

Földtudományok Doktori Iskola

**Az erdélyi Kerek-tó tőzegsorának késő negyedidőszaki üledéktani-
geokémiai alapú környezettörténete**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Szerző

Tapody Réka Orsolya

Témavezetők

Prof. Dr. Sümegei Pál DSc.

Prof. Dr. Demény Attila DSc.



Földtani és Őslénytani Tanszék
Természettudományi és Informatikai Kar
Szegedi Tudományegyetem
2022

Szeged

1. Bevezetés és célok

A Holocén a Föld történetének legfiatalabb szakasza, és egyben az első melyben megjelent az emberi magas civilizáció. Napjainkban a globális klímaváltozás következményeivel küzdünk, melynek kiváltója maga az ember (Lynas et al. 2021). A hegyvidéki ökoszisztéma rendkívül érzékeny az éghajlati ingadozásokra, ezért a Kárpáti-hegyvidék számos klímarekonstrukciós vizsgálat mintaterületül szolgál (Beniston 1994; Sonesson és Messerli 2002; Magyarai et al. 2012, 2018; Micu et al. 2015; Longman 2017).

A Kárpáti régió már a neolitikumban lakott volt, az emberi hatások, mint az erdőirtások, legeltető állattartás, mezőgazdálkodás és az ezek által fellépő biodiverzitás csökkenése már ettől a kortól nyomonkövethető (Feurdean et al. 2009; Longman et al. 2017). Az ember megjelenése és a klímaváltozás közti kapcsolat megértéséhez egy folytonos kifejlődésű bolygatatlan üledékminta sorozatra és több tudományterület bevonásával egymást kiegészítő vizsgálatra, ún. „multi-proxy” (soktényezős) paleoökológiai vizsgálatra van szükség. Ezekre a vizsgálatokra kiválóan alkalmasak a lápterületek (Berglund et al. 1996) A lápok olyan vizes élőhelyek, amelyben a biomassza termelődése meghaladja a lebomlás mértékét, így oxigéntől elzárva a talajvízszint alatt tőzegképződés megy végbe. A láp helyben, önmagában képes megőrizni környezetének lenyomatait, így jól alkalmazható környezetrekonstrukciós mintaterületként.

A Holocén első klímazstratigráfiai leírása skandináv tőzeglépvények leírásán alapult, melyet Blytt-Sernander osztályozásként ismertünk meg (Blytt 1876, Sernander 1908). A vizsgálat legfontosabb célja, hogy a negyedidőszak végén kifejlődött tőzegterületek és tőzegrétegek milyen körülmények között alakultak ki és alakultak át természetes vagy emberi hatás következtében.

Értekezésemben egy folytonos kifejlődésű, 7500 évet átfogó, vegyes felépítésű tőzegláp multi-proxy vizsgálatával keresem a választ, hogy az éghajlat és az emberi közösségek kapcsolatának változásait feltárjam.

A disszertációm fő kérdései:

- 1) A vizsgált mintaterületen észlelhető-e a globális klíma események hatása, illetve a regionális klíma modellektől mutat-e eltérést?
- 2) Az embercsoportok miként változtatták meg a Kerek-tó környezetét, ennek milyen lenyomatai tükröződnek vissza az eredményekben?

3) Egy tőzeglápon elvégzett multi-proxy vizsgálaton belül a geokémiai vizsgálat milyen új információval egészíti ki az eredményeket?

2. Anyag és módszer

A disszertációmban a finomrétegtani mintavétel és annak feldolgozása a Birks-féle nemzetközi negyedidőszaki paleoökológiai vizsgálati módszerén alapult (Birks and Birks 1980; Gaillard and Birks 2007). A mintavétel az egykori tó közepén oroszfeges fúróval lett kivitelezve, melynek eredményeként egy 560 cm hosszú, zavartalan fúrómag lett kiemelve. A litológiai rétegsor leírásához a Troels-Smith (1955) rendszert használtuk, amely konszolidálatlan üledékekre lett kifejlesztve. Rendszerének lényege, hogy a negyedidőszaki tavi, mocsári és lápi üledékeket egy meghatározott számú komponens keverékének tekintette és genetikájuk szerint 6 kategóriába csoportosította. Az üledékmagot szedimentológiai (MS, szemcseméret, LOI), geokémiai (AAS, Hand-held XRF), pollenanalitikai és radiokarbon kormeghatározásnak vetettük alá. A furatot 2 cm-es mintaközzel szeltem fel. A szemcseméret meghatározás OMEC Easysizer típusú lézeres szemcseméret mérő műszerrel, a mágneses szupceptibilitás mérés MS2 Bartington típusú készülékkel történt (Dearing 1994; Oldfield et al. 1978). A mintákat izzítókemencében szárítottam, majd analitikai mérleggel négytizedes pontossággal mértem le. Ezután kerámia dörzsmozsárban porítottam A szervesanyag és karbonát meghatározás Dean 1974-es eljárásán alapult. A vízdoldható-geokémiai analízishez 4 cm-es intervallummal vettünk mintát. Az általunk használt módszer Dániel Péter (2004) ötlépcsős extrakciós módszerének első lépése, a vizes kioldást alkalmaztuk. A vizes kioldás lényege, hogy a vizsgálat során az üledék nem roncsolódik, tehát nem tárja fel sem az ásványi szemcsét sem a növényi maradványokat, hanem azok felületén kolloidálisan megtapadt vízdoldható elemekről kapunk információt (Dániel 2004). A koncentrációkat Perkin-Elmer 100 atomadszorpciós spektrofotométerrel mértük be. A minták elemtartalmának meghatározása Rh csővel és SSD detektorral felszerelt Spectro xSort COMBI HH03 kézi röntgen fluoreszcencia spektrométerrel (pXRF) történt. A pollenelemzést szintén 4 cm-es mintavétellel végeztük el, standard HF-módszerekkel (Wood et al. 1996, Bennett és Willis 2001). A rétegsorból 12 mintát választottunk ki radiokarbon kormeghatározásra, mely AMS módszerrel történt. A kor-mélység modellt Bacon (Blaauw és Christen 2011, Blaauw et al. 2018) segítségével állítottuk elő Bayes-féle elemzéssel. A hagyományos radiokarbon korokat az IntCal20 kalibrációs görbével konvertáltuk naptári korokká (Reimer et al. 2020). A statisztikai elemzést az SPSS 25.0 statisztikai szoftvercsomag és a PAST 3X Paleontological Data Analysis (Hammer et al. 2001)

segítségével végeztük, hogy feltárjuk azokat a főbb tényezőket, amelyek befolyásolhatták a rétegsor elem eloszlását.

3. Új tudományos eredmények

Az értekezésben bemutatott kutatásaim az alábbi új tudományos eredményeket szolgáltatotta:

1. A Kerek tó közepén végzett fúrás minta alapján 12 radiokarbon koradattal egy 7500 éves zavartalan rétegsorról kaptunk információt. Üledéktani elemzés alapján a tőzegminta szemcseösszetétele homogénnek tekinthető. A rétegsort a fellelhető növénymaradványok alapján egy tavi fázisra és egy tőzeg fázisra lehet felosztani. A tőzeg szakasz egy dús vegetációjú, nedves, hűvösebb éghajlatú Sphagnum lápból fokozatosan sás-nád növényzetű tőzegláppá fejlődött, a környezete az erdős környezetből fokozatosan sztyeppe vegetációba alakult át (Kr. u. 7. század (1300 cal BP év)).

2. Az ülepedési ráták alapján 3 akkumulációs zónát állapítottam meg, amely közül az első kettő biogén összetételű gazdag vegetációs környezetben jött létre (tőzegfejlődés), majd egy viszonylag rövid időszak alatt antropogén behatással, magas ásványi anyagbemosódás (feltöltődött tavi fázis) ment végbe, amely szakaszok a LOI (Loss On Ignition) és a pollen adatokban is nyomon követhetőek. A pollen adatok alapján megállapított klimatikus változások erősen befolyásolták a tőzegképződést. Ez összhangban van az erdélyi és más közép-európai paleoklimatológiai vizsgálatokkal (Schnitchen et al. 2006; Feurdean et al. 2013; Tóth et al. 2015; Diaconu et al. 2017), azonban az emberi kultúrák fokozatos megjelenése egyre inkább felülírja a természetes vegetációt, erdőirtásokkal és talajműveléssel, amely eróziós szintek megjelenésében mutatkozik meg.

3. A vízdoldható elemtartalom vizsgálatban megfigyelt elemek közül (Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K) mindegyik elemnél határt lehet húzni a tőzeg és tavi üledék között. A Fe és Mn az ásványi szemcsékből volt kimutatható, azonban vízdoldékonyságuk miatt csak a talajvíz feletti oxidatív szintben voltak jelen. A K és Na tartalom a tavi fázisban mutatta a legmagasabb koncentrációt, a K korrelált a Fe és Mn csúcsokkal, ami ásványi anyag bemosódáshoz kötöttem, mivel A korábbi vizsgálatokban (Mackereth 1966; Engström and Whright, 1984; Dániel 2004) kimutatták, hogy a Na, K és Mg tartalom egyaránt utalhat a talaj kémiai és fizikai mállására. A legjelentősebb Na értékek tiszta sás-, és nádtőzegben jelentek meg, melyről azt feltételeztem, hogy bizonyos nád fajok Na-megkötő képessége (Kustár et al. 2016.; Braun et al. 1993; Beeton

1965) befolyásolja a Na jelenlétét a lágban. A Ca legnagyobb koncentrációban a tőzegrétegben volt kimutatható, továbbá a LOI550, P és S valamint a lomhullató pollenekkel korrelált. Mivel a felső talajképző kőzetekből bemosódott ásványi anyagtartalom nem mutatott magas Ca koncentrációt, feltételezésem szerint a mélyebben fekvő rétegekből (márga) a lombhullató fák gyökérzetén keresztül felvéve, majd a levelekben akkumulálva közvetetten a lág gyűjtőmedencéjébe oldódott, amit biofil elemként a lág növényzete magába épített., ezt más tanulmányokban is megfigyelhető volt (Gorham et al. 2005, Batty and Younger, 2004).

4. Kísérletet tettem más szakirodalmakban alkalmazott indikátorok alkalmazására. A Ca/Na hányadost mállási/eróziós eseményekre, a Ca/Mg hányadost trófitás, azaz ombrotóf/minerotróf határ meghatározása alkamazzák (Shotyk 1988). Az általam végzett vizsgálat alapján a vízdoldható elemeknél - ez az arány szerint - a lág egy minerotróf lág volt vegetációtól függetlenül, míg a tó ombrogén trófitást mutat. Ezt azonban feltétellel kell kezelni, az eredmény bizonytalansága valószínűleg a vízdékonyságból származik. Ugyanez vonatkozik a Ca/Na eróziós indikátor használhatóságára is.

5. A kézi XRF által észlelt elemek alapján az elemek koncentrációját figyelembe véve meghatározható egy szervesanyaghoz köthető elem csoport (P, S, Ca) és egy minerogén elemcsoport, melyek közül vannak növényi vegetáció által szállított elemek (K, Cr, Rb) valamint talajvíz által szállítottak (Fe, Mn). Ez a vizsgálati eredmény megerősítette a vízdoldható elemvizsgálatból is következtetett Fe, Mn, és Ca elemtartalmak eredetét.

6. A főkomponens-analízis (PCA) szintén visszaigazolta ezt a két elemcsoportot, a PC1 és PC2 komponentst egy biplot diagramba összevetve jól elkülöníthetőek voltak a különböző üledéktípusok, amely a Troels-Smith rendszer alapján definiált 6 üledéktípust 4 fő csoportba sorolta be (laminált tavi üledék, a tó és lág közötti átmeneti pelites tőzeg, vegyes sás-nád tőzeg, és mohatőzeg). A PCA nem tett különbséget a Troels-Smith rendszer alapján meghatározott Lc1Th1As2 és Th2Lc1As1 valamint a Th3As1 és a Th3Lc1 üledéktípusok között.

7. A geokémiai és pollenanalitikai eredmények alapján megvizsgáltam az egykori közösségek termelő- és környezetátalakító tevékenységének lehetőségét. Korábbi tanulmányok (Engström és Wright, 1984; Heathwaite és Burt, 1992; Willis et al. 1997; Braun et al. 2005) kimutatták, hogy az Si, Al, K, Rb, Cr, Sr elemek és a szervesanyagtartalom (LOI950) mennyiségének növekedése a talajerózióhoz kapcsolódó fizikai és kémiai mállást egyaránt jelzik, mivel ezek

az elemek a környező talajokból és kőzetekből származnak. Ezért lokális talajdegradáció és eróziós folyamat indikátoraként használható (Willis et al. 1998). Az S, P, Fe, Mn elemek és a szerves anyagtartalom (LOI550) a tőzegszintek lápregenerációs fázisában mutat maximumot, így a két elemcsoport abundanciája alapján eróziós szintek és regenerációs fázisok különböztethetők meg. Így regionális léptékben azonosított 12 kultúra szintjén 20 db eróziós- és mocsár-erdőregenerációs fázisokat tudtam meghatározni.

4. Irodalomjegyzék

- Batty, L. C., and Younger, P. L. (2004) Growth of *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex. Steudel in mine water treatment wetlands: effects of metal and nutrient uptake. *Environmental Pollution* 132(1) 85–93.
- Beniston, M. (1994), *Mountain environments in changing climates*, Routledge Publishing Co., London and New York, p. 492
- Bennett, K.D.; Willis, K.J. (2001) Terrestrial, algal, and siliceous indicators. In *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*; Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M., Eds.; Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands; Volume, pp. 35–32.
- Beeton A.M. (1965) Eutrophication of the St. Lawrence Great Lakes. *Limnology and Oceanography* 10 240–254
- Berglund, B. E. (Ed.), Birks, H. J. B., Ralska-Jasiewiczowa, M. (Ed.), & Wright, H. E. (1996). *Palaeoecological events during the last 15 000 years: regional synthesis of palaeoecological studies of lakes and mires in Europe*. Wiley
- Birks H.J.B, Birks H.H. (1980). *Quaternary Palaeoecology*. Baltimore: University Park Press. 289 p
- Blaauw, M., Christen, J.A. (2011). Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*, 6, 457-474.
- Blaauw, M.; Christen, J.A.; Bennett, K.D.; Reimer, P.J. (2018) Double the dates and go for Bayes-Impacts of model choice, dating density and quality of chronologies. *Quaternary Science Reviews*, 188, 58–66.
- Blytt, A. (1876): *Essay on the Immigration of the Norwegian Flora during the Alternating Rainy and Dry Period*, Alb. Cammermayer, Christiania (Oslo).
- Braun, M.; Sümegei, P.; Szűcs, L.; Szöör, G. (1993) A kállósemjéni Nagy–Mohos láp fejlődéstörténete (Lápképződés emberi hatásra és az ősláp hipotézis). *Jósa András Múzeum Évkönyve*, 33–35, 335–366. (In Hungarian)

- Dániel, P. (2004) Geochemical analysis. In *The Geohistory of Bátorliget Marshland*; Sümegi, P., Gulyás, S., Eds.; Archaeo-lingua Press: Budapest, Hungary; pp. 52–57.
- Dearing, J. (1994) *Environmental Magnetic Susceptibility. Using the Bartington MS2 System*. Kenilworth: Chi Publishing.
- Diaconu, AC, Tóth, M, Lamentowicz, M, Heiri, O, Kuske, E, Tanțău, I, Panait, A-M, Braun, M, Feurdean, A. (2017) How warm? How wet? Hydroclimate reconstruction of the past 7500 years in northern Carpathians, Romania. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 482,p.1-12.
- Engström, D.R.; Wright, H.E., Jr. (1984) Chemical stratigraphy of lake sediments as a record of environmental change. In *Lake Sediments and Environmental History. Studies in Paleolimnology and Paleoecology*; Haworth, E.Y., Lund, J.W.G., Eds.; Leicester University Press, Leicester, England; pp. 11–67.
- Feurdean, A.N.; Willis, K.J.; Astaloş, C. (2009) Legacy of the past land-use changes and management on the ‘natural’ upland forest composition in the Apuseni Natural Park, Romania. *Holocene*, 19, 967–981.
- Feurdean, A., Liakka, J., Vannière, 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.
- Gaillard, M-J., Birks, H. H. (2007): Paleolimnological applications. In: Elias, S. A. ed. *Encyclopedia of Quaternary Science*, Vol. 3. Elsevier. 2337-2355.
- Gorham E. and Janssens J. (2005) The distribution and accumulation of chemical elements in five peat cores from the midcontinent to the eastern coast of North America. *Wetlands* 25 259–278.
- Hammer, O.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica.*, 4, 9–18.
- Kustár, R., Molnár, D., Sümegi, P., Törocsik, T., Sávai, S. (2016). Preliminary paleoecological reconstruction of long-term relationship between human and environment in the northern part of Danube-along Plain, Hungary. *Open Geosciences*, 8(1) 405-419.
- Lähteenoja, O., Ruokolainen, K., Schulman, L., Alvarez, J. (2009). Amazonian floodplains harbour minerotrophic and ombrotrophic peatlands. *Catena* 79(2) 140–145.

- Longman, J, Ersek, V, Veres, D, Salzmann, U. (2017) Detrital events and hydroclimate variability in the Romanian Carpathians during the mid-to-late Holocene. *Quaternary Science Reviews* 167:78–95.
- Lynas, M.; Houlton, B. Z.; Perry, S. (2021) Greater than 99% consensus on human caused climate change in the peer-reviewed scientific literature. *Environmental Research Letters*; 16 (11): 114005
- Mackereth, F.J.H., (1966): Some chemical observations in post-glacial lake sediments. *Proceedings Royal Academy of Sciences* 250 165-213.
- Magyari, E.K.; Jakab, G.; Bálint, M.; Kern, Z.; Buczkó, K.; Braun, M. (2012) Rapid vegetation response to Lateglacial and early Holocene climatic fluctuation in the South Carpathian Mountains (Romania). *Quaternary Science Review* , 35, 116–130.
- Magyari, E.; Vincze, I.; Orbán, I.; Bíró, T.; Pál, I. (2018) Timing of major forest compositional changes and tree expansions in the Retezat Mts during the last 16,000 years. *Quaternary International*, 477, 40–58.
- Micu, D., Dumitrescu, A., Cheval, S., Birsan, M.-V., (2015) Projections of Future Changes in Climate of the Romanian Carpathians, in: *Climate of the Romanian Carpathians: Variability and Trends*. Springer, N. Y., pp. 199-205.
- Muller, J., Wust, R.A.J., Weiss, D., Hu, Y. (2006): Geochemical and stratigraphic evidence of environmental change at Lynch's Crater, Queensland, Australia. *Global and planetary change* 53(4) 269–277
- Oldfield, F, Thompson, R, Barber, KE. (1978) Changing atmospheric fallout of magnetic particles recorded in recent ombrotrophic peat sections. *Science* 199:679–680.
- Reimer, P.; Austin, W.; Bard, E.; Bayliss, A.; Blackwell, P.G.; Ramsey, C.B.; Butzin, M.; Cheng, H.; Edwards, R.L.; Friedrich, M.; et al. (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62, 725–757.
- Sernander, R. (1892) Die Einwanderung der Fichte in Skandinavien. - *Engler's Bot. Jahrb.* 15 (1).
- Schnitchen, C, Charman, DJ, Magyari, E, Braun, M, Grigorszky, J, Tóthmérész, B, Molnar, M, Szántó, Zs. (2006). Reconstructing hydrological variability from testate amoebae analysis in Carpathian peatlands. *Journal of Paleolimnology* 36:1–17.
- Shotyk, W. (1988) Review of the inorganic geochemistry of peats and peatland waters. *Earth-Science Reviews*, 25, 95–176.

- Shotyk, W. (1996) Peat mires archives of atmospheric metal deposition: Geochemical assessment of peat profiles, natural variations in metal concentrations, and metal enrichment factors. *Environmental Review*, 41, 49–183.
- Shotyk, W. (2002) The chronology of anthropogenic, atmospheric Pb deposition recorded by peat cores in three minerogenic peat deposits from Switzerland. *Science of the Total Environment*, 292, 19–31.
- Sonesson, M. and Messerli, B. (eds) (2002). *The Abisko Agenda: Research for mountain area development*. *Ambio Special Report*, 11. Stockholm, Royal Swedish Academy of Sciences.
- Tóth, M, Magyari, EK, Buczkó, K, Braun, M, Panagiotopoulos, K, Heiri, O. (2015) Chironomid-inferred Holocene temperature changes in the South Carpathians (Romania). *The Holocene* 25:569–582.
- Troels-Smith, J. (1955) Karakterisering af Løse Jordarter. *Danmarks Geologiske Undersøgelse* 4(3):1–73.
- Weiss, D., Shotyk, W., Cheburkin, A.K., Gloor, M. and Reese, S. (1997): Atmospheric lead deposition from 12,400 to Ca. 2000 yrs BP in a peat bog profile, Jura mountains, Switzerland. *Water, Air and Soil Pollution* 100(3–4) 311–324.
- Weiss, D., Shotyk, W., Rieley, J., Page, S., Gloor, M., Reese, S. and Martinez-Cortizas, A., (2002) The geochemistry of major and selected trace elements in a forested peat bog, Kalimantan, SE Asia, and its implications for past atmospheric dust deposition. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 66(13) 2307–2323.
- Wood, GD, Gabriel, AM, Lawson, JC. (1996) Chapter 3. Palynological techniques – processing and microscopy. In: Jansonius J, McGregor DC, editors. *Palynology: Principles and Applications*. Dallas (TX): American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation. p 1:29–50.

5.A kutatási témában megjelent publikációk

5.1. Folyóirat

- Tapody, R.O.; Sümegi, P.; Molnár, D.; Karlik, M.; Töröcsik, T.; Cseh, P.; Makó, L. (2021) Sedimentological-Geochemical Data Based Reconstruction of Climate Changes and Human Impacts from the Peat Sequence of Round Lake in the Western Foothill Area of the Eastern Carpathians, Romania. *Quaternary* 4, 18.

Tapody R. O.; Törőcsik T.; Fekete I.; Sümegi B. P.; Sümegi P.(2019): Distribution and movement of watersoluble geochemical elements during environmental changes and hydroclimate variability in the Eastern Carpathians in Romania. *Archeometriai Műhely*, 16 (3). pp. 205-213. ISSN 1786-271X

Tapody, R.O; Gulyás, S.; Törőcsik, T.; Sümegi, P.; Molnár, D.; Sümegi, B.; Molnár, M. Radiocarbon-dated peat development: Anthropogenic and climatic signals in a Holocene raised mire and lake profile from the Eastern part of the Carpathian Basin. *Radiocarbon* 2018, 60, 1215–1226

5.2. Könyvrészlet

Tapody R. O.; Törőcsik T. (2020) A homoródszentpáli Kerek-tó környezeti rekonstrukciója szedimentológiai és geokémiai vizsgálatok alapján In: Törőcsik, T.; Gulyás, S.; Molnár, D.; Náfrádi, K. (szerk.) *Környezettörténet : Tanulmányok Sümegi Pál professzor 60 éves születésnapjára* Szeged, Magyarország : SZTE TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet pp. 495-505. , 11 p.

5.3. Konferencia kiadvány

Tapody, RO ; Karlik, M ; Sümegi, P ; Demény, A. (2019) Environment development of a Transylvanian peat bog derives from geochemical analysis In: Hatvani, IG; Tanos, P; Fedor, F (szerk.) *GEOMATES 2019. International Congress on Geomathematics in Earth-& Environmental Sciences Pécs, Magyarország* : Regional Committee of the Hungarian Academy of Sciences at Pécs (2019) p. 59 , 1 p.