire*, 18(5), 483-507.
- Florescu, G., Hutchinson, S. M., Kern, Z., Mîndrescu, M., Cristea, I. A., Mih il , D., ... & Feurdean, A. (2017). Last 1000 years of environmental history in Southern Bucovina, Romania: A high resolution multi-proxy lacustrine archive. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 473, 26-40.
- Florescu, G., Vanni re, B., & Feurdean, A. (2018). Exploring the influence of local controls on fire activity using multiple charcoal records from northern Romanian Carpathians. *Quaternary International*, 488, 41-57.
- Geant , A., Ga ka, M., Tan au, I., Hutchinson, S. M., Mîndrescu, M., & Feurdean, A. (2014). High mountain region of the Northern Romanian Carpathians responded sensitively to Holocene climate and land use changes: a multi-proxy analysis. *The Holocene*, 24(8), 944-956.
- Gillson, L. (2015). *Biodiversity conservation and environmental change: using palaeoecology to manage dynamic landscapes in the Anthropocene*. OUP Oxford.
- Håkanson, L., & Jansson, M. (1983). *Principles of lake sedimentology* (Vol. 316). Berlin: Springer-verlag.

- Heiri, O., Lotter, A. F., & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of paleolimnology*, 25, 101-110.
- Horiba, (2009). Particle Characterization Analyzer Tehnical Note. The LA-950 Laser Diffraction Tehnique.
- Hutchinson, S. M. (1995). Use of magnetic and radiometric measurements to investigate erosion and sedimentation in a British upland catchment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 20(4), 293-314.
- Hutchinson, S. M., Akinyemi, F. O., Mîndrescu, M., Begy, R., & Feurdean, A. (2016). Recent sediment accumulation rates in contrasting lakes in the Carpathians (Romania): impacts of shifts in socio-economic regime. *Regional environmental change*, 16, 501-513.
- IPCC, Climate change 2022: Impacts, Adaptation and vulnerability, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Jouzel, J., & Masson-Delmotte, V. (2016, July). Réchauffement climatique: les perspectives des rapports entre science, politique et société. In *Annales des Mines-Responsabilité et environnement* (No. 3, pp. 50-54). Cairn/Softwin.
- Kacsó, C. (2011). Repertoriul arheologic al județului Maramureș. Vol. I. Editura Eurotip
- Last, W. M., & Smol, J. P. (Eds.). (2002a). *Tracking environmental change using lake sediments: volume 1: basin analysis, coring, and chronological techniques* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Magyari, E. K., Demény, A., Buczkó, K., Kern, Z., Vennemann, T., Fórizs, I., ... & Veres, D. (2013). A 13,600-year diatom oxygen isotope record from the South Carpathians (Romania): Reflection of winter conditions and possible links with North Atlantic circulation changes. *Quaternary International*, 293, 136-149.
- Marlon, J. R., Kelly, R., Daniau, A. L., Vannière, B., Power, M. J., Bartlein, P., ... & Zhihai, T. (2016). Reconstructions of biomass burning from sediment-charcoal records to improve data-model comparisons. *Biogeosciences*, 13(11), 3225-3244.
- Mooney, S. D., & Tinner, W. (2011). The analysis of charcoal in peat and organic sediments. *Mires and Peat*, 7(9), 1-18.
- Patterson III, W. A., Edwards, K. J., & Maguire, D. J. (1987). Microscopic charcoal as a fossil indicator of fire. *Quaternary Science Reviews*, 6(1), 3-23.

- Peters, M., Friedmann, A., Stojakowits, P., & Metzner-Nebelsick, C. (2020). Holocene vegetation history and environmental change in the Lăpuș Mountains, north-west Romania. *Palynology*, 44(3), 441-452.
- Petraș, A., Filip, A., Istrate, D., & Mîndrescu, M. (2023, June). Fire signal in lakes and peatlands in Romania during the Holocene: A review of methods, groundwork and achievements. In *Forum Geografic* (Vol. 22, No. 1).
- Pop, E., & Sălăgeanu, N. (1965). *Monumente ale naturii din România*. Editura Meridiane.
- Pop, E., (1960). *Mlaștinile de turbă din Republica Populară Română*, Editura Academiei Republicii Populare Române, București.
- Rădoane Nicolae (2002) *Geografia fizică a României*, Editura Universității din Suceava, Suceava, 283.
- Rosenmeier, A., (2005). *Loss on ignition Protocol*, S.O.P. Laboratory, University of Pittsburg.
- Smol, J. P. (2009). *Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective*. John Wiley & Sons.
- Stoenescu, S.M. & Tistea, D., 1962. *Clima Republicii Populare din România*, Vol. 1. Institutul Meteorologic. 168 p.
- Thompson, R., & Oldfield, F. (1986). Magnetic properties of natural materials. *Environmental magnetism*, 21-38.
- Whitlock, C., & Anderson, R. S. (2003). Fire history reconstructions based on sediment records from lakes and wetlands. In *Fire and climatic change in temperate ecosystems of the western Americas* (pp. 3-31). New York, NY: Springer New York.