

EGY ERDÉLYI TŐZEGLÁP KÖRNYEZETTÖRTÉNETI REKONSTRUKCIÓJA RÉSZLETES SZEDIMENTOLÓGIAI ÉS GEOKÉMIAI VIZSGÁLATOK ALAPJÁN

ENVIRONMENTAL HISTORY RECONSTRUCTION OF A TRANSYLVANIAN PEAT BOG DERIVES FROM DETAILED SEDIMENTOLOGY AND GEOCHEMICAL ANALYSIS

TAPODY RÉKA ORSOLYA²⁸ – KARLIK MÁTÉ²⁹ –
DEMÉNY ATTILA³⁰ – SÜMEGI PÁL³¹

Abstract

The Homoródszentpál Kerek-tó (Round Lake) is a Holocene peat bog deposition in the western foothill area of the Eastern Carpathians in Romania. This paper presents the result of geochemical analysis of the peat bog at Homoródszentpál Kerek-tó (Round Lake) and compared previous sedimentological and pollen analytical data.. The elemental composition was examined by XRF and six elements (Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K) were analysed in water extraction method using atomic absorption spectrometry AAS. The elemental distribution describes the paleoenvironmental and palaeohydrological changes and indicates the different evolution stages of the bog system. Through our results, water-soluble Fe and Mn could be linked to the mineral component of the sediment while the Ca shows biophilic origin. The Na, K and Mg show affinity both the organic and inorganic material. Total element content was determined by handheld XRF (X-ray fluorescence spectroscopy). We use major and trace elements (Fe, Mn, Ti, Si, Zr, P, S) to correlate the sediment matter and apply Fe/Ti, Mn/Ti and Mn/Fe ratios to interpret as indicators of changes in in situ redox conditions of the bog. Based on the sedimentation rate, we distinguished 3 sections from the Middle Neolithic to the Migration Period, in which the influence of human cultures gradually emerged around the lake.

Keywords: peat bog, geochemistry, AAS, XRF, environmental history

²⁸ PhD hallgató, Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani tanszék

²⁹ tudományos segédmunkatárs, Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet

³⁰ igazgató, Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet

³¹ tanszékvezető egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani tanszék

1. Bevezetés

A környezetföldtani elemzésekben kiemelten fontos szerepet töltenek be természetes üledékgyűjtő rendszerek (tavak, lápok, mocsarak) fejlődéstörténetének vizsgálatában. Az üledékgyűjtők legtöbbször olyan negatív exogeológiai formák, amelyek az idők során bennük felhalmozódott információk elemzésével komplex környezettörténet rekonstrukciót tesznek lehetővé (Sümeği 2001). A bennük megőrződött mikro- és makrofossziliák lehetővé teszik a talaj, vegetáció- és faunafejlődését, antropogén hatások helyi és regionális léptékű vizsgálatát (Sümeği et al. 2015.). Egy üledékgyűjtőben felhalmozódott üledékek nem csak térbeli, de egyben időbeli információkat is hordoz, amely rögzíti a felhalmozódott üledékek rétegbeli helyzetét is. Ezen ismeretek begyűjtése, és kiértékelése különböző tudományterületek interdiszciplináris együttműködésével jöhet létre. A finomrétegtani mintavétel és annak feldolgozása és összevetése Birks-féle nemzetközi negyedidőszaki paleoökológiai vizsgálati rendszer komplex őskörnyezeti rekonstrukciót tesz lehetővé (Galliard & Birks 2007). Paleobotanikai, archeológiai, üledékföldtani, geokémiai és kormeghatározási módszerek mind-mind egy újabb fejezetét tárja fel a környezetfejlődésnek. A geokémiai vizsgálaton alapuló üledékgyűjtő-vízgyűjtő rendszer rekonstrukciója Mackereth (1966) nevéhez fűződik, aki először ismerte fel, hogy az üledékgyűjtő környezetét érő erózió intenzitása és a finomszemcséjű üledékből vízöblítés során kioldódott ionok és kolloidok formájában szállítódhatnak, majd az üledékgyűjtőben halmozódnak fel.

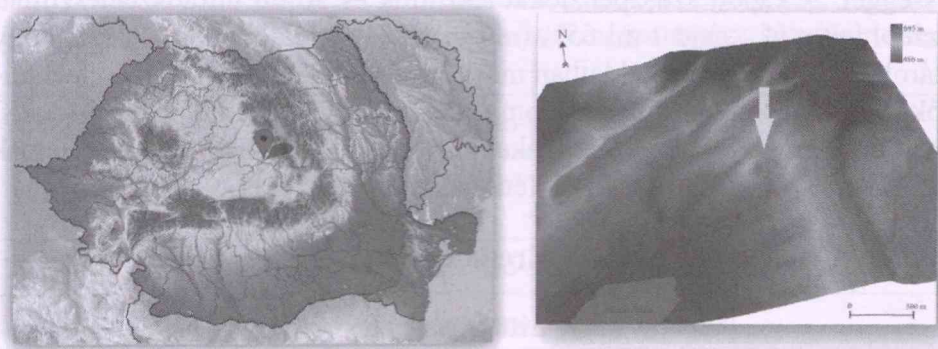
A tanulmány „*A középkori Kárpát-medence környezettörténete*” elnevezésű OTKA pályázat (K-112318) része, mely célul tűzte ki a Székelyföld honfoglaláskori és Árpád-kori környezettörténeti feltárását. A kutatás a MTA Régészeti Intézet és az SZTE Földtani és Őslénytani Tanszék közös projektjeként valósult meg, ahol középkori rétegeket tartalmazó üledékgyűjtő medencék, mindenek előtt lápok, tavak, köztük középkori halastavak feltárását célozta meg. Történelmi források és a középkori faluhálózat alapján ismert volt, hogy a honfoglalás kori és az Árpád-kori betelepülési hullámok Erdélyben egy jól lehatárolható térbeli szerkezetet mutattak, mivel elsősorban a folyóvölgyek, másodsorban pedig 200–700 méter közötti dombsági, közep-hegységi zóna alacsonyabb magasságú területeit telepítették be. Ezért olyan üledékgyűjtő medencéket kellett kiválasztani, amelyek ezeknek a magassági kritériumoknak is megfeleltek. Így került sor 2015 nyarán Homoródszentpál mellett elhelyezkedő Kerek-tó kiválasztására.

A homoródszentpáli Kerek-tó, a Kelet-Kárpátokban a Hargiatai hegység előterében a Homoródi-dombságban helyezkedik el, 547 m tengerszint feletti

magasságban. Az egykori tó területe megközelítőleg 2-3 hektár, mely Homoródszentpáltól 2 km-re ÉK-i irányban található. Az alapkőzet harmadidőszaki kőzetlisztes agyag, ami felett negyedidőszaki andezit tufa és tufit réteg fed (Szakács and Seghedi, 1995; Pécskay et al., 1995). A tó hepe tavi mencedéje suvadás nyomán alakult ki amit délről hupa orom zár le. (Vanderberghe et al., 2014; Ruszkiczay-Rüdiger és Kern, 2016; Tapody, 2016; Tapody et al., 2018).

1. ábra: A homoródszenpáli Kerek-tó helye és környezetének 3D-s modellje

Fig. 1. SMRT map of the Transylvania within the studied site (Round Lake at Sântpaul) and the location of core site on the 3D map.



A mintázás során 560 cm hosszú fúrómag került kiemelésre, mely nem érte el a tó fekü szintjét. A radiokarbonvizsgálatok szerint a kiemelt rétegsor legalsó szintje 7500 cal BP éves. A rétegsor fejlődését és szedimentológiai felépítését tekintve két fő szakaszra lehet elkülöníteni. Az also 560 cm-től 102 cm-ig egy lápi fázist és a felette elhelyezkező (102 cm) tavi fázist. A lápi szakasz 7500 cal BP-től a középkor végéig 560 cal BP évig fejlődött.

2. Anyag és módszer

Az egykori tó közepén Orosz fejes fúrót alkalmazva egy 560 cm hosszú, zavartalan fúrómag lett kiemelve. Az üledékmagot szedimentológiai, geokémiai, pollen és radiokarbonos kormeghatározásnak vetettük alá. Ez a tanulmány az egykori láp illetve tó geokémiai adatok részletezésére és elemzésére törekszik, összehasonlítva korábban már publikált eredményekkel (Tapody et al., 2018). A litológiai leíráshoz a Troels-Smith (1955) rendszert használtuk, amely a nem konszolidált üledékekre lett kifejlesztve. Rendszerének lé-

nyege, hogy a negyedidőszaki tavi, mocsári és lápi üledékeket egy meghatározott számú komponens keverékének tekintette és genetikájuk szerint 6 kategóriába csoportosította. A geokémiai analízishez 4 cm-es intervallummal vettünk mintát. Az általunk használt módszer Dániel Péter (2004) ötlépcsős extrakciós módszerének első lépése, a vizes kioldás. A vizes kioldás lényege, hogy az üledék nem roncsolódik, tehát nem tárja fel sem az ásványi szemcséket sem a növényi maradványokat, hanem azok felületén kolloidálisan megtapadt vízdoldható elemeket kapunk információt (Dániel, 2004). Az általunk vizsgált Mn, Fe, Ca, Mg, Na, K elemek információt adnak a paleo-környezeti és paleohidrológiai változásokról. A mintákat kézimozsárral homogenizáltuk és 105 ° C-on 24 órán át szárítottuk, majd 1,0 g mintához 100 ml ultratiszta desztillált vizet adtunk. A mintákat 6 órán át rázattuk 160 fordulat / perc sebességgel. A kapott szuszpenziókat leszűrjük és 50 ml ultratisztadesztillált vízzel hígítottuk, majd 1 ml 65% (m / m) HNO³-oldatot adunk hozzá, hogy a tárolás alatt az elemek oldatban maradjanak (Dániel, 2004). A koncentrációkat Perkin-Elmer 100 AAS atomadszorpciós spektrofotométerrel (AAS) határoztuk meg. Továbbá a mintákat alávetettük kézi XRF-es vizsgálatnak is, amely a teljes elemtartamat feltérképezésére alkalmas.

3. Eredmények

3.1. Litosztaigráfia

A tőzeg felépítése az egész szekvenciában változatos, főként sás és nád nád tőzeg építi fel (60-70%-os szervesanyagtartalommal), viszont lehatárolható két szakasz, 510-530 cm és 320-362 cm között, amikor a tőzeget *Sphagnum* moha alkotta (90%-os szervesanyag tartalommal). A felső 102 cm a tavi feltöltődés üledékanyaga alkotja, ami karbonáttartalmú finomszemcsés üledék 90% feletti szervesanyag tartalommal.

3.2. Ülepedési ráta

Az ülepedési ráta modellt a mélység/kor függvényében Bayes analízissel állítottuk elő (Bronk Ramsey 2009). A modell alapján 3 behordódási ciklust különítettünk el. A Zone 1: (547-388 cm) 7500 és 500 cal BP év között az üledék szervesanyag tartalma 90% feletti, a lombhullató erdők pollenaránya pedig 60% feletti. Az ülepedési ráta 0.65 mm/ év, a láp feltöltődését a biogén akumuláció, azaz a lápi növényzet növekedése és tőzegesedése látta el.

1. táblázat: Kerek-tó rétegsorának litológiai leírása.

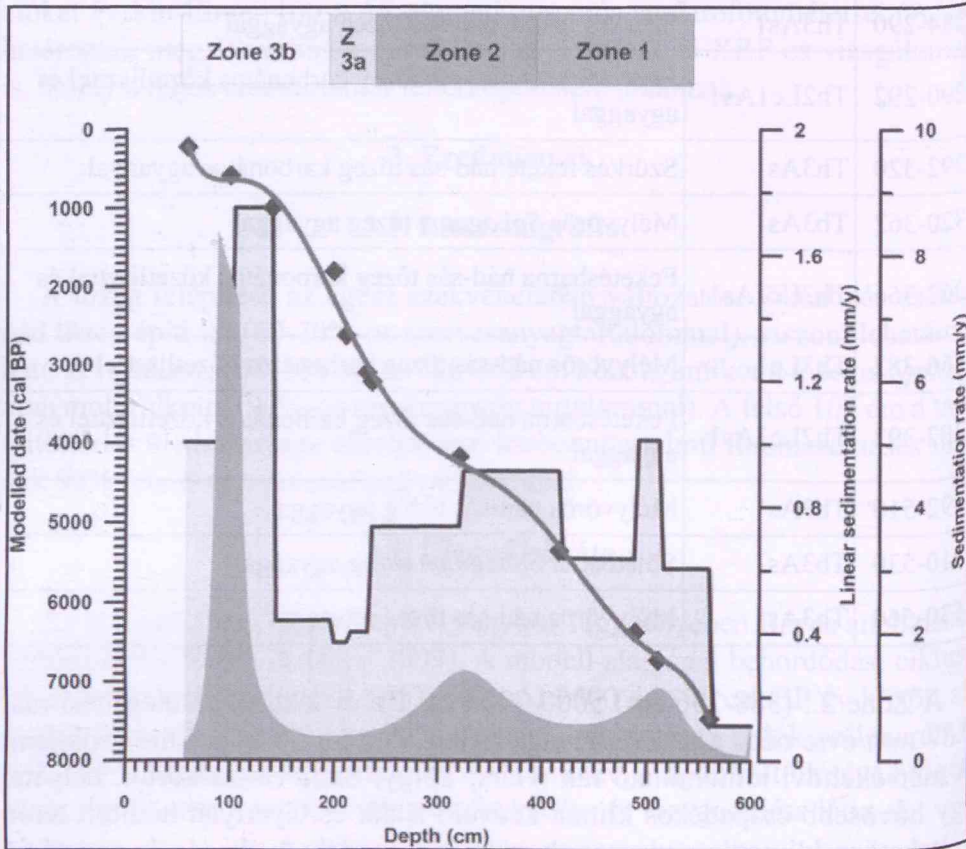
Table 1. Lithology of the Round lake sediment core

Mélység (cm)	Troel-Smith kategória	Litosztatigráfia
0-102	Lc1As3	Szürkésvörös karbonátos kőzetlisztes taviiszap
102-198	Lc1Th1As2	Sötétbarna karbonátos kőzetlisztes taviiszap limonit foltokkal
198-254	Th2Lc1As1	Feketésbarna nád-sás tőzeg karbonátos kőzetliszttel és agyaggal
254-260	Th3Lc1	Feketésbarna nád-sás tőzeg karbonátos kőzetliszttel
260-284	Th2Lc1As1	Feketésbarna nád-sás tőzeg karbonátos kőzetliszttel és agyaggal
284-290	Th3As1	Szürkés fekete nád-sás tőzeg agyaggal
290-292	Th2Lc1As1	Feketésbarna nád-sás tőzeg karbonátos kőzetliszttel és agyaggal
292-320	Th3As1	Szürkés fekete nád-sás tőzeg karbonátos agyaggal
320-362	Tb3As1	Mélyvörös <i>Sphagnum</i> tőzeg agyaggal
362-366	Th2Lc1As1	Feketésbarna nád-sás tőzeg karbonátos kőzetliszttel és agyaggal
366-382	Th3Lc1	Mélyvörös nád-sás tőzeg karbonátos kőzetliszttel
382-392	Th2Lc1As1	Feketésbarna nád-sás tőzeg karbonátos kőzetliszttel és agyaggal
392-510	Th3As1	Mélyvörös nád-sás tőzeg agyaggal
510-530	Tb3As1	Sötétbarna <i>Sphagnum</i> tőzeg agyaggal
530-560	Th3As1	Mélyvörös nád-sás tőzeg agyaggal

A Zone 2.: (388-236 cm) 5000-3200 cal Bp év között, az ülepedési ráta 0.87 mm/évre nőtt, a szervesanyagtartalom viszont 50% körülire csökkent. A mérsékeltövi lombhullató fák (Hárs, Tölgy, Szil) visszaszorult, helyette egy hűvösebb csapadékos klímát kedvelő Bükk és Gyertyán hódított teret. Feltehetően klimatikus viszonyok miatt a csapadéknövekedés és vegetáció változás okozta a láp medencéjében megnövekedett szervesanyagtartalmat, ami fokozatosan ment végbe. A Zone 3-at két szakaszra bontottuk. A Zone

3a: (236-199 cm) 3200-1900 cal Bp év között az ülepedési ráta visszaesett 0,43 mm/évre és elérte a legalacsonyabb rátát 211-199 cm között 0,15 mm/év. Ennek oka feltehetőleg a láp medencéjének feltöltődése és a befogadóképességének csökkenése. A Zone 3b: (felső 200 cm) viszont a feltöltődés drasztikusan megnő 1,15 mm/évre, 1900-900 cal BP év) ami a népvándorlás és a Honfoglalás idejére esik. A lombhullató erdők drasztikusan lecsökkennek és megnőtt a fűfélék és a gabonanövények pollenjei. Ebben a szakaszban mutatható ki leginkább az emberi hatás, ami előidézte a láp környezetének teljes átformálását, a lombhullató erdők kitermelését követően szántókat és legelőket alakítottak ki a láp környezetében. 100 cm-nél indul meg egy tavi fázis ami a középkorban kialakított halas tó, ennek feltöltődése zárja le a rétegsort.

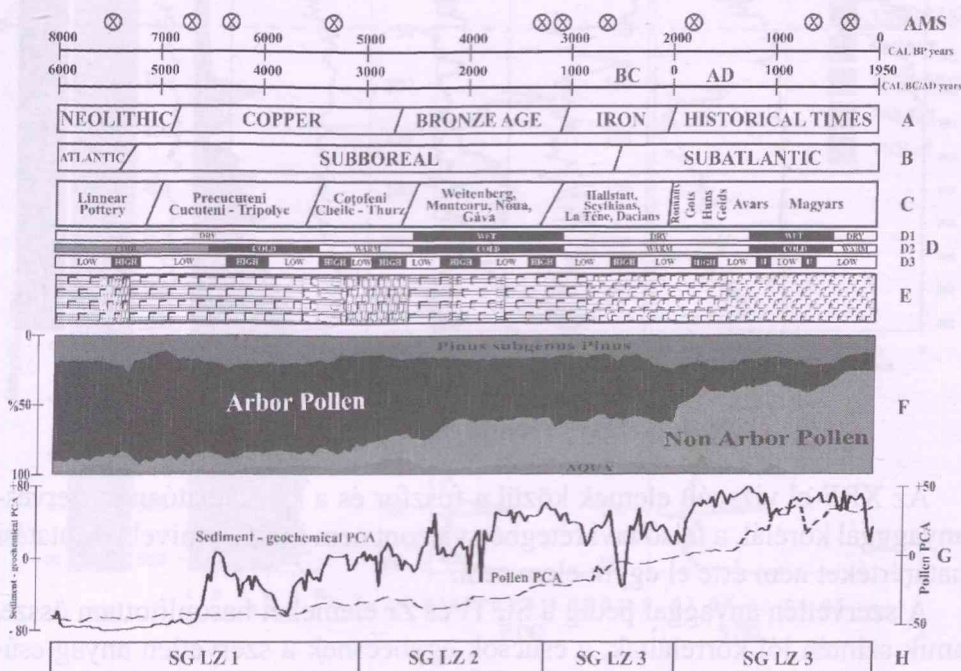
2. ábra: A Kerek-tó ülepedési ráta modelje
Fig. 2. Sediment rate model of the Round Lake



Forrás: Tapody et al. (2018)

3. ábra: Összesített ábra, emberi és klíma környezet paleoekológiai és paleoklíma eredmények alapján

Fig. 3. Summary of human and climatic environment in the context of paleoecological, and paleoclimatological data



Forrás: Tapody et al. (2018)

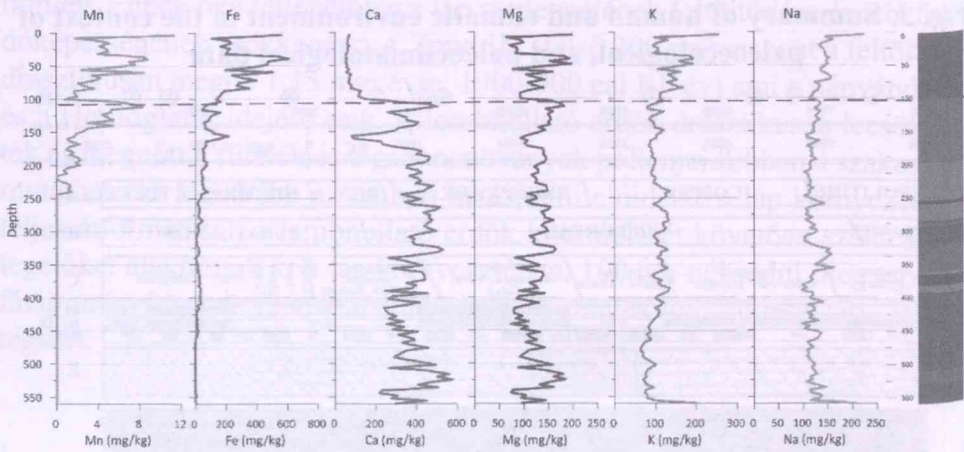
3.3. Vízdíható elemtartalom

A vízdíható elem közül a vas(Fe) és mangán (Mn) hasonló tendenciát mutat az egész szakaszban, hasonló képp a K és Na is egymáshoz viszonyítva. A magasabb K-tartalmat a felső 104 cm-ben rögzítik. Jelentős csúcsokat detektálunk 40-48 cm között, ami hasonló a Fe, Mn és Mg csúcsokhoz. A legnagyobb Na-koncentrációkat 256-260 cm, 334-366 cm és 532-536 cm mélységben regisztráltuk.

A Ca és Mg koncentrációja a mag alapjától a 112 cm-ig hasonló eloszlású. 112 cm mélységben a Ca koncentráció hirtelen csökkent, és a mag teljes felső szakaszában alacsony értékekben marad. Ca-tól eltérően, a felső rész Mg-tartalma korrelál a Fe és Mn eloszlással. Érdekes, hogy a Ca és a Mg a tőzegben korelálnak egymással, míg a tavi szakaszban a Ca hirtelen lecsökken, míg a Mg csúcsai a vashoz és a mangánhoz hasonló.

4. ábra: Vízoldható elemtartalom a rétegsorban

Fig. 4. Concentration of the Water-soluble element in the core section



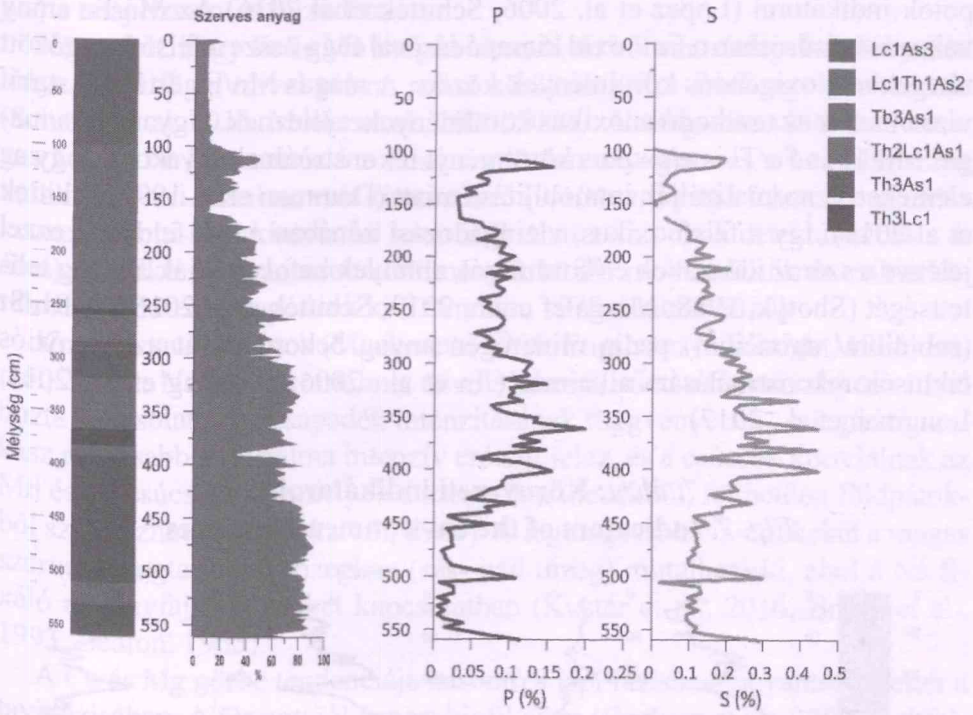
3.4. XRF-es elemtartalom vizsgálat

Az XRF-el vizsgált elemek közül a foszfor és a kén láthatóan a szerves anyaggal korelál, a felső tavi rétegben viszont nem jelenik, mivel kimutatási határértéket nem érte el egyik elem sem.

A szerves anyaggal pedig a Si, Ti és Zr elemeket hasonlítottam össze, amik szintén jól korreláltak, a csúcsok egybeesnek a szerves anyag csúcsaival. Az Si (szilícium) a tőzegben egyrészt az ásványi szemcsékből, másrészt a növényi opalitokból eredhet. A Ti (titán) allogen eredetű litogén anyag, ami viszont kizárólag a szerves ásványi szemcsékből jut a lópban és immobilis a tőzegben (Muller et al. 2006, 2008, Schittek et al. 2015). Az Si/Ti hányadost a biogén szilikátok (pl.: növényi opalitok) és ásványi szilikátok megkülönböztetésére alkalmazzák, de utalhat szemcseméret növekedésére is (Schittek et al. 2015). A Zr (cirkónium) a Ti-hez hasonlóan szintén ásványi eredetű és a kémiai mállással szemben nagy az ellenálló képessége, így nehezen mobilizálódik. (Shotyk et al. 2002).

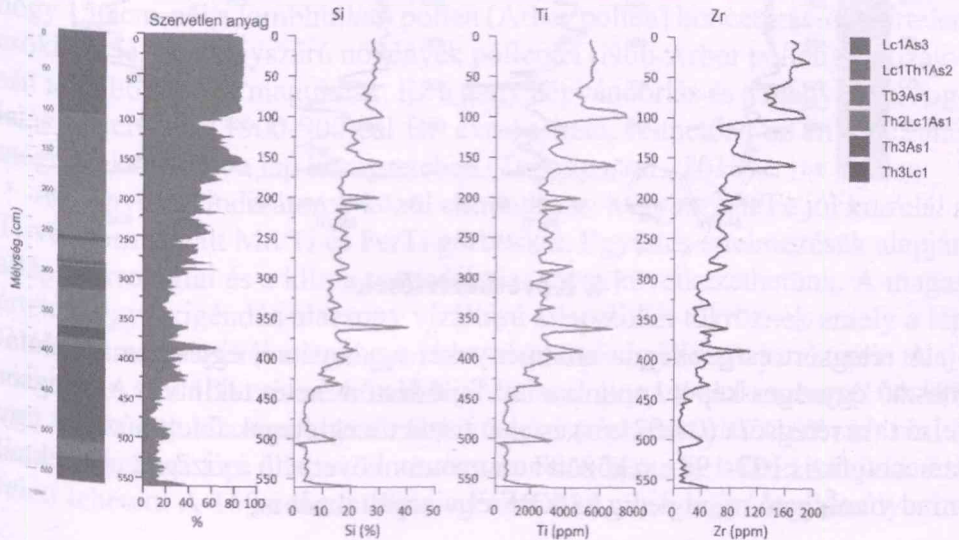
5. ábra: A szervesanyaggal koreláló foszfor és kén tartalom

Fig. 5. The phosphorous and sulfur correlation with the organic matter



6. ábra: A szervesanyaggal koreláló szilícium, titán és cirkónium

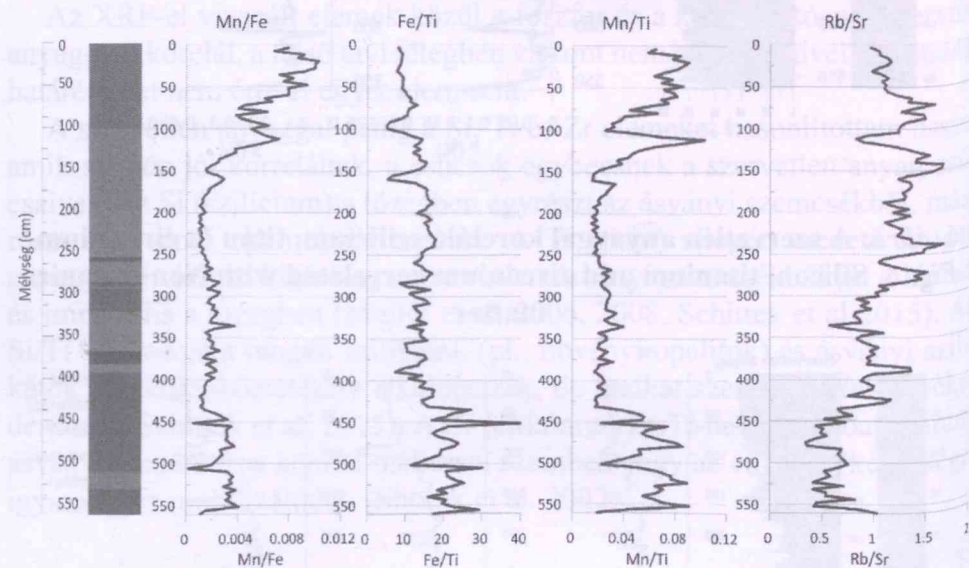
Fig. 6. Silicon, titanium and zirconium correlated with Non-organic matter



Az XRF-es vizsgálat néhány eleme hányadosként alkalmazva jól alkalmazható környezeti indikátorként. Mn/Fe és Fe/Ti egyrészt paleoredox állapotok indikátorai (Lopez et al. 2006, Schittek et al 2016) Az Mn/Fe arány változása elsősorban a Fe^{3+} oxid kicsapódásával függ össze a felső levegőzött rétegekben, oxigéndús körülmények között. A magas Mn/Fe értékek, stabil vízszintet és az uralkodó anoxikus körülményeket jeleznek. Ugyan így a magas Mn/Ti és Fe/Ti is anoxikus körülményt rekonstruálnak, gyakori, hogy az elemeket Ti normalizálják immobilitása miatt. (Damma et al. 1992, Schittek et al 2016). Így a felső oxikus, vízingadozási zónában a vas feldúsul, ezzel jelezve a száraz időszakok előfordulását, amelyek befolyásolják a tőzeg telítettségét (Shotyk, 1988; Margalef et al., 2013, Schittek et al 2016). A Rb/Sr (rubídium/ stroncium) pedig minerogén anyag behordódását azaz eróziós ciklusok rekonstruálására alkalmas (Jin et al., 2006; Vasskog et al., 2011, Longman et al . 2017)

7. ábra: Környezeti indikátorok

Fig. 7. Indicators of the environmental changes



4. Következtetések

A rétegsort és geokémia eredményeket egybevetve, egy egymást alátámasztó egységes képet kapunk a lúp fejlődéstörténetét tekintve. A rétegsor felső tavi rétegsora (0-102 cm) és alsó tiszta tőzegrétegek felett húzódik egy átmeneti fázis 102-198 cm között ami nyomonkövethető a vizsgált elemeknél mind vízoldható mind pedig az XRF-el vizsgáltaknál is.

A vízdoldható elemek szignifikáns változást mutatnak a tőzeg és a tófázis között körülbelül 104 cm-rel, ahol egyébként a mintavétel idején (2015. május) a talajvízszint is húzódott.

Köztudott, hogy Fe és Mn litogén elemek, de koncentrációjuk a környezeti tényezőktől függ, mivel pH-ra, redox körülményekre érzékenyek, mobilisak (Schitteck et al. 2015, Muller et al., 2006, 2008). A rétegsorban kimutatott magas Mn és Fe koncentráció a felső szervesetlen anyagban és a homokfrakciót tartalmazó tavi fázisban volt kimutatható (0-104 cm) majd fokozatosan csökkenve 450 cm-alatt kimutatási határérték alatt nem voltak detektálhatóak (.4. ábra). Mindkét elem anaerob körülmények között mobilizálódik és oxikus körülmények között csapódnak ki (Damman, 1978; Shitteck 2015).

Korábbi tanulmányok (Mackereth, 1966; Engström és Whright, 1984; Daniel, 2004) a Na, K, Mg tartalmat mind a kémiai, mind a fizikai talaj erózióval hozta kapcsolatba az csapadék intenzitásának függvényében. A legfelső szakasz magasabb K-tartalma intenzív eróziót jelez, és a csúcsok korrelálnak az Mn és Fe csúcsokkal, amelyek a szervesetlen üledékből, feltehetően földpátokból származhatnak (Mackareth, 1966). A legmagasabb Na-értékeket a magas szervesanyagtartalmú tőzegben (sás- nád tőzeg) mutatható ki, ahol a Na fi xáló növényfajtákkal lehet kapcsolatban (Kustár et al., 2016, Braun et al., 1993, Beaton, 1965).

A Ca és Mg görbe tendenciája hasonló a lápi fázisban, ugyanakkor eltér a tavi fázisában. A Ca egy jól ismert biofil elem (Gorham et al., 2005), sejtfalképző és szilárdító funkciója van, amely körülbelül 0,5% tesz ki a növények a szárazanyagában (Batty és Younger, 2004). Jól látható hasonlóság van a Ca-koncentráció és az lomhullató pollenkoncentrációk között, amelyek a lehullott levelökből mosódhatott be az üledékgyűjtő medencébe. Jól látható, hogy 150 cm-nél a lombhullató pollen (Arbor pollen) koncentrációja hirtelen csökkent le, és a lágyszárú növények pollenjei (Non-Arbor pollen) fokozatosan teret hódítottak maguknak. Ez a nagy népvándorlás és a magyar honfoglalás idejére (kb. 1900-900 cal BP évre) tehető, feltehetően az emberi hatás megnövekedhetett a láp környezetében (Tapody et al., 2018).

A környezeti indikátorok közül elmondható, hogy az Mn/Fe jól korrelál a Ti-vel normalizált Mn/Ti és Fe/Ti görbékkel. Együttes értelmezésük alapján a láp hidrrológiai és a klíma csapadékviszonyai következtethetünk. A magas értékek egy oxigéndús alacsony vízállású állapotokat tükröznek amely a láp felső tavi szakaszánál a legnagyobb, a visszaesés egybeesik az aktuális talajvízszinttel ami 104 cm-nél húzódott. Alatta az átmeneti szakaszban (104-198 cm) ismét egy alacsonyabb vízállású szakasz lehetett (102-160 cm) ami a tavat megelőző lápi állapot, a növényzet felső része az akkori talajvízszint felett lehetett. A 160 cm-től lefele egészen 430 cm-ig egy kiegyensúlyozott

vízháztartása volt a lápnak, ez lehetett csapadékosabb időszak vagy a vegetáció által biztosított mikroklíma következménye is. A Rb/Sr az eróziós ciklusokat hivatottak rekonstruálni, amiről elmondható egy felfelé növekvő ásványi behordódás. A görbe lefutásában elkülöníthető három nagyobb szakasz is ami részben harmonizál az ülepedési ráta modell által kirajzolt felhalmozódási ciklusokkal. A nagyobb ciklusokon belül viszont több kisebb ciklust lehet azonosítani ami az éles Rb/Sr görbe csúcaiban lehet nyomonkövetni. Ez alapján elmondható, hogy a láp üledékgyűjtője az elmúlt 7500 év során folyamatosan töltődött fel egyrészt a tőzeganyaggal, másrészt a környezet eróziója által behordódott ásványi anyagokkal, melyek több kisebb ciklus eredményeként adódott össze.

Felhasznált irodalom

- Batty, L. C., 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.
- Beeton A.M. (1965): Eutrophication of the St. Lawrence Great Lakes. *Limnology and Oceanography*, 10, 240–254
- Braun M., Sümegi P., Szűcs L., Szőőr Gy. (1993): A kállósemjéni Nagy–Mohos láp fejlődéstörténete (Lápképződés emberi hatásra és az ősláp hipotézis). Jósza András Múzeum Évkönyve, 33–35, 335–366 (in Hungarian)
- Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337–360.
- Damman, A. W. H. (1978): Distribution and movement of elements in ombrotrophic peat bogs. *Oikos*, 30, 480–495, 1978.
- Damman, A. W. H., Tolonen, K., Sallantausta, T. (1992): Element retention and removal in ombrotrophic peat of Hadetkeidas, a boreal Finnish peat bog. *Suo*, 43, 137–145.
- Dániel, P., (2004): Geochemical analysis. In: Sümegi, P., Gulyás, S. (eds.) *The Geohistory of Bátorliget Marshland*. Archaeolingua Press, Budapest, 52–57.
- Engström, D. R., and H. E. Wright, Jr. (1984): Chemical stratigraphy of lake sediments as a record of environmental change. In: Haworth, E.Y., J. W. G. Lund, (eds.) *Lake sediments and environmental history*. University of Minnesota Press, Minneapolis, Minnesota, USA, 11–69.
- Gaillard, M-J. - Birks, H. H. (2007): Paleolimnological applications. In: Elias, S. A. (ed.) *Encyclopedia of Quaternary Science*, Vol. 3. Elsevier. 2337–2355.p.
- 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.

- Jin, Z.D., Cao, J.J., Wu, J.L., Wang, S.M., (2006): A Rb/Sr record of catchment weathering response to Holocene climate change in Inner Mongolia. *Earth Surface Process. Landforms* 31, 285-291.
- 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.
- Lopez, P., Navarro, E., Marce, R., Ordoñez, Caputo, L., Armengol, J. (2006): Elemental ratios in sediments as indicators of ecological processes in Spanish reservoirs. *Limnetica*, 25, 499–512,
- Kustár, R., Molnár, D., Sümegi, P., Töröcsik, 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.
- Mackereth, F. J. H. (1966): Some chemical observation on post glacial lake sediments. *Phylosophical Transaction of the Royal Society of London, B* 250, 165-213.
- Margalef, O., Cañellas-Boltà, N., Pla-Rabes, S., Giralt, S., Pueyo, J. J., Joosten, H., Rull, V., Buchaca, T., Hernández, A., ValeroGarcés, B. L., Moreno, A., Sáez, A. (2013): A 70 000 year multiproxy record of climatic and environmental change from Rano Aroi peatland (Easter Island). *Global and Planetary Change*, 108, 72– 84.
- 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, 269–277.
- Muller, J., Kylander, M., Wüst, R.A.J., Weiss, D., Martinez-Cortizas, A., LeGrande, A.N., Jennerjahn, T., Behling, H., Anderson, W.T., Jacobson, G., (2008): Possible evidence for wet Heinrich phases in tropical NE Australia: the Lynch's Crater deposit. *Quaternary Science Reviews*, 27, 468–475.
- Pécskay Z, Edelstein, O, Seghedi ., Szakacs A, Kovacs M, Crihan M, Bernad A. 1995. K-Ar datings of Neogene-Quaternary calc-alkaline volcanic rocks in Romania. *Acta Vulcanologica*, 7, 53-62.
- Ruszkiczay-Rüdiger, Z, Kern, Z. (2016): Permafrost or seasonal frost? A review of paleoclimate proxies of the last glacial cycle in the East Central European lowlands. *Quaternary International*, 415, 241–252.
- Szakács, A., Seghedi, I. (1995): The Cilimani-Gurghiu-Harghita volcanic chain, East Carpathians, Romania: volcanological features. *Acta Vulcanologica*, 7,145-153.
- Schittek, K., Forbriger, M., Mächtle, B., Schäbitz, F., Wennrich, V., Reindel, M., and Eitel, B. (2015): Holocene environmental changes in the highlands of the southern Peruvian Andes (14° S) and their impact on pre-Columbian cultures, *Climate of the Past*, 11, 27–44

- Schittek, K., Kock, S.T., Lücke, A., Hense, J., Ohlendorf, C., Kulemeyer, J.J., Lupo, L.C., Schäbitz, F., (2016): A high-altitude peatland record of environmental changes in the NW Argentine Andes (24 S) over the last 2100 years. *Climate of the Past*, 12, 1165–1180.
- Shotyk, W. 1988. Review of the inorganic geochemistry of peats and peatland waters, *Earth-Science Reviews*, 25, 95–176.
- 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.
- Sümegei Pál (2001): *A negyedidőszak földtanának és ökoszisztémájának alapjai*. JATEPress, Szeged. 262. p.
- Sümegei P., Jakab, G., Náfrádi, K., Töröcsik, T., Gulyás, A., Bede, Á. (2015): Antropogén és természetes üledékgyűjtő rendszerek elemzésének jelentősége a komplex archeobotanikában. In: Töröcsik, T., Náfrádi, K., Sümegei, P., (szerk.) *Komplex archeobotanika*. GeoLitera Kiadó, Szeged, 23-60. p.
- Sümegei, P., Jakab, G., Majkut, P., Töröcsik, T., Zatykó, Cs. (2009): Middle Age paleoecological and paleoclimatological reconstruction in the Carpathian Basin. *Időjárás*, 113, 265-298.
- Sümegei, P., Domjáné-Nyizsalovszki R., Töröcsik, T., Benyó-Korcsmáros, R., Náfrádi, K., Sümegei, B.P. (2019): Utolsó 2000 évre vonatkozó éghajlati rekonstrukció összehasonlító tőzeglápi vizsgálatok alapján a siroki Nyírjes-tóról (Észak-Magyarország): adalékok Sirok tájtörténetéhez. In: Tamás, E., Kókai, S. (szerk.) *Kárpát-Pannon térség: tájak, népek, tevékenységek: Tanulmányok Frisnyák Sándor professzor 85. születésnapjára*, Magyar Nemzeti Múzeum Rákóczi Múzeuma, Nyíregyháza – Sáropataki, 317-341.
- Sümegei, P. Jakab, G., Töröcsik, T., Náfrádi, K., Novák, Zs., Sümegei, B.P., Király, B.G., Takács, G., Ilon, G. (2020): Sopron környékének vegetáció fejlődése az utolsó 2000 évben. *Gömöri János 70 éves köszöntő kötete*, Soproni Szemle, Monográfia, Soproni Múzeum Kiadványa, 43-79.
- Tapody, R.O. (2016):. The late Quaternary sediment-based environmental history of a peat-bog from Transylvania [MSc thesis]. University of Szeged. p 41.
- Tapody, R.O, Gulyás, S., Töröcsik, T., Sümegei, P., Molnár, D., Sümegei, B., Molnár, M. (2018): Radiocarbon-dated peat development: Anthropogenic and climatic signals in a Holocene raised bog and lake profile from the Eastern part of the Carpathian Basin. *Radiocarbon*, 60 (4), 1215-1226.
- Troels-Smith, J. (1955): Characterization of unconsolidated sediments (in Danish). *Danmarks Geologiske Undersøgelse* 4(3), 10
- Vandenberghe, J, French, HM, Gorbunov, A, Marchenko, S, Velichko, AA, Jin, H, Cui, Z, Zhang, T, Wan, X. (2014): The Last Permafrost Maximum (LPM) map of the Northern Hemisphere: permafrost extent and mean annual air temperatures, 25–17 ka BP. *Boreas*, 43(3), 652–666.
- Vasskog, K., Nesje, a., Storen, E.N., Waldmann, N., Chapron, E., Ariztegui, D., (2011): A Holocene record of snow-avalanche and flood activity reconstructed

from a lacustrine sedimentary sequence in Oldevatnet, western Norway. Holocene 21, 597-614.

Összefoglalás

A homoródpáli Kerek tavat az elmúlt 7500 év során változatos környezet és felépítés jellemezte. A felső 102 cm egy tavi fázis amely a középkorban (582 +/- 32 cal BP év) kialakított halastó eredménye. Az alatta húzódó közel 6500 éves tőzegrétegek változatos, legfőképp sás és nád építi fel két Sphagnum szint kivételével. A lápot a népvándorlás korának beköszöntéig egy dús többnyire zárt lombhullató erdő vette körül, amely nagyban befolyásolta a láp vízháztartását, mikroklímáját, valamint a növényzet nagyban befolyásolta az szerves ésszervet anyagok akkumulációját és ennek következtében kialakult elemtartalom változásokat is. Összeségében elmondható, hogy a lombhullató fás vegetáció megléte alatt magas Ca tartalom volt jellemző a lápban, az rétegsort 60-90%-os szervesanyagtartalom építette fel, szervesetlen ásványi anyag rövid ciklusokban főleg finom üledék formájában (agyag és kőzetliszt) került az üledékgyűjtőben. A Kárpát-medence egészét átfogó vizsgálatok alapján (Sümegei et al. 2009, 2019, 2020) a népvándorlás kor jelentős részén kiegyenlített csapadékeloszlás jelentkezett évszázados felbontási szintben, és a homoródszentpáli Kerek-tóban kialakult láp kiegyensúlyozott vízháztartása ebben a régészeti korban is ezt támasztja alá. A népvándorlás végén, és a honfoglalás időszakában a fás vegetáció drasztikusan visszaszorult, ehhez a változáshoz társulva megjelentek a fűfélék és gabonanövények pollenjei, amelyek már egyértelműen emberi hatásnak tudható be. Bár az eredmények további elemzésekre és értelmezésekre szorulnak, azt minden bizonnyal kijelenthetjük, hogy a Kerek-tó környezetének átalakulását az elmúlt 2000 ezer évben legfőképp az emberi hatás okozhatta, nem pedig természetes folyamat.

Kulcsszavak: láp, geokémia, AAS, XRF, környezettörténet

1. Bevezetés

A változatos környezet kialakulását a környezeti változások és a társadalmi változások között, az emberi hatások, hogy a környezeti változások a társadalmi változások kialakulását okozták, és az emberi hatások a környezeti változások kialakulását okozták. A környezeti változások a társadalmi változások kialakulását okozták, és az emberi hatások a környezeti változások kialakulását okozták. A környezeti változások a társadalmi változások kialakulását okozták, és az emberi hatások a környezeti változások kialakulását okozták.