



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITÄT
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA

RAPORT ȘTIINȚIFIC

al activităților desfășurate și rezultatelor obținute în conformitate cu
obiectivele propuse pe anul 2023 (ian.-dec.)

ETAPA II

**Proiecte de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe
independente (TE)**

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0213

*”Rezervor sau sursa de C: evaluarea impactului schimbărilor climatice și
influențelor antropice asupra turbăriilor din SE-Europei în ultimii 150 de ani”*

REZUMAT EXECUTIV

Etapa a-II-a a proiectului de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe independente (TE) PN-III-P1-1.1-TE-2021-0213 a avut ca obiectiv principal identificarea perioadelor de degradare și a celor de dezvoltare înregistrate în turbăriile investigate, precum și descrierea factorilor implicați în aceste procese, prin analiza multi-proxy a materialului acumulat pe perioada ultimilor 150 de ani.

Activitățile științifice principale desfășurate au constat în prelevarea probelor de pe teritoriul Bulgariei, determinarea parametrilor fizici, a dinamicii acumulării de carbon, a nivelului de apă și susceptibilității magnetice a turbăriilor vizate în proiect. De asemenea, se află în desfășurare analizele asupra humificării, compușilor organici și anorganici prezenți în stratele de turbă. Pentru evaluarea și interpretarea rezultatelor în context istoric, au fost dezvoltate modelele de vârstă cu adâncimea prin datare cu ^{210}Pb .

Rezultatele obținute prezintă diferențe semnificative, însă tendința generală a turbăriilor este de dezvoltare și amplificare a proceselor de sechestrare a carbonului în intervalul temporal 1950-prezent, față de perioada anterioară. Aceste rezultate evidențiază contribuția creșterii temperaturii globale medii asupra sezonului de dezvoltare a vegetației, accelerând fotozinteza plantelor de suprafață. Datele asupra fluctuațiilor nivelului de apă indică numeroase perioade uscate, validate de prezența dominantă a speciilor de testate amoebae *Cryptodiffugia oviformis* (indicator de adâncime scăzută a apei) în stratele de turbă. Susceptibilitatea magnetică, indicator al poluării și contaminării cu minerale paramagnetice, prezintă valori ridicate în stratele de suprafață a coloanelor de turbă investigate, sugerând potențiale intruziuni antropice în ecosistem.

Activitățile de diseminare și indicatorii de rezultat pentru etapa a-II-a au constat în patru prezentări orale a rezultatelor obținute și avansurilor metodologice, în cadrul a două conferințe internaționale de prestigiu, precum și o prezentare poster în cadrul unui simpozion național. Un număr de două articole științifice au fost publicate în jurnale internaționale indexate ISI, în care au fost prezentate rezultate concrete și constatări asupra dinamicii carbonului, cât și a metodologiei de prelucrare a probelor. Un al-treilea articol este în stadiul de evaluare, urmând să fie publicat în etapa a-III-a.

Activitățile desfășurate și rezultatele obținute reflectă un progres semnificativ spre îndeplinirea obiectivelor de cercetare și completarea planului de realizare a proiectului. Contribuțiile științifice avansează stadiul de cunoaștere regăsit în literatura de specialitate asupra tematicii abordate, și evidențiază importanța turbăriilor în contextul schimbărilor climatice globale.

CUPRINS

1. Introducere	4
2. Activități de prelevare a probelor	4
3. Determinarea activității radionuclizilor și a modelelor de vârstă cu adâncimea.....	5
4. Determinarea parametrilor fizici ai probelor.....	9
5. Analiza multi-proxy a profilelor de turbă.....	11
5.1. Determinarea ratelor istorice aparente de acumulare a carbonului în ecosistem	11
5.2. Determinarea fluctuațiilor nivelului de apă prin metoda cu <i>Testate amoebae</i>	12
5.3. Investigarea susceptibilității magnetice și posibilei contaminări a turbăriilor	21
5.4. Analize aflate în stadiul de desfășurare	22
6. Activități de diseminare și indicatori de rezultat	22
7. Concluzii	23

1. Introducere

Prezentul raport descrie activitățile științifice întreprinse, precum și rezultatele obținute în perioada 01/01/2023 – 31/12/2023 aferentă etapei a-II-a a proiectului de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe independente (TE) **PN-III-P1-1.1-TE-2021-0213** intitulat "Rezervor sau sursa de C: evaluarea impactului schimbărilor climatice și influențelor antropice asupra turbăriiilor din SE-Europei în ultimii 150 de ani" (RO)/ "Carbon sinks or sources: assessing the impact of climate change and anthropic activities on peat development in SE-Europe over the last 150 year" (EN)

Etapa a-doua a proiectului, denumită "*Interpretarea rezultatelor obținute privind perioadele de creștere și cele de degradare în evoluția turbăriiiei, pe baza informațiilor de arhivă și a datelor meteorologice precum identificarea efectelor naturale și cele antropice asupra turbăriiiei*" a prevăzut îndeplinirea următoarelor activități din planul de realizare al proiectului: (2.1.) Analiza multi-proxy a stratelor de turbă; (2.2.) Identificarea surselor antropice în degradarea turbei; (2.3.) Activități de diseminare și publicarea rezultatelor științifice.

2. Activități de prelevare a probelor

În prim stadiu, a fost finalizată activitatea de colectare a probelor de turbă, prin prelevarea de coloane suplimentare de pe teritoriul Bulgariei, parcul național Vitosha ($42^{\circ}35'11.2''N$ $23^{\circ}14'44.1''E$). Prin strategia de eșantionare, prezentul proiect reușește să acopere o arie extinsă pentru studiul acestor ecosisteme, între 43° N și 55° N latitudine, și cuprinzând șase țări (România, Bulgaria, Serbia, Bosnia-Herțegovina, Polonia și Lituania). Figura 1 descrie locația turbăriiilor vizate de pe teritoriul țărilor în cadrul cărora s-a desfășurat campania de prelevare. Metodologia abordată, atât în vederea colectării cât și a eșalonării probelor a fost aceeași cu cea descrisă în raportul precedent, al etapei I.

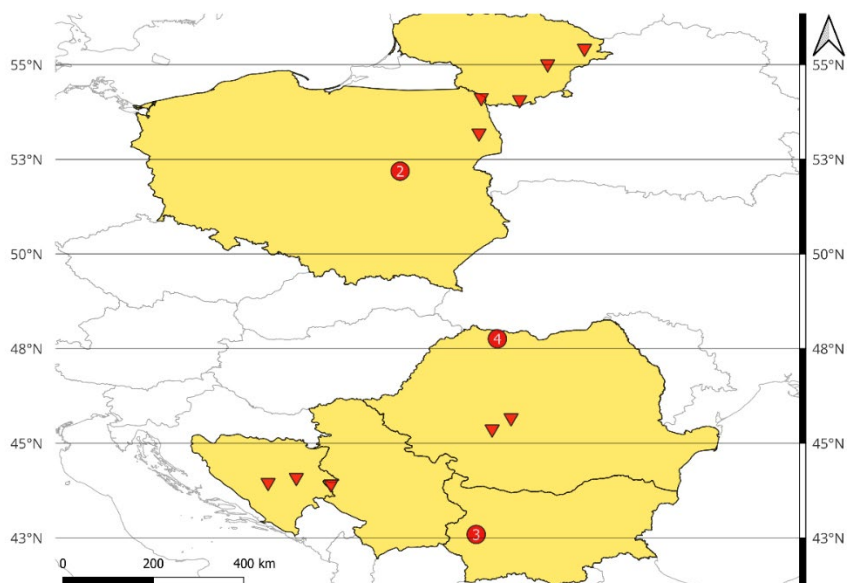


Figura 1. Locația geografică a turbăriiilor prelevate de pe teritoriul celor șase țări (cod țară RO; BG; SRB; BIH; PL; LT) prevăzute în proiect

Tabelul 1 descrie datele de identificare spațială (latitudine, longitudine, altitudine), țara de proveniență, adâncimea coloanelor, cât și codul de identificare al setului întreg de probe prelevate în cadrul prezentului proiect.

Tabelul 1. Denumirea și datele de identificare spațială a probelor prelevate în cadrul proiectului de cercetare

Țara și codul probei	Latitudine N°	Longitudine E°	Altitudine	Adâncimea de prelevare
	Grade decimale	Grade decimale	m a.s.l.	cm
POLONIA				
PL-SP	53.191111	23.335556	150	40
PL-JF	52.178535	21.241111	107	52.5
PL-SJ	54.128056	23.396667	140	62.5
PL-ZG	52.185389	21.260896	105	38
LITUANIA				
LT-MS	54.071667	24.410833	119	75
LT-SB	55.428889	26.125556	169	64
LT-LD	55.018889	25.152500	132	45
SERBIA				
SRB-CP	43.918713	19.420874	1092	58.2
ROMÂNIA				
RO-IZM	47.808333	23.825433	1006	49.2
RO-VS	47.746876	23.723132	883	26
RO-HT	47.763611	23.906000	527	65
RO-VIO	45.372889	23.683806	1727	58.5
RO-TCH	47.709986	23.835524	1057	64.2
RO-SAD	45.672112	24.182698	498	57
BOSNIA-HERCEGOVINA				
BHz-BIJ	44.090917	18.504500	953	26.5
BHz-VR	43.957833	17.758444	1630	44.5
BULGARIA				
BG-PL	42.589135	23.284867	1864	70
BG-KM	42.590621	23.256815	1796	70
BG-KY	42.586554	23.246287	1790	78

3. Determinarea activității radionuclizilor și a modelelor de vârstă cu adâncimea

Tehnica de datare nucleară cu ^{210}Pb este cea mai utilizată metodă pentru determinarea vârstelor în ecosisteme lacustrine, cu un interval de aplicabilitate de până la 200 de ani de la

prezent. Această tehnică permite investigarea la o scală temporală de înaltă rezoluție a evenimentelor și proceselor asociate dinamicii turbăriilor în perioada afectată cel mai intens de schimbări climatice și de intervenția antropică.

În vederea determinării radionuclizilor de interes (^{210}Pb ; ^{137}Cs ; ^{226}Ra) ce permit construirea modelelor de vârstă cu adâncimea pentru ultimii 150 ani, suplimentar etapei precedente, s-au realizat măsurători prin două alte metode, cu scopul validării și asigurării calității datelor obținute. Astfel, metoda prin spectrometrie gamma (descrisă în raportul anterior), a fost suplimentată cu spectrometria alfa și beta (sau spectrometrie prin scintilație lichidă LSC).

Tehnica de măsurare prin spectrometrie alfa presupune determinarea indirectă a radionuclidului ^{210}Pb prin produsul acestuia de dezintegrare, ^{210}Po . Procedura de preparare a probelor a constat în adăugarea la 0.5g turbă a unei cantități cunoscute de traser de ^{209}Po pentru determinarea randamentului chimic, și supunerea probelor la digestie acidă, utilizând o combinație de acid clorhidric conc. 37%, acid azotic conc. 65% și peroxid de hidrogen conc. 30%. Această etapă a fost urmată de depunerea spontană a Po pe discuri din oțel inoxidabil cu conținut ridicat de Ni, la o temperatură constantă de $< 85\text{ }^\circ\text{C}$ și un timp de depunere de 3 ore. În final, măsurarea discurilor a fost realizată utilizând sistemul ORTEC SOLOIST Alpha Spectrometer dotat cu detectori Ultra ENS-U900 (PIPS) cu o suprafață activă de 900 mm^2 și rezoluție mai mare de 29 keV, calibrat cu soluție standard de ^{209}Po . Achiziția și prelucrarea spectrelor obținute au fost realizate cu ajutorul software-ului Maestro32 versiunea 6.01.

În vederea determinării proceduri optime de digestie acidă a probelor de turbă, atât din punct de vedere al timpului de preparare cât și al recuperării chimice a Po, au fost demarate o serie de experimente în cadrul cărora au fost încercate diferite proporții de acizi pentru dizolvarea completă a materialului, iar rezultatele obținute au concretizate prin publicarea unui articol științific (vezi capitolul 6).

Metoda spectrometriei prin scintilație lichidă (LSC) a fost utilizată pentru determinarea directă a ^{210}Pb în probele de turbă aduse în formă lichidă. Principiul de funcționare al metodei se bazează pe interacțiunea dintre radiația emisă de izotopii prezenți în probă, cu moleculele cocktail-ului scintilator, ce eliberează energia sub formă de radiație luminoasă, interceptată de tuburile fotomultiplicatoare ale aparatului și transformată în semnal electric. Semnalele rezultate sunt amplificate și procesate pentru a determina activitatea specifică a radionuclizilor din probă. Procedura de preparare a probelor a constat în dizolvarea a 1g material de turbă prin digestie, urmată de adăugarea unui purtător de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ și precipitarea plumbului total prezent în probă sub formă de oxalat (Figura 2). Precipitatul obținut este redizolvat în cocktail scintilator și măsurat cu un spectrometru beta TRICARB 2300 TR Liquid Scintillation Counter.



Figura 2. Schemă a etapelor parcurse în vederea obținerii precipitatului de oxalat de plumb din probele de turbă

Avantajul major ce îl introduc tehnicile spectrometrice alfa și beta este reprezentat de limita scăzută de detecție pentru radionuclizii de interes, astfel limita de datare a metodei cu ^{210}Pb poate fi extinsă, totodată dezavantajele sunt incapacitatea de a măsura concomitent markerul temporal alternativ ^{137}Cs , precum și prepararea chimică laborioasă a probelor. Pentru a putea determina prezența cesiului în stratele de turbă, metoda gama spectrometrică a fost aplicată în continuare alături de celelalte două metode.

Diferențele semnificative de densitate prezente la nivelul stratelor de turbă au impus suplimentarea calibrării spectrometrului gama pentru a asigura compatibilitatea cu matricea probei. Calibrarea a fost realizată asupra sistemului gama spectrometric cu germaniu de înaltă puritate și geometrie tip "well" ORTEC GWL-120-15. Rezoluția aparatului este de 2.08 keV

pentru linia gama de 1.33 MeV a ^{60}Co și 1.1 keV pentru linia gama de 122 keV ce corespunde ^{57}Co . Curba de calibrare a fost obținută utilizând un număr de șase probe (fiecare a câte 2.5g material de turbă spălat) la care au fost adăugate activități ale ^{210}Pb cuprinse între 23.3 Bq/kg și 977 Bq/kg, și măsurate timp de 100.000s. Rezultatele obținute asupra eficienței detectorului sunt prezentate în Tabelul 2. Calibrarea pentru marker-ul temporal alternativ ^{137}Cs a fost determinată folosind standardele IAEA-447 și -375.

Tabelul 2. Activitățile ^{210}Pb ale probelor-etalon utilizate în calibrarea spectrometrului gama și eficiențele obținute

Număr etalon	1	2	3	4	5	6	Media	SD (\pm)
Activitatea (Bq/kg)	23.3	44.8	89.6	189.6	462	977		
Activitatea probei (Bq)	0.055	0.112	0.224	0.477	1.187	2.549		
Eficiența detectorului (%)	0.686	0.677	0.521	0.801	0.684	0.562	0.655	0.100

Utilizând datele obținute, au fost construite modelele de vârstă cu adâncimea pentru coloanele de turbă prin aplicarea modelului Constant Rate of Supply (CRS), astfel investigațiile ulterioare asupra probelor pot fi plasate pe o scară temporală și pot fi identificate cu exactitate perioadele de interes (dezvoltare/degradare) în ecosistem. Modelele de vârstă cu adâncimea, împreună cu activitatea specifică a ^{137}Cs în stratele de turbă (Figura 3) au fost calculate și reprezentate grafic pentru turbăriile SRB-CP, LT-LD, LT-MS, PL-JF, PL-ZG, cronologiile prezentate în raportul aferent etapei I asupra turbăriilor din România și Bosnia-Herțegovina nu au fost reluate în prezentul raport. În datele obținute se observă o migrare a ^{137}Cs în coloana de turbă, însă în general activitățile maxime ale radionuclidului coincid cu evenimentele specifice anului 1986 (accidentul centralei nucleare de la Cernobîl) și anilor 1950-1960 (testele nucleare).

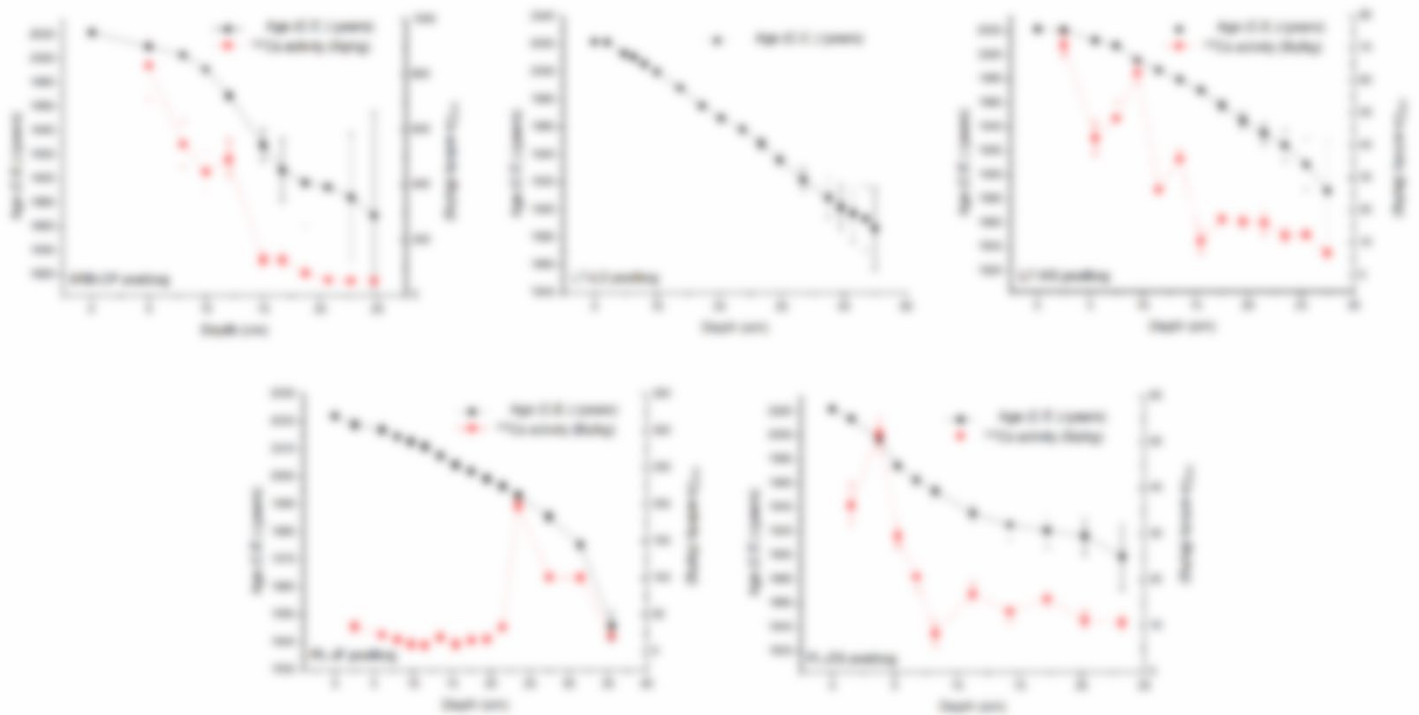


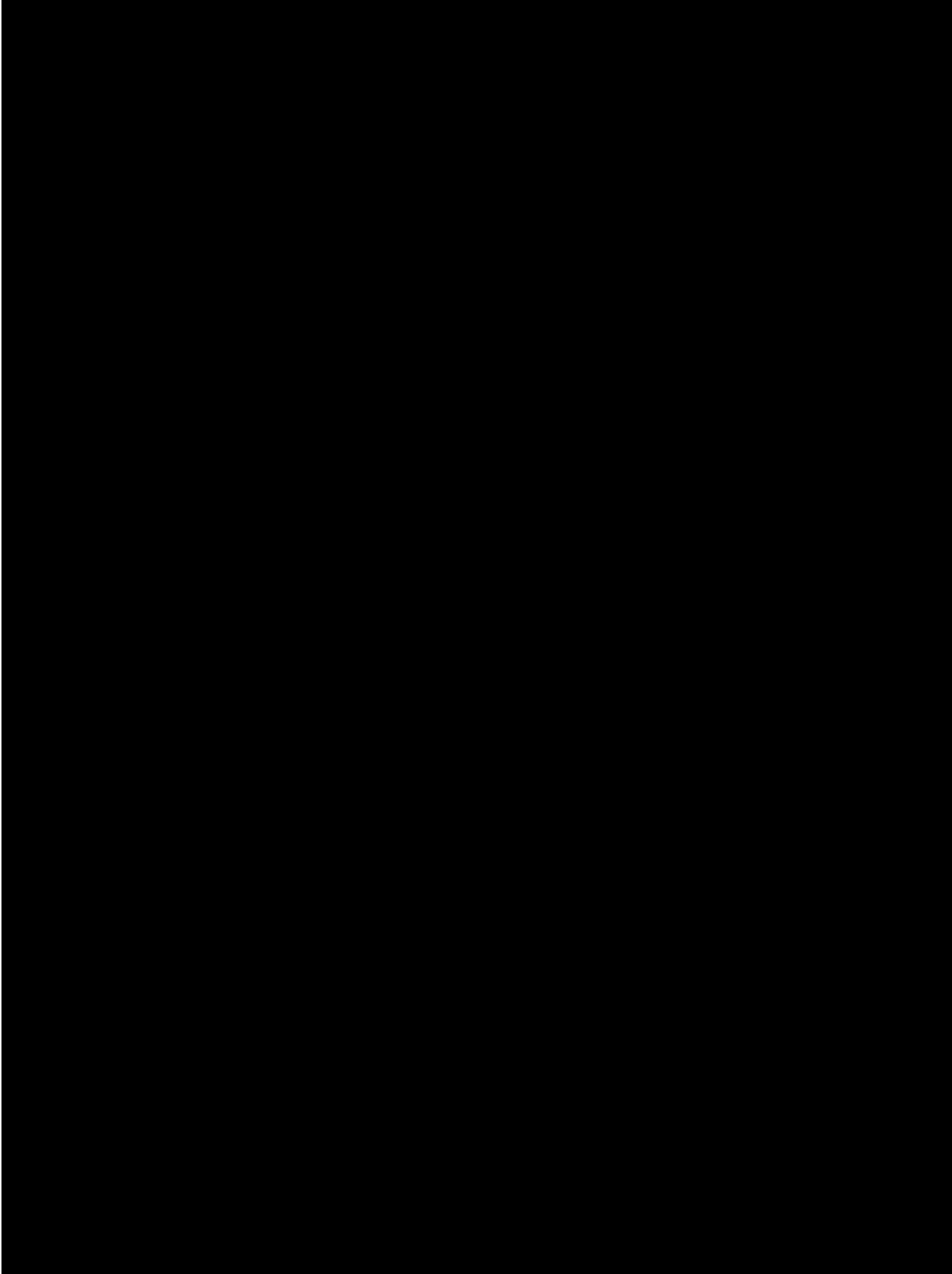
Figura 3. Modelele de vârstă cu adâncimea obținute prin aplicarea modelului CRS, și activitatea specifică a radionuclidului ^{137}Cs în coloanele de turbă investigate

4. Determinarea parametrilor fizici ai probelor

Pentru determinarea densității aparente, a materialului organic și cel anorganic, precum și a conținutului de apă din stratele de turbă, s-a aplicat metoda gravimetrică, inițial prin uscare până la greutate constantă la temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, ulterior prin arderea probelor (tehnica "Loss On Ignition/LOI") descrisă în detaliu în raportul aferent etapei I. Proporția de carbon secheștrată a fost determinată prin raportarea la fracția materiei organice și utilizând factorul de conversie Van Bemmelen. Sumarul datelor obținute prin această metodă este prezentat în Tabelul 2 (probele raportate în etapa I nu au fost reluate). Frația anorganică rezultată în urma arderii probelor reprezintă materialul brut pentru măsurătorile ulterioare (XRF, determinarea metalelor grele), ce se află în stadiul de desfășurare.

Tabelul 2. Sumar al datelor obținute pentru densitatea aparentă, materialul organic, materialul anorganic, conținutul de apă și fracția de carbon organic din probele de turbă analizate

Proba	Densitatea aparentă (g cm^{-3})	Materialul organic (%)	Materialul anorganic (%)	Conținutul de apă (%)	Fracția de carbon organic (%)
1	1.25	15	85	10	12
2	1.30	18	82	12	15
3	1.35	20	80	15	18
4	1.40	22	78	18	20
5	1.45	25	75	20	22
6	1.50	28	72	22	25
7	1.55	30	70	25	28
8	1.60	32	68	28	30
9	1.65	35	65	30	32
10	1.70	38	62	32	35



5. Analiza multi-proxy a profilelor de turbă

5.1. Determinarea ratelor istorice aparente de acumulare a carbonului în ecosistem

Intergrând datele obținute asupra cronologiilor coloanelor de turbă cu ratele de creștere a materialului organic și conținutul de carbon din fiecare strat, au fost calculate ratele aparente ale acumulării de carbon în ecosistem (RERCA - REcent Rates of Carbon Accumulation). Metoda de calcul și ecuațiile utilizate au fost descrise în detaliu în raportul anterior (etapa I) și nu au fost reluate în prezentul document. Fluctuațiile parametrului RERCA reprezintă date fundamentale pentru diferențierea perioadelor de creștere și degradare în turbării, precum și a evenimentelor climatice extreme și activităților antropice intense ce afectează dezvoltarea naturală a ecosistemului. Ratele RERCA la nivelul turbăriilor SRB-CP, LT-LD, LT-MS, PL-ZG, PL-JF, BHz-BIJ, BHz-VR (Figura 4) au fost investigate și plasate pe scală temporală, se observă o creștere generală a acumulării de carbon în perioada 1950-prezent, această creștere fiind raportată și de alți autori în literatura de specialitate, asupra turbăriilor din zona temperată. Această tendință poate fi explicată prin influența factorilor naturali (schimbări climatice și creșterea temperaturii medii anuale), ce duc la extinderea sezonului de creștere a vegetației și la o intensitate sporită a radiației solare, factori determinanți pentru fotosinteza și integrarea carbonului asimilat de plantele de suprafață în coloana de turbă. Rezultatele obținute cu privire la RERCA în etapa I asupra turbăriilor de pe teritoriul României nu au fost reluate, acestea fiind concretizate prin publicarea unui articol științific (vezi capitolul 6).

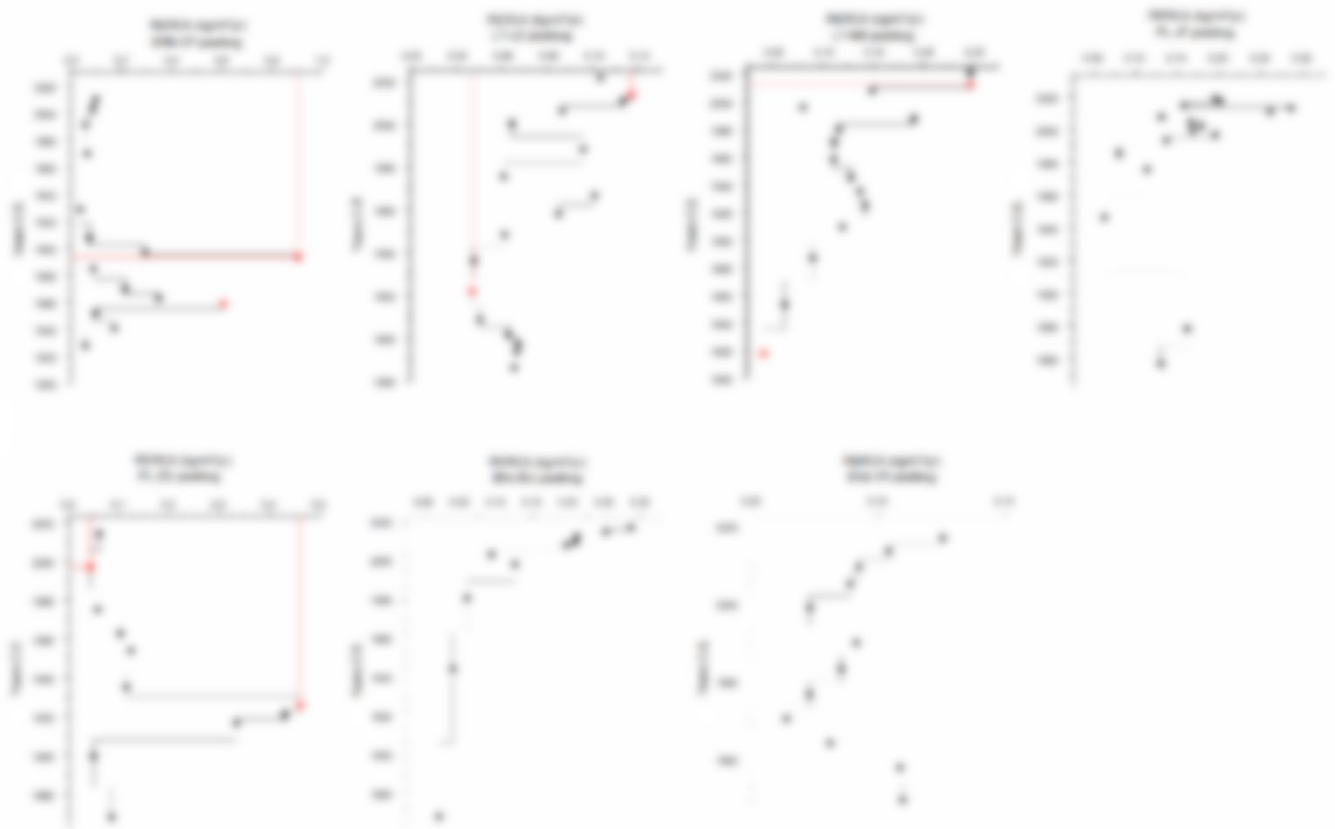


Figura 4. Fluctuația ratelor recente de acumulare a carbonului (RERCA) reprezentate ca funcție de vârsta stratului de turbă în coloanele investigate

5.2. Determinarea fluctuațiilor nivelului de apă prin metoda cu *Testate amoebae*

Amibele testate sunt folosite în mod extensiv în literatura de specialitate ca indicatori a schimbărilor istorice în hidrologia turbăriilor. Aceste organisme unicelulare, ca urmare a răspunsului rapid la schimbările de mediu pe care le întâmpină, produc cochilii rezistente la descompunere și distincte din punct de vedere taxonomic, ce sunt în general bine conservate și abundente în depozitele de turbă. În turbăriile oligotrofe, compoziția comunității de *amibe testate* este controlată în principal de conținutul de apă al stratelor de suprafață, această dependență permite dezvoltarea funcțiilor de transfer pentru a deduce modificările în adâncimea nivelului apei în context istoric. În prezentul proiect, au fost investigate speciile de *amibe testate* în fiecare strat de turbă al coloanelor prelevate, pentru identificarea fluctuațiilor nivelului apei în ultimii 150 ani și corelarea ulterioară cu alte proxy-uri, cu scopul determinării perioadelor de degradare în turbăriile investigate. Aceste ecosisteme sunt puternic influențate de nivelul de saturație cu apă, factor ce controlează creșterea și conservarea materialului organic, limitează disponibilitatea oxigenului, și în consecință încetinește procesul de descompunere microbială, astfel controlând și dinamica proceselor de sechestrare/degajare a carbonului.

Pentru coloana de turbă SRB-CP, în primii 32 de cm au fost identificate 24 de specii TA, cea mai abundentă fiind *Cryptodiffugia oviformis*, împreună cu *Diffflugia pulex*. *Centropyxis platystoma*, *Cyclopyxis arcelloides* și *Euglypha rotunda* au avut și ele o prezență semnificativă (Figura 6). Valorile DWT (Depth Water Table/ Adâncimea pânzei freatice) au variat între 19 și 30 cm, cea mai mare valoare fiind înregistrată la adâncimea de 29,7 cm, în timp ce cea mai mică valoare a fost identificată la adâncimea de 12 cm.

Partea inferioară a coloanei (de la adâncimile de 32 la 29 cm) a înregistrat o creștere a valorilor DWT (de la 20,5 la 30,2 cm), sugerând o fază uscată. Aceasta a fost urmată de o scădere a valorilor DWT (înapoi la 21,9 cm) la adâncimea de 27,7 cm. Între adâncimile de 27,7 și 21,7 cm, valorile DWT au fluctuat între 21,9 și 23,4 cm, sugerând condiții mai umede în ecosistem. Urmează o creștere a valorilor, la adâncimea de 17,7 cm DWT ajungând la 25 cm, sugerând un interval cu condiții uscate. Între adâncimile de 17,7 și 12 cm, valorile DWT scad la 19 cm, înregistrând intervalul cu condițiile cele mai umede ale coloanei. Acest eveniment coincide cu o scădere ușoară a valorilor IM și o creștere a valorilor OM. Partea superioară a coloanei (12-5 cm adâncime) a înregistrat o creștere a valorilor DWT de la 19 la 26,8 cm, sugerând o fază uscată, în timp ce valorile IM au scăzut (sub 8%) și valorile OM au crescut (peste 92%) (Figura 5).

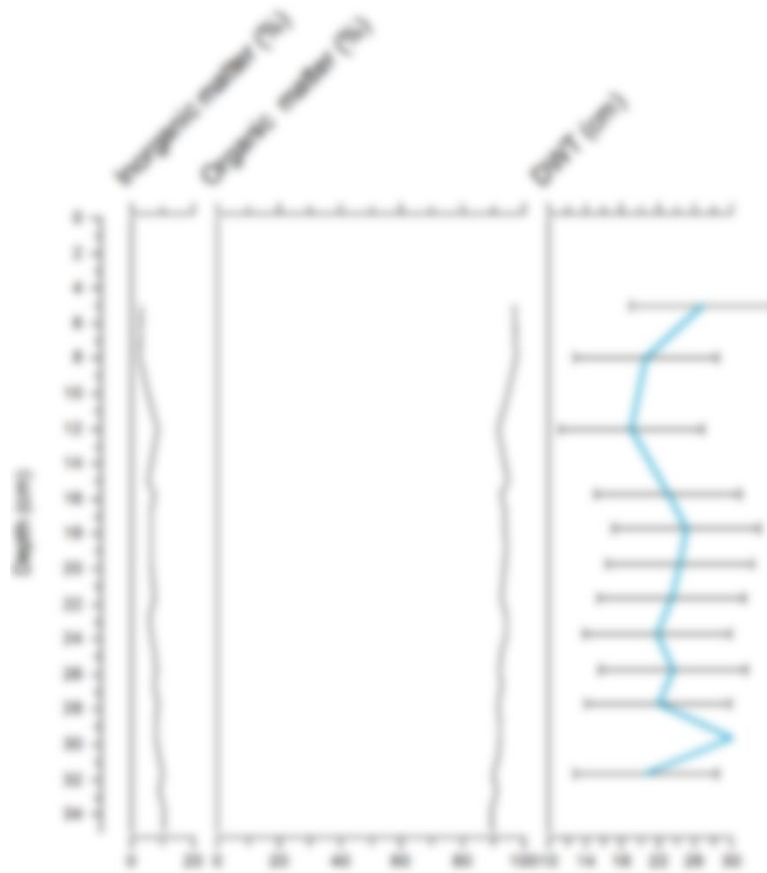


Figura 5. Frația materiei anorganice, organice și fluctuația nivelului apei în turbărie, ca funcție de adâncimea stratului, pentru coloana SRB-CP

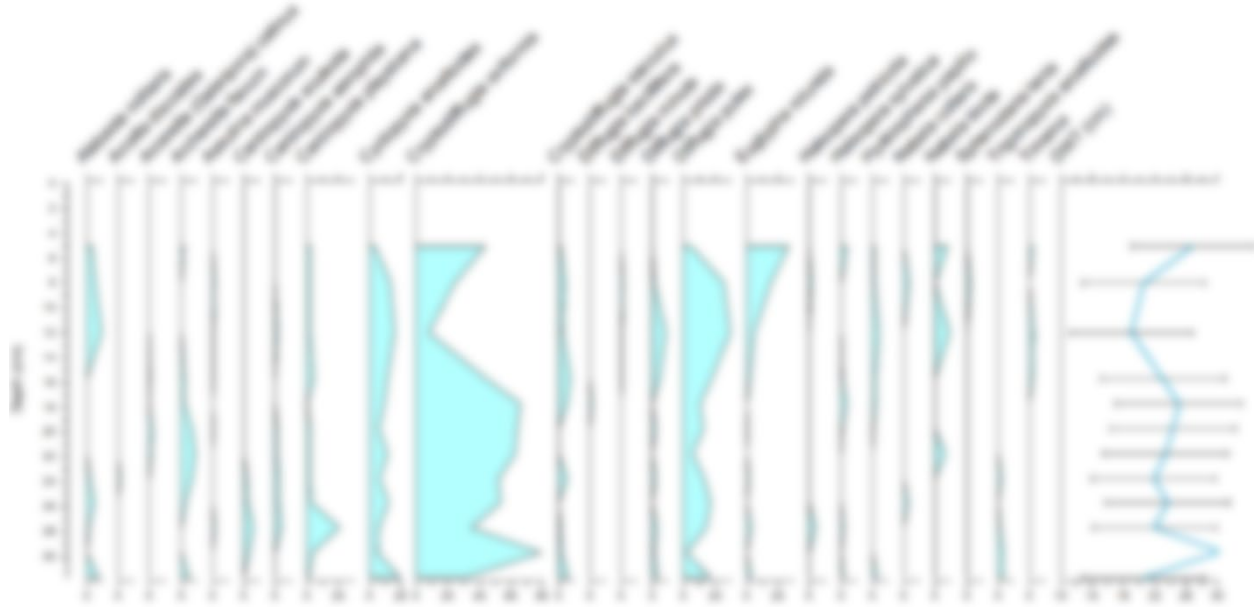


Figura 6. Speciile de *Testate amoebae* și abundența lor în stratele de turbă, ca funcție de adâncime, pentru coloana SRB-CP

În coloana de turbă PL-ZG au fost identificate un număr total de 16 specii. Cea mai abundentă a fost *Cryptodiffugia oviformis*, care a dominat în primii 34 cm ai turbei (între 38 și 4 cm). În acest interval, abundența *Cryptodiffugia oviformis* a fluctuat între 59 și 90%, însă și *Cyclopyxis arcelloides* și *Diffflugia pulex* au avut o prezență semnificativă (Figura 8). *Cryptodiffugia oviformis* este un indicator al adâncimii scăzute a apei în turbă, în timp ce *Cyclopyxis arcelloides* și *Diffflugia pulex* sunt specii cosmopolite și indică condiții medii până la uscate.

În partea superioară a coloanei (4 – 0 cm), *Trinema lineare* a fost cea mai abundentă specie, prezența sa crescând de la 0-20% la 70%, în timp ce procente *Cryptodiffugia oviformis*, (taxonul care a dominat în coloană), au scăzut la 4,5%. *Trinema lineare* indică, de asemenea, condiții uscate și adâncimi scăzute ale apei în turbărie. În ceea ce privește valorile adâncimii nivelului apei subterane (DWT), acestea au variat între 34,1 și 26,2 cm. Cele mai mari valori (condițiile cele mai uscate) au fost înregistrate la 33,5 și 6 cm, în timp ce valorile cele mai mici (dar tot în condiții uscate) au fost prezente între 30,5 și 13 cm.

Corelând tendințele DWT cu valorile obținute pentru materia organică (OM) și cea anorganică (IM), au fost observate următoarele: în timpul primei faze uscate (38-30,5 cm), valorile IM au o tendință descrescătoare, în timp ce valorile OM cresc (ajungând la 95% la adâncimea de 30,5 cm). Între adâncimile de 30,5 și 13 cm, valorile DWT sunt ușor mai mici, fluctuând între 29 și 26,2, sugerând un interval cu condiții ușor mai umede, dar totuși uscate. În timpul primului eveniment în care se înregistrează o umiditate mai mare (între 29 și 25,5 cm adâncime), valoarea DWT atinge 28,1 cm, în timp ce valorile IM cresc și valorile OM scad. În timpul celei de-a doua faze de condiții umede (între 22,5 și 19,5 cm adâncime), cea mai mică valoare a DWT este înregistrată (26,2), în timp ce valorile IM scad ușor și valorile OM cresc. Al

treilea eveniment (16,5-13,5 cm adâncime) este caracterizat de o altă valoare scăzută a DWT (26,7), o creștere a IM și o scădere a valorilor OM. La adâncimea de 13,5 cm începe o fază de uscare a materialului, iar valorile DWT ating 34,1 la adâncimea de 6 cm. În timpul acestei faze uscate, odată cu creșterea valorilor DWT, cresc și valorile OM, iar valorile IM au o tendință de scădere. Partea superioară a secvenței (6-3 cm adâncime) înregistrează o fază de îmbunătățire a condițiilor, o creștere scurtă a IM și o scădere scurtă a valorilor OM (Figura 7).

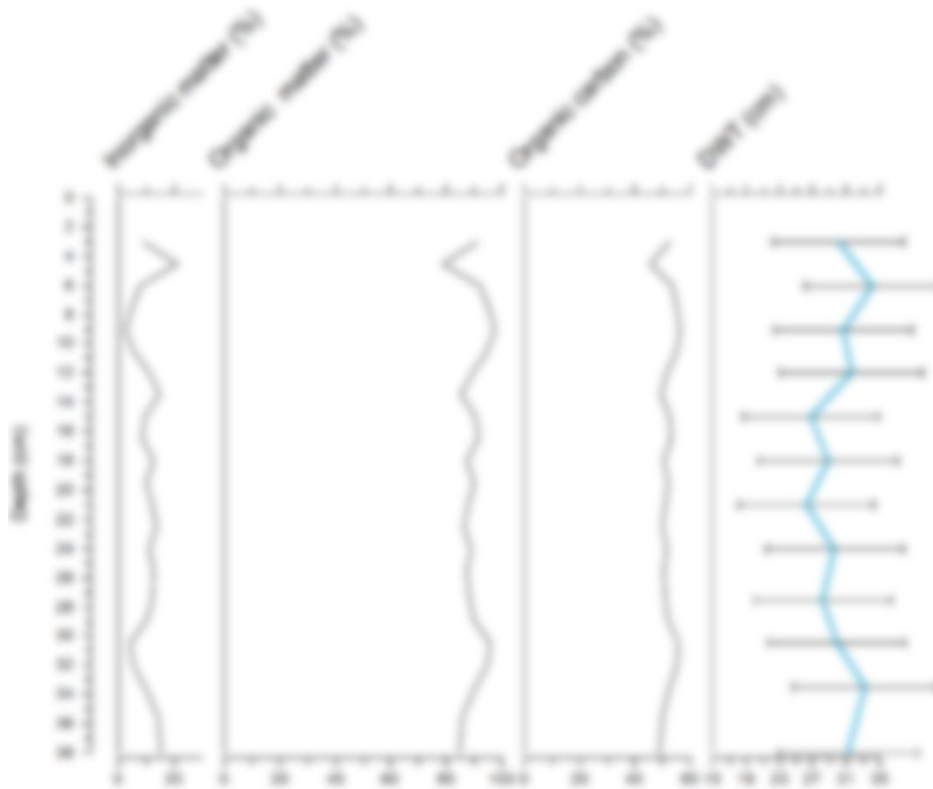


Figura 7. Frația materiei anorganice, organice și fluctuația nivelului apei în turbărie, ca funcție de adâncimea stratului, pentru coloana PL-ZG

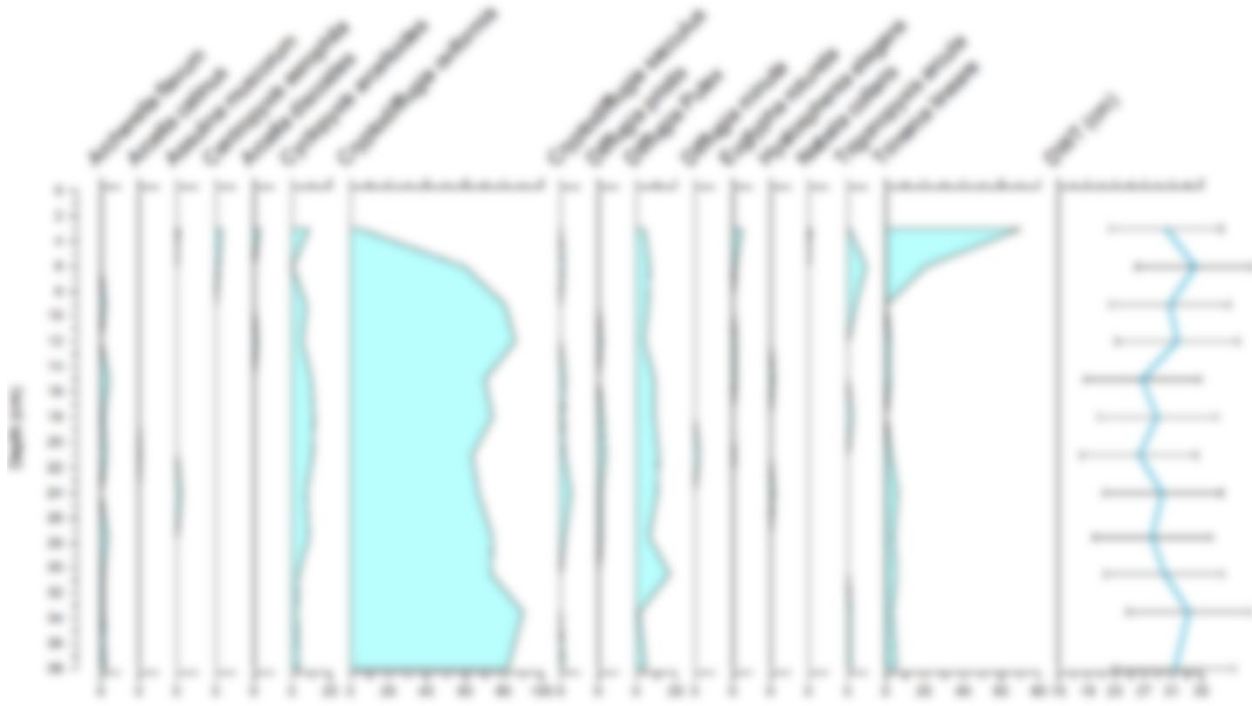


Figura 8. Speciile de *Testate amoebae* și abundența lor în stratele de turbă, ca funcție de adâncime, pentru coloana PL-ZG

În cazul coloanei PL-JF au fost identificate în total 33 de specii *Testate Amoebae* (TA), cele mai abundente specii fiind *Cryptodifflugia oviformis*, *Difflugia pulex* și *Arcella discoides* (Figura 10). *Cryptodifflugia oviformis* indică condiții uscate, *Difflugia pulex* indică condiții uscate până la intermediare, în timp ce *Arcella discoides* indică condiții mai umede ale materialului.

Valorile DWT fluctuează între 26 și 2,8 cm. Partea inferioară a coloanei de turbă înregistrează cea mai mare valoare a DWT (26 cm la adâncimea de 52,5 cm). Între adâncimile de 52,5 și 46,5 cm, valorile DWT cresc la 18, în timp ce valorile IM scad de la 35% la 6%, iar valorile OM cresc de la 88% la 93%. Între adâncimile de 46,5 și 42,5 cm, valorile DWT, IM și OM sunt relativ stabile, dar între adâncimile de 42,5 și 32,5 cm, valorile DWT cresc de la 18,6 la 6,5 cm, sugerând o fază de umiditate crescută urmată de un alt interval umed (32,5-28,5 cm adâncime, valori DWT de 6,5-7,2 cm), în timpul căreia se înregistrează o creștere a IM și o scădere a valorilor OM. Urmează o fază scurtă de condiții uscate (27,5-25,5 cm adâncime), DWT crește la 12,5, IM scade și conținutul OM crește. Între adâncimile de 25,5 și 23,5 cm are loc o perioadă de condiții umede, cu valoarea DWT atingând 6,7 cm. Se înregistrează o fază uscată între adâncimile de 23,5 și 18,5 cm, în timpul căreia valorile DWT cresc la 16,7 cm, valorile IM scad și valorile OM arată o creștere ușoară. La 9 cm este înregistrată cea mai mică valoare a DWT (2,8 cm), marcând intervalul cel mai umed înregistrat în coloană. (Figura 9).

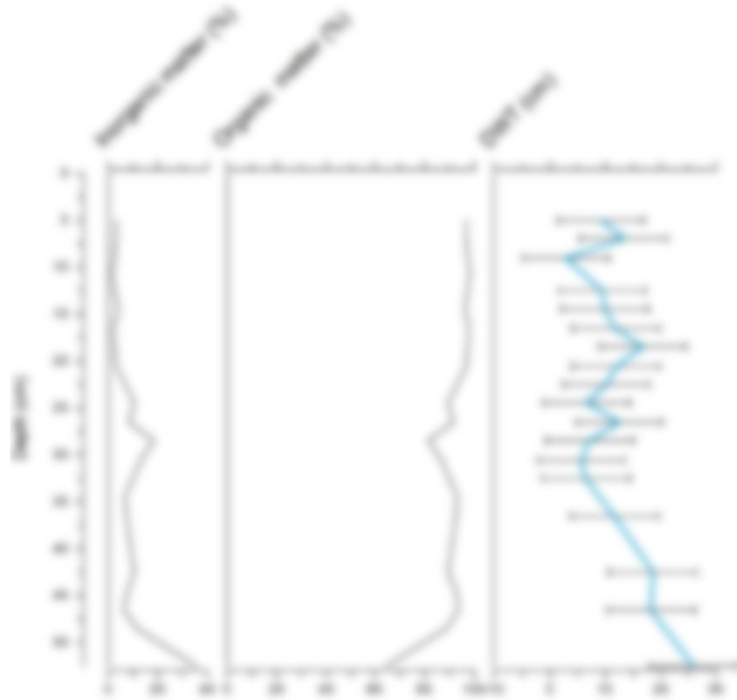


Figura 9. Frația materiei anorganice, organice și fluctuația nivelului apei în turbărie, ca funcție de adâncimea stratului, pentru coloana PL-JF

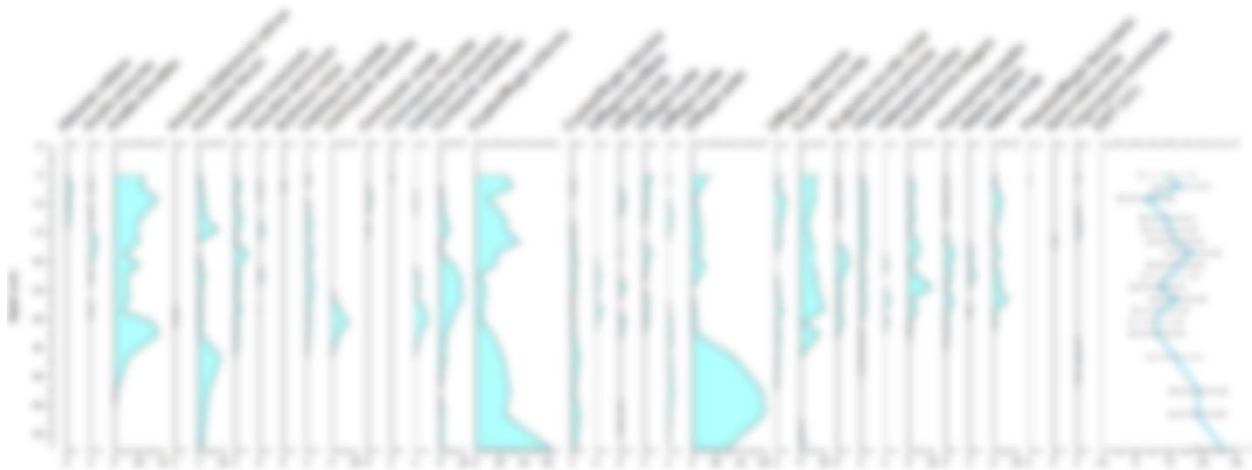


Figura 10. Speciile de *Testate amoebae* și abundența lor în stratele de turbă, ca funcție de adâncime, pentru coloana PL-JF

În ceea ce privește coloana de turbă LT-LD, au fost identificate în total 26 de specii TA (Figura 12). Cea mai abundentă specie a fost *Cryptodiffugia oviformis*, cu valori fluctuând între 29 și 70%. *Alabasta miliatrix* și *Diffugia pulex*, specii care preferă condiții uscate până la intermediare, au o prezență semnificativă, împreună cu *Archerella flavum*, un taxon indicator de condiții umede.

Valorile DWT reconstruite au variat între 19 și 30 cm. Partea inferioară a secvenței (de la adâncimile de 42,5 la 24,5 cm) a înregistrat o creștere a nivelului DWT (de la 19,5 la 30,6 cm), sugerând o fază uscată. În timpul acestui interval, valorile OM și IM au fost relativ stabile, OM fiind peste 97%, iar IM sub 3%. Între adâncimile de 24,5 și 18 cm a fost înregistrată o scădere a DWT-ului, ajungând la 21,1 cm la adâncimea de 21 cm, sugerând un eveniment ce a dus la creșterea umidității. La adâncimea de 18 cm, valorile DWT cresc din nou la 30,2 cm, sugerând o fază bruscă de condiții uscate, în timpul căreia se poate observa o scădere ușoară a valorilor OM și o creștere a valorilor IM. Partea superioară a secvenței (7-4 cm adâncime) este caracterizată de o altă creștere a valorilor DWT (de la 19 la 23,2 cm), sugerând condiții uscate (Figura 11).

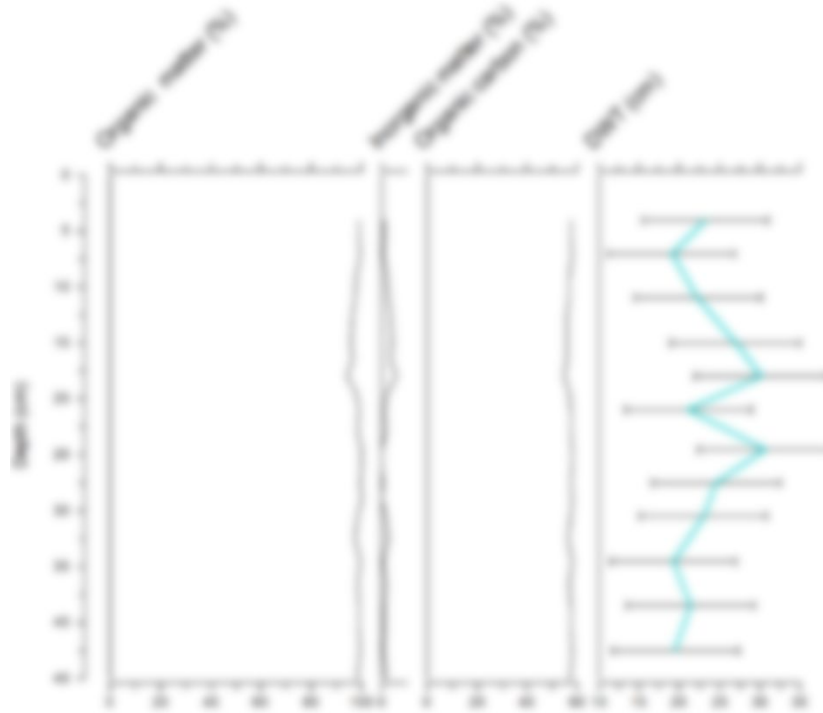


Figura 11. Frația materiei anorganice, organice și fluctuația nivelului apei în turbărie, ca funcție de adâncimea stratului, pentru coloana LT-LD

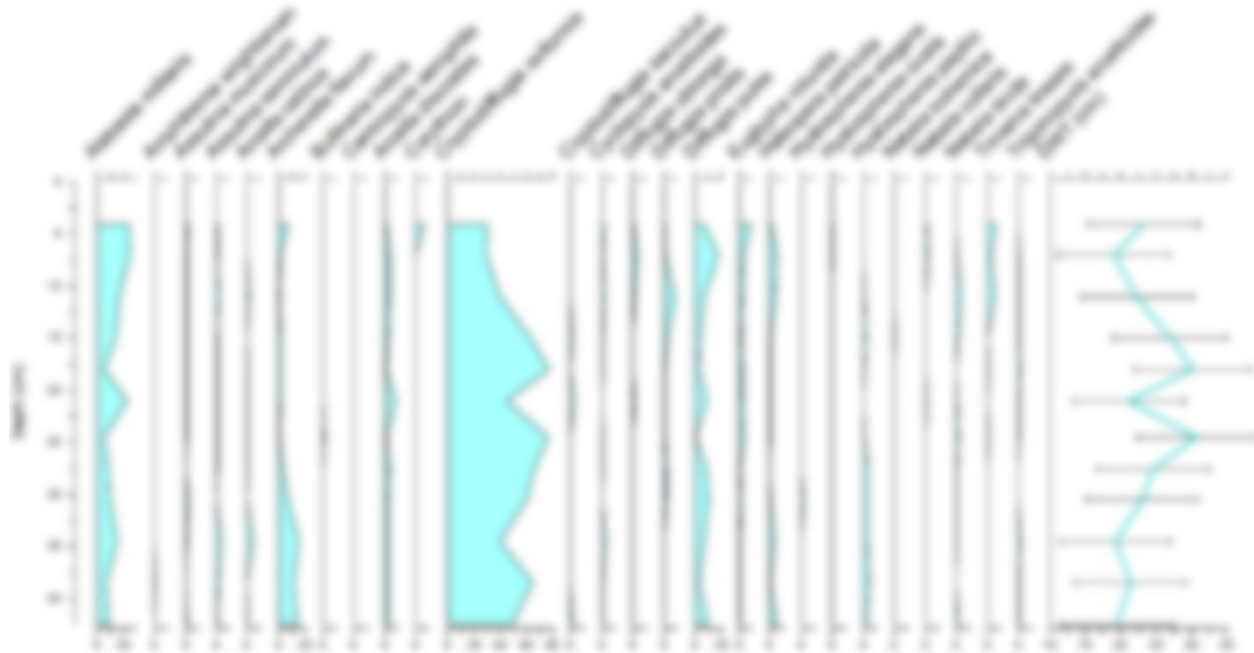


Figura 12. Speciile de *Testate amoebae* și abundența lor în stratele de turbă, ca funcție de adâncime, pentru coloana LT-LD

În coloana de turbă BG-KY au fost identificate 23 de specii de TA, cea mai abundentă fiind *Cryptodiffugia oviformis*, *Trinema lineare* (indicatori de perioadă uscată) și *Diffflugia pristis* (indicator de perioadă umedă). Alte specii ce au avut o prezentă semnificativă în coloană includ *Alabasta militaris*, *Assulina muscorum*, *Assulina seminulum*, *Centropyxis platystoma*, *Cryptodiffugia sacculus*, *Diffflugia pulex* și *Euglypha rotunda* (Figura 13).

Valorile reconstruite ale adâncimii la nivelul apei (DWT) au variat între 10.9 și 31.4 cm.

Partea inferioară a secvenței (41-38 cm adâncime) este caracterizată de o creștere a valorilor DWT de la 22.8 la 29.2 cm, sugerând o perioadă cu condiții uscate. Pe durata acestui interval, valorile OM au scăzut de la 90.63% la 85.77%, iar valorile IM au crescut de la 9.37% la 14.23%. Între 32 și 23 cm adâncime, valorile DWT scad, atingând 10 cm, cea mai mică valoare înregistrată în secvență, marcând intervalul cel mai umed. Între 23 și 10 cm adâncime, valorile DWT cresc continuu, ajungând la 31.4 cm la 10 cm adâncime, marcând faza cu condițiile cele mai uscate din coloana de turbă. În timpul acestui interval, s-a înregistrat o mică scădere a valorilor OM și o creștere a valorilor IM (la 11 cm adâncime) (Figura 14).

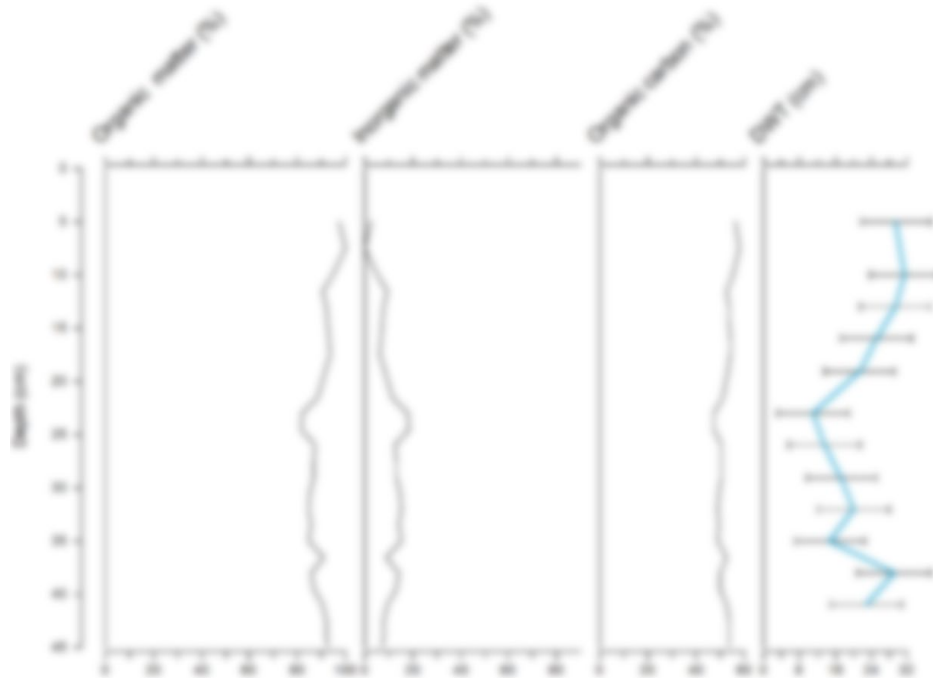


Figura 13. Frația materiei anorganice, organice și fluctuația nivelului apei în turbărie, ca funcție de adâncimea stratului, pentru coloana BG-KY

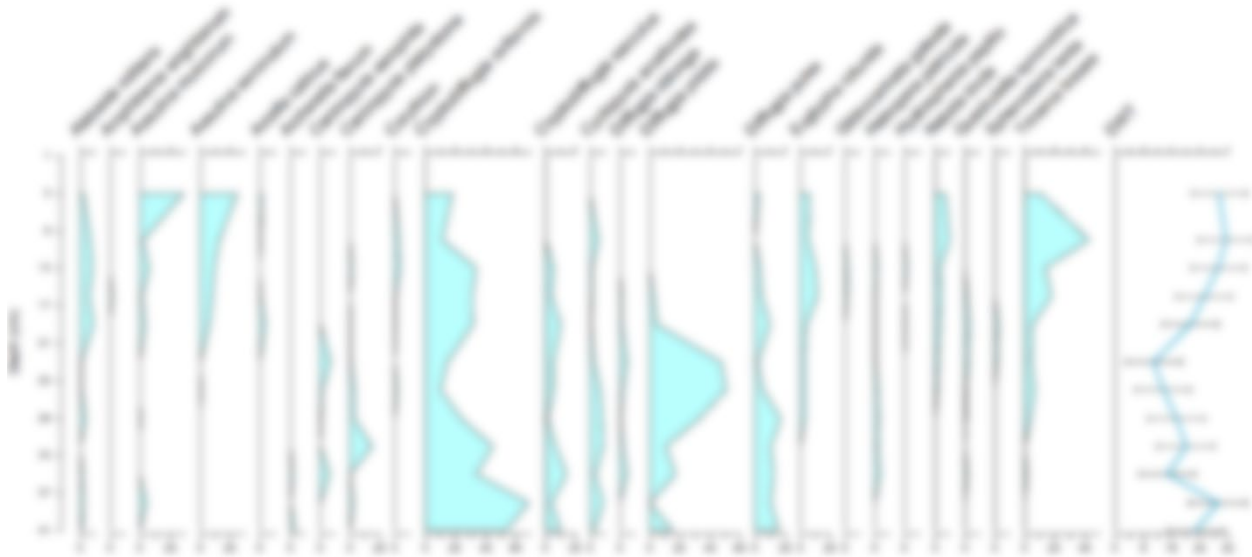


Figura 14. Speciile de *Testate amoebae* și abundența lor în stratele de turbă, ca funcție de adâncime, pentru coloana BG-KY

5.3. Investigarea susceptibilității magnetice și posibilei contaminări a turbărilor

Susceptibilitatea magnetică reprezintă un proxy important în identificarea perioadelor de degradare în stratele de turbă, valorile acestui parametru fiind direct corelate cu fracția anorganică prezentă în compoziția tubei, ce poate include minerale cu proveniență atât naturală, cât și antropică. O creștere în susceptibilitatea magnetică a probelor poate fi indicativă pentru perioadele de degradare, în timp ce o scădere a valorilor poate fi corelată cu o conservare mai bună a materiei organice. În prezentul proiect, măsurătorile asupra susceptibilității magnetice au fost realizate în vederea identificării stratelor ce prezintă un potențial de contaminare antropică, urmând ca aceste presupuneri să fie validate de analize XRF asupra metalelor grele, ce se află în desfășurare. Astfel, poate fi distinsă componenta naturală de cea antropică în perioadele ce corespund valorilor crescute ale susceptibilității magnetice, și se poate stabili dacă aceste schimbări sunt datorate introducerii în ecosistem a mineralelor pe cale antropică sau dacă reprezintă un răspuns la schimbări naturale.

Datele (Figura 15) au fost obținute cu ajutorul aparatului Kappabridge MFK1-FA (AGICO, Brno, Czech). Rezultatele indică o creștere bruscă și considerabilă a valorilor susceptibilității magnetice în partea superioară a profilelor de turbă, fapt ce poate fi atribuit dezvoltării industriale intense din ultimii 100 de ani, ce a dus la depunerea uscată și/sau umedă a poluanților pe suprafața turbei și integrarea acestora în profil.

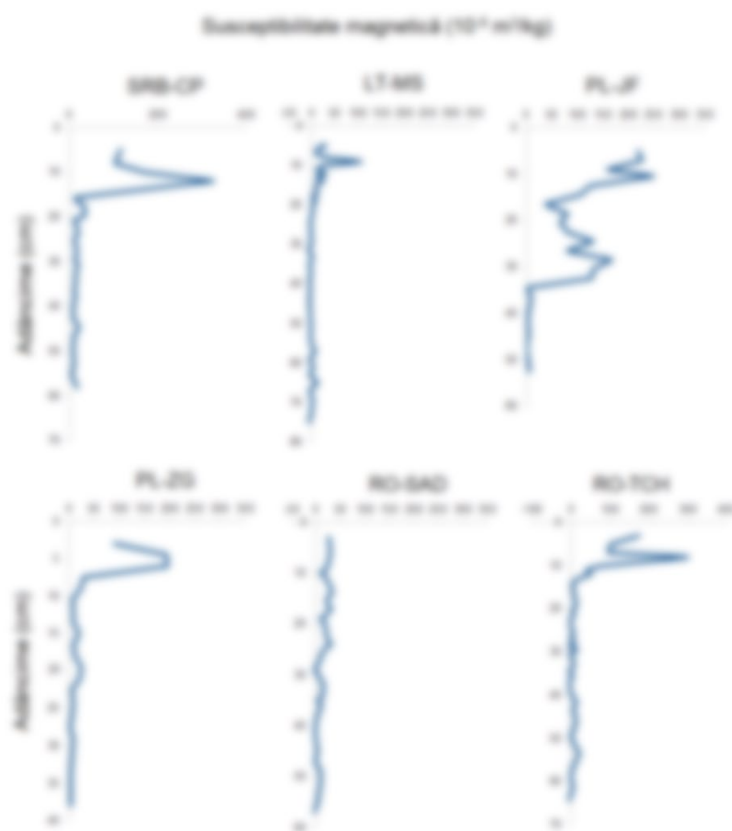


Figura 15. Datele asupra susceptibilității magnetice prezente la nivelul straturilor de turbă din coloanele investigate, ca funcție de adâncime

5.4. Analize aflate în stadiul de desfășurare

Suplimentar datelor obținute până în prezent și descrise în raport, se află în desfășurare analize asupra nivelului de humificare în straturile de turbă, a prezenței compușilor organici indicatori ai degradării, precum și analizele asupra compoziției elementale a materialului anorganic. Finalizarea acestor măsurători este prezoizată pentru începutul anului 2024, și aduce completări la setul de rezultate obținute până în prezent. Astfel, se permite investigarea amănunțită a proceselor ce au loc la nivelul ecosistemului și delimitarea clară a perioadelor de degradare, precum și a factorilor responsabili de aceasta. Vor fi investigate de asemenea corelațiile ce se pot stabili între parametrii investigați în coloanele de turbă, precum și evoluția acestora în timpul perioadei investigate.

6. Activități de diseminare și indicatori de rezultat

Activitățile de diseminare întreprinse pe parcursul desfășurării etapei a-II-a a proiectului au constat în prezentări orale și poster în cadrul a două conferințe internaționale de prestigiu și a unui simpozion, precum și publicarea a două articole științifice și trimiterea spre publicare a încă unuia în jurnale științifice internaționale indexate ISI.

În cadrul conferinței internaționale 14th International Conference “Methods Of Absolute Chronology”, organizată în perioada 17-19 mai 2023 în Gliwice, Polonia de către Silesian University of Technology, au fost diseminate rezultatele obținute în cadrul proiectului prin două prezentări orale intitulate “ ^{210}Pb chronology applications in retrospective analyses of peatland carbon dynamics in Romania and Bosnia-Herzegovina” și “ ^{210}Pb chronologies as a tool in the assessment of the last 150 years anthropic impact on high altitude lakes in southeastern Europe, Romania”. Cartea abstractelor publicată de organizatorii conferinței (ISBN 978-83-904783-5-7) poate fi consultată pe website-ul oficial al conferinței (<https://mach2023.polsl.pl>).

De asemenea, în cadrul conferinței internaționale Eleventh International Conference on Radiation, Natural Sciences, Medicine, Engineering, Technology and Ecology, organizată în perioada 19-23 iunie 2023 în Herceg Novi, Muntenegru, au fost întreprinse activități de diseminare a rezultatelor prin alte două prezentări orale asupra temelor “ ^{210}Pb dating as a fundamental tool in retrospective analyses of peatland recent carbon dynamics in the context of global climate change” și “ ^{210}Pb dating method: applicability and limitations”. Cartea abstractelor publicată de organizatorii conferinței (ISBN 978-86-901150-6-8) poate fi consultată pe website-ul oficial al conferinței (<https://www.rad2023.rad-conference.org>).

În cursul etapei a-II-a au fost publicate și un număr de două articole științifice în jurnale internaționale de prestigiu în domeniul studiat. Un prim articol include rezultatele obținute asupra parametrilor fizici, modelelor de vârstă cu adâncimea și dinamicii carbonului în patru turbării de pe teritoriul României. Acesta descrie tiparele identificate în ratele de acumulare și evidențiază relevanța acestor ecosisteme în circuitul global al carbonului. Lucrarea intitulată “Recent carbon sequestration dynamics in four temperate SE European peatlands using ^{210}Pb

dating” a fost publicată în Journal of Environmental Radioactivity, volumul 264, în luna August 2023, cod DOI 10.1016/j.jenvrad.2023.107208, încadrat în cuartila Q3 conform editiei JCR 2022 din 28 iunie 2023, domeniul ” ENVIRONMENTAL SCIENCES - SCIE”.

Al doilea articol publicat se concentrează pe determinarea experimentală a procedurii optime de preparare a probelor de turbă prin digestie acidă, în vederea efectuării măsurătorilor de spectrometrie nucleară. Lucrarea intitulată ” A comparative study on digestion methods for ²¹⁰PO determinations by Alpha Spectrometry on peat bog samples” a fost publicată în luna septembrie a anului 2023 în Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, cod DOI 10.1007/s10967-023-09157-z, încadrat în cuartila Q2 conform editiei JCR 2022 din 28 iunie 2023, domeniul ”NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY – SCIE”

Un al treilea articol se află în stadiul de evaluare, acesta fiind trimis către jurnalul de prestigiu Scientific Reports, sub titlul ”Investigation of the last two centuries sedimentation dynamics in high-altitude lakes of Southern Carpathians, Romania”.

7. Concluzii

Activitățile științifice întreprinse până în prezent în cadrul proiectului de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe independente (TE) **PN-III-P1-1.1-TE-2021-0213** aduc rezultate concrete și informații importante asupra turbăriilor temperate din Europa. Analiza multi-proxy reprezintă o abordare comprehensivă în investigarea multilaterală a ecosistemelor. Integrarea rezultatelor de până acum cu cele aflate în desfășurare va permite o înțelegere profundă și cuprinzătoare asupra proceselor și dinamicii ultimilor 150 de ani. Dispersia geografică, atât în termeni de latitudine cât și de altitudine, precum și numărul extins al probelor asigură acoperirea unei arii extinse și permite intercompararea rezultatelor, precum și diferențierea influenței factorilor regionali de cei globali asupra dezvoltării turbei.

Prin activitățile desfășurate în această etapă, anume: finalizarea prelevării probelor, determinarea modelelor de vârstă cu adâncimea, a parametrilor fizici, a celor asociați dinamicii carbonului, precum și investigarea fluctuațiilor nivelului de apă și a susceptibilității magnetice, se conturează perioadele de dezvoltare și degradare în ecosistemele studiate și se permite evidențierea factorilor ce influențează dinamica turbei. Aceste rezultate vor permite o mai bună înțelegere a mecanismelor de control a ecosistemelor, și vor avea un potențial considerabil în strategiile de management și restaurare a turbăriilor. Progresul notabil înregistrat în această etapă evidențiază eforturile științifice ale echipei, întreprinse până în prezent, traduse în realizări concrete, în conformitate cu planul de realizare a proiectului.

Avizat,

DIRECTOR de proiect

Conf. Dr. Robert-Csaba BEGY