KÖRNYEZETTÖRTÉNET

Tanulmányok sümegi Pál professzor 60 éves születésnapi köszöntésére

Szerkesztette
Törőcsik Tünde – Gulyás Sándor – Molnár Dávid – Náfrádi Katalin

GeoLitera
HU ISSN 2060-7067

Kiadó

SZTE TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet

Sorozatszerkesztő

Pál-Molnár Elemér

A sorozat szerkesztőbizottsága

Kovács Zoltán
M. Tóth Tivadar
Sümegi Pál
Unger János

A GeoLitera sorozat köteteinek grafikai terve Jacob Péter és Pál-Molnár Elemér munkája

Címlapfotó: Fosszilis Neostyriaca corynodes fajhoz tartozó egyed a basaharci téglagyár középső-pleisztocén löszös üledékéből (Fotó: Sümegi Pál, 1990)

KÖRNYEZETTÖRTÉNET

Tanulmányok sümegi Pál professzor 60 éves születésnapi köszöntésére

---

Szerkesztette
Törőcsik Tünde – Gulyás Sándor – Molnár Dávid – Náfrádi Katalin

GeoLitera
SZTE TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet
Szeged, 2020

KŐHÁTI MEANDER-BARLANG KÖRNYEZETTÖRTÉNETI KUTATÁSA

Lengyel János
Myotis Barlangkutató, Természetjáró és Természetvédő Egyesület, Budapest
e--mail: lengyel.jano@gmail.com

Szakál Edit
Szegedi Tudományegyetem TTIK Földtani és Őslénytani Tanszék, Szeged Egyetem
e-mail: szakaledit95@gmail.com

Baráz Csaba
Bükki Nemzeti Park Igazgatósága, Eger
e-mail: BarazCs@bnpi.hu

Dudás György
Bükki Nemzeti Park Igazgatósága, Eger
e-mail: DudasGy@bnpi.hu

Holló Sándor
Bükki Nemzeti Park Igazgatósága, Eger
e-mail: HolloS@bnpi.hu

Ferenczy Gergely
Bükki Nemzeti Park Igazgatósága, Eger
e-mail: FerenczyG@bnpi.hu

Magos Gábor
Bükki Nemzeti Park Igazgatósága, Eger
e-mail: MagosG@bnpi.hu

Sümegi Balázs Pál
Szegedi Tudományegyetem TTIK Földtani és Őslénytani Tanszék, Szeged Egyetem

Törőcsik Tünde
Szegedi Tudományegyetem TTIK Földtani és Őslénytani Tanszék, Szeged Egyetem
e-mail: t.torocsik@geo.u-szeged.hu

Vári Tamás Zsolt
Szegedi Tudományegyetem TTIK Földtani és Őslénytani Tanszék, Szeged Egyetem
e-mail: varitamaszsolt@gmail.com

A 2010-es években kezdődött el a Bükk-hegységben található Kőháti Meander-barlangnak a feltárása, melynek eredményeképpen az addig főként vízszinteshez közeli kiterjedésű barlang járatainak folytatásában ma már kb. 30 m mély, aknaszerűen feltárt barlangi szakasz került kialakításra. A függőleges aknabarlang-szakaszt teljes egészében üledék töltötte ki. A kutatás során tanúfalak lettek visszahagyva, amelyek sztratigráfiai feldolgozása vártak. Az igen vastag üledékkitöltés rengeteg információt hordozott a Bükk-hegység karsztfejlődése, flórájának, faunájának, térben és időben történő változására, klimatológia viszonyainak alakulására. A barlang a Bükk déli oldalán helyezkedik el, ahol a nemzetközi és hazai kutatások egyaránt a jégkori erdőrefúgiumokat valószínűsítették 500–700 méter közötti sávban

(Sümegi, Náfrádi, 2015). Így ezen barlang kutatása révén a bükki erdőrefúgiumok kutatásába is be lehetett kapcsolódni és a jégkori erdőrefúgiumok kérdéskörében is állást lehetett foglalni a Kőháti Meander-barlangban feltárt anyag vizsgálata alapján.

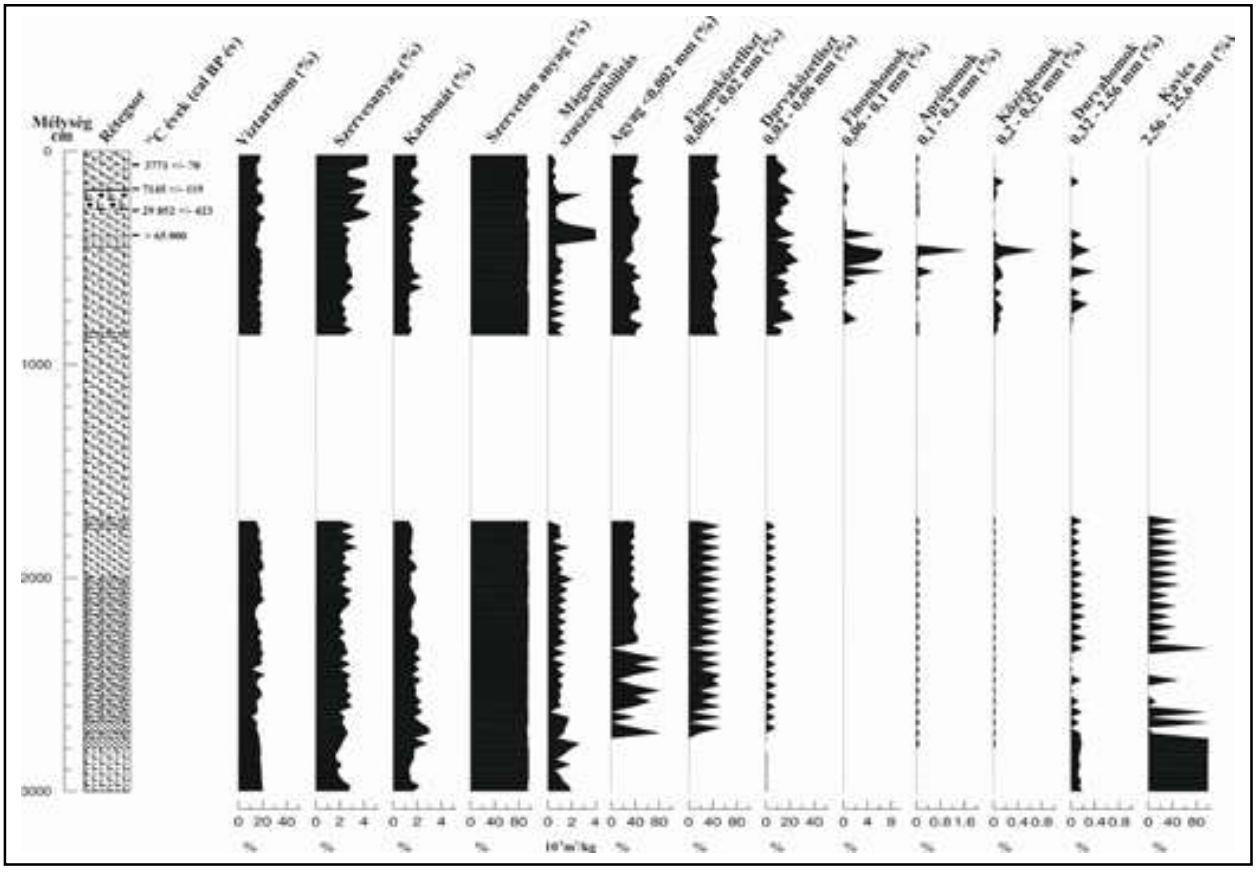
A barlangszáj 647 méter tengerszint feletti magasságban helyezkedik el (N 48° 3,473' és E 20° 28,982') a Pazsag-völgy völgyfőjében, a Nagy- és Kis-Kőhát alatt, a jura Lökvölgyi Formáció és a Bükk fennsíki mészkőformációk találkozásának határán (1. ábra). A völgyfejlődés az agyagpalán indulhatott el, majd a Bükk kiemelkedését, a mészkőrendszer kitakaródását követve a völgy ráöröklődött mészkő felszínére (Pinczés, 1955, 1956; Jakucs, 1971; Hevesi, 1984). A Kőháti Meander-barlang vertikális kiterjedésű szakaszból, majd egy aknajellegű kürtő szakaszból áll, amely kezdetben forrásbarlangként, majd víznyelő járatként funkcionált (Baráz, 2017) és ezt követően mélyben történt lefejeződés (batükaptura) hatására (Jakucs, 1971; Hevesi, 1978) az egész fosszilis barlangi rendszer üledékgyűjtő rendszerré alakult át. A barlang eredeti formakincse tehát a freatikus övben (karsztvízzel kitöltött litoklázis-rendszerben) keletkezett függőleges kürtőkre jellemző. A barlang falán lévő hullámkagylók és a gömbüstök egy oldódó barlangképződésre jellemzőek. A vertikális kiterjedésű Kőháti Meander-barlang kialakulását tekintve első periódusában az örvénylő vizek által okozott eróziós/evorziós barlangemelkedés következtében létrejött akna jellegű kürtő állapot (Baráz, 2017).

A kürtő kialakulását követően a barlang falán található függőleges kannelurák nyomán a barlang fokozatosan átalakult, és a fejlődés második szakaszában a barlang víznyelőként funkcionálhatott. A víznyelő állapot fokozatosan üledékgyűjtő rendszerré alakult át és a barlangi rendszer üledékkel töltődött fgel. A barlangi rendszert kitöltő üledékes sorozatot közel 30 méter mélységben a Myotis Barlangkutató, Természetjáró és Természetvédő Egyesület keretei között, a Bükki Nemzeti Park Igazgatóságának támogatásával *Lengyel János* kutatásvezető tárta fel 2014-ben 30 méteres mélységben – rendkívüli terepi munkával. A barlang belső részén kiemelt üledékrendszer helyén egy több lépcsős állvány és terasz rendszert alakított ki (2. ábra), amelyek köszönhetően a kutatás során létrehozott tanúfalakat elérhettük és mintákat emelhettünk ki. A tanúfalak középső szakasza az utólagos, és kivédhetetlen kimosódás következtében már alkalmatlanná vált a mintavételre, de a szelvény felső és alsó szakaszán 2018. április 23-án folyamatos monoton szisztematikus (25 cm-ként) mintavételre került sor a bükkzsérci

1. ábra – A bükkzsérci Meander-barlang bejárata

2. ábra – A bükkzsérci Meander-barlang

Kőháti Meander-barlang üledéksorozatán (2. ábra). A terepi mintavételezésnél a talajtani vizsgálatoknál használatos Vér-féle mintavevő hengert használtuk és a mintákat kettős fóliába csomagolva szállítottuk és hűtőben tároltuk feldolgozásig. Az üledékleírásnál Troels-Smith (1955) kategóriáit használtuk fel, míg a nedves terepi színleírásoknál, a rétegszín elhatárolásoknál Munsell színskálát (Munsell Color Company, 1954). A mintákon lézerszedigráfos szedimentológiai (Sümegi et al., 2015), mágneses szuszceptibilitás (Sümegi et al., 2013) vizsgálatokra, izzítási veszteségen (Dean, 1974) alapuló szervesanyag- és karbonáttartalom meghatározásra került sor. Az üledék minták



3. ábra – A bükkzsérci Meander barlang rétegsorából 25 cm-ként kiemelt minták üledékföldtani vizsgálatának eredményei

mellett radiokarbon elemzésre (Hertelendi et al., 1992, Molnár et al., 2013) is kiemeltünk 4 db mintát. Három mintában már a terepen megfigyelt égett szenült famaradványok, és a jelentős szervesanyag-tartalom alapján tudtunk radiokarbon (AMS) mintát kiemelni a kronológiai vizsgálatokhoz, míg a negyedik mérést a szelvény kitermelésénél már felismert, de a tanúfalban is megtalálható csontos breccsából előkerült csontanyag biztosította. A vizsgálatokra a debreceni MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium Accelerator Mass Spectrometry (AMS) technikájával (Molnár et al., 2013) került sor. A geokronológiai, üledékföldtani elemzéseket pollenanalitikai, anthrakológiai, malakológiai és gerinces paleontológiai vizsgálatokkal egészítettük ki.

A szelvény feküjében 7 nagyobb rétegtani egységet lehetett elkülöníteni, de valamennyi feltárt réteg finomabban sávozott, rétegzett, laminált volt (2. ábra). A rétegek kifejlődése alapján egyértelműen lepel eróziót követő jelentős fluviális bemosódás és gravitációs üledék leülepedés egyaránt szerepet játszott az üledék felhalmozódásában. A rétegsorban a különbséget a finomabb szemcseösszetételű sávok és a durvább üledék összetétellel jellemezhető laminák és rétegek sorozata, torta szerkezete adja. A durvább szemcseösszetételű, kavicsos kifejlődésű sávokat, jelentős agyag- és finomkőzetliszt tartalmú pélites (nagy szervesanyag-tartalmú finomabb szemcseösszetételű) sávok, lencsék szakítják meg. Ezek a kőzettest kifejlődések jelzik, hogy az eróziós-akkumulációs szakaszokat kisebb szünetek szakíthatták meg, és ekkor a vizes üledékes összletben a finomabb szemcsék kicsapódtak és a kiszáradás nyomán jelentős geokémiai változások is lejátszódhattak. A rétegtagok minden része laminált volt, mind a durvább és mind a finomabb szemcseösszetételű sávok finomabb cm-es és mm-es sávokra bonthatóan jelentkeztek. Azaz az üledékösszlet több kifejlődési léptékben is laminált és sávozott összletet alkotott. Bár a középső rétegtag mintegy 10 méteres sávban kimosódott, de a korábban készült fotók alapján egyértelműen ehhez a kavicsos és finomabban sávozott üledékes összlethez tartozott. A fotódokumentáció alapján ez a kavicsos, finomabb sávokkal elválasztott rétegzett és utólagos geokémiai változásokat tartalmazó üledékes összlet a feltárás talpától mintegy 25 méteres kifejlődésű lehetett.

Ugyanakkor az egyértelmű, hogy erre a jelentős rétegtani kifejlődésre, a sávozottan, laminálatlan jelentkező, több rétegtani egységet átfogó első szintre a ciklikus, mégpedig a rövid idejű ciklikusság alapján történő kifejlődés volt a jellemző. A közép-európai és a kínai ciklikus üledék kifejlődések alapján (Sümegi et al., 2018) ezek a rövidebb idejű üledék ciklusok a pliocén végétől (Willis et al., 1999) egészen a középső pleisztocén kezdetéig megfigyelhetőek, és ezek az üledék ciklusok jól kapcsolódnak a harmadidőszak végén, a negyedidőszak kezdetén kimutatott kvázi 19–23 000 és 41 000 évet átfogó csillagászati (ún. „*Milanković ciklusokhoz*") Ezeknek a harmadidőszak végén és a negyedidőszak kezdetén kialakuló rövidebb éghajlati ciklusoknak a változásai a Föld tengely ferdeségének ciklikus változásaihoz kapcsolódnak (Berggren et al., 1980). Az összlet felső részének teteje egyértelműen a holocén során halmozódott fel. Apró, de jelentős mennyiségű szenült faanyagot, helyenként átégett csigahéjakat, illetve ép csigahéjakat tartalmazhatott. Sőt, egy égett réteget, átégett felszínt, égett csigahéjakkal, átégett és szenült fás fragmentumokkal is sikerült lehatárolni a szelvénynek ebben a szakaszában. Majd finomabb sávokkal tagolt, éles, sarkos mészkő kavicsot, murvaszemcséket tartalmazó üledékes réteg fejlődött ki. Ez alatt egy sárgásbarna színű, de

szintén kavicsos kifejlődésű, elszórtan apró szenült famaradványokat tartalmazó réteg alakult ki, majd egy barna és vörös kettős talajréteg helyezkedett el. A kettős bemosódású és igen jelentős vastagságú talajréteg alatt húzódott a csontbreccsa réteg, amely jelentős mennyiségű nagyemlős csontból állt. A csontbreccsa réteg alatt a változó mélységbeli kifejlődében jelentkező laminált, sávos pelitbe és agyagos kőzetlisztbe ágyazott kavicsos kifejlődés jelenik meg, amely az alsó 20–25 métert uralja.

A radiokarbon (AMS) adatok alapján a Kőháti Meander-barlang felső bükk, gyertyán faszeneket tartalmazó 180–200 cm-es szakasza egyértelműen a holocén periódusban (MIS1) alakult ki, míg 200 cm alatt a pleisztocén végének MIS3 szakasza fejlődött ki (Sümegi et al., 2019). A jégkor (pleisztocén) vége és a jégkor/jelenkor (holocén) átmenete (MIS2) szint az eddigi kronológiai adatok alapján nem fejlődött ki a szelvényben. Ugyanakkor a szelvényben található csontbreccsa réteg az eddig elvégzett egyetlen AMS mérés alapján túl van a mérési határon, azaz minimum 65 000 calibrált BP éven, mivel a nagy emlősökből álló csontbreccsa viszont ennél idősebb kort mutatott. Sajnos lehetetlen megmondani a radiokarbon mérés alapján, hogy mennyivel idősebb, de ezen adatok alapján a szelvény felső része a holocén kifejlődése alatt viszonylag vékonyabb felső pleisztocén rétegsor következett, majd már a pleisztocén idősebb, 65 000 évnél korábban kialakult szakaszán rakódott le az üledékes összlet. Ez alapján a 4,0 méternél mélyebben található üledékes rétegsor a középső würmnél (alpi nevezéktan), illetve az MIS4 (globális nevezéktan) szintnél régebben halmozódott fel. Az üledékföldtani vizsgálatoknál a makroszkópos megfigyeléseket a rétegsorban a Troels-Smith (1955) szimbólumokkal mutattuk be és jól látható, hogy a víztartalma, a szervesanyag-, karbonát- és szervetlen anyag tartalma a rétegsornak igen jelentős mértékben, hullámszerűen (ciklikusan) fluktuált (3. ábra). A szervesanyag-tartalom egyértelműen a holocén során a legjelentősebb, mivel ez a legfiatalabb és egyértelműen erdei növényzeti borítás mellett kialakult üledékképző szakasz. Ugyanakkor már ebben a szakaszban is megfigyelhető jelentős és ciklikus szervesanyag-tartalom változás, de 5 métertől a feküig finomabb és folyamatos ciklikus változások figyelhetőek meg ennél a tényezőnél és a karbonáttartalomnál is. Ezt a mágneses szuszceptibilitás (MS) értékek (3. ábra) mutatják legpontosabban. Két MS csúcsot mutattunk ki az égett szintben (tűzhely réteg?), illetve a vörös színű, bemosódott talajban. A vörös színű, agyagos talajszintben olyan erőteljes az MS jel, amely a jégkoron belül kifejlődött jelentős felmelegedésekhez, interglaciálisokhoz kapcsolódó talajokban (Krolopp, 1965; Jánossy, 2011; Brunnacker, 1980) jelentkezik (Heller, Tung-sheng, 1986; Hao, Guo, 2005). Ennek nyomán ezt a talajszintet az utolsó interglaciális ciklushoz, Riss-Würm interglaciálishoz (alpi nevezéktan), vagy MIS5 kronológiai horizonthoz (globális sztratigráfiai szint) kapcsolhatjuk. Ezért a kettős talajszint az utolsó interglaciális során, 130 000 és 80 000 év közötti képződhetett. A kettős fosszilis talajréteg alatti csontbreccsa horizontja már a középső pleisztocén MIS6 szintjéhez, más néven a Riss löszhorizonthoz kapcsolódhat, mivel a MS jelek változása pontosan az utolsó előtti (Riss) trendet rajzolja ki szelvényünkben, hasonlóan a közép-európai löszök és fosszilis talajok esetében is (Sümegi et al. 2018; Krolopp, 1965; Jánossy, 2011; Brunnacker, 1980). Ennek nyomán 4,0–4,5 méter között már 150–180 ezer évek közötti szint rekonstruálható.

Ez alatt pélitbe ágyazott kavics és agyagos kőzetliszt rétegek váltakoznak és fű-

részfogas szerkezet fejlődött ki minden szemcseösszetételi paraméter és az MS jel alapján is. Ezek a monoton ciklikus változások végighúzódnak az egész szelvényen és a fényképek alapján végighúzódott a kimosódott középső szakaszon is. A szelvény ezen adatai és a ciklikus változások, a finomabb, feltételezett 19–23 ezer és 41 ezer év ciklus hosszak nyomán a szelvény üledék ciklusokat mutató üledékeinek felhalmozódása a pliocén végétől, mintegy 3,0 millió évtől egészen a középső pleisztocén idősebb, ún. „*alsó bihari*" szakaszának végéig (Kretzoi, 1953), mintegy 400 000 évig fejlődhetett ki. Ebbe az időkeretbe, 3 millió és 400 ezer évek közé sorolható a szedimentológiai eredmények alapján az üledék felhalmozódása, de ezt megelőzte a víznyelő és az aknabarlang kialakulási szakasz, amely ezek alapján felső-pliocén és alsó-pleisztocén korra (3,5–2,0 millió év közé), míg a karsztosodás kezdete a miocén időszak végére (szarmata és pannon emeletekre) tehető. Ezen, a Kőháti Meander-barlangi feltárásból származó szedimentológiai adatok alapján megrajzolható geológiai modell jó egyezést mutat a korábbi szakirodalmi modellekkel (Moldvay, 1972; Hevesi, 1984; Pinczés et al. 1993) és a tarkői kőfülke rétegtani eredményeivel, a középső-pleisztocén, majd a felső-pleisztocén és holocén során történő üledékkitöltéssel. Pollenanyag csak a felső 4,5 méteres szakaszból került elő, vagyis a Riss glaciálistól egészen a holocén második feléig tartó üledékszakaszból. A pollenösszetételben az utolsó interglaciális és a jelenkor (holocén) során a fák és cserjék együttes pollenaránya meghaladta a 80%-ot, azaz a zárt erdők szintjét, míg a glaciálisok szintjében 50% alá csökkent a fák pollenaránya és ennek nyomán open parkland (elszórtan fákat is tartalmazó) típusú hideg sztyeppék jelentek meg a legjelentősebb lehűlések során a vizsgált területen. A glaciálisok lágyszárú növényzetét a fűfélék–ürömfélék–libatopfélék alkotta kevert hideg sztyepp és magas kórósok alkották, míg a regionális és nem lokális szinten jelentkező elszórt fás szárú vegetációját elsősorban az erdei fenyő–lucfenyő–nyír fajok alkották. A holocén és a jégkori felmelegedési szintekben hárs (*Tilia*), tölgy (*Quercus*), szil (*Ulmus*), magas kőris (*Fraxinus excelsior*), mézgás éger (*Alnus glutinosa*), bükk (*Fagus*), gyertyán (*Carpinus*), juhar (*Acer*), fűz (*Salix*), mogyoró (*Corylus*) dominált. Ennek következtében fajgazdag, zárt lomboserdők fejlődtek ki a barlang környezetében a felmelegedési szintekben.

Irodalomjegyzék

Baráz, Cs. (2017): A Déli-Bükk (inaktív és fosszilis) forrásbarlangjairól. http://lithosphera.hu/2018/01/deli-bukk-forrasbarlangjairol/

Berggren, W. A., Burckle, L. H., Cita, M. B., Cooke, H. B. S., Funnell, B. M., Gartner, S., Shackleton, N. J. (1980): Towards a Quaternary Time Scale 1. Quaternary Research, **13**, 277–302.

Brunnacker, K., Jánossy, D., Krolopp, E., Skoflek, I., Urban, B., (1980): Das jungmittel pleistozäne Profil von Süttő 6 (Westungarn). Eiszeitalter und Gegenwart, **30**, 1–18.

Dean, W. E. Jr., (1974): Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. Journal of Sedimentary Petrology, **44,** 242–248.

Hao, Q., Guo, Z. (2005): Spatial variations of magnetic susceptibility of Chinese loess for the last 600 kyr: implications for monsoon evolution. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, **110(B12)**, doi:10.1029/2005JB003765

Heller, F., Tung-sheng, L. (1986): Palaeoclimatic and sedimentary history from magnetic susceptibility of loess in China. Geophysical Research Letters, **13**, 1169–1172.

Hertelendi, E., Sümegi, P., Szöőr, Gy. (1992): Geochronologic and paleoclimatic characterization of Quaternary sediments in the Great Hungarian Plain. Radiocarbon, **34**, 833–839

Hevesi, A. (1978): A Bükk szerkezet- és felszínfejlődésének vázlata. Földrajzi Értesítő, **27**, 169–200.

Hevesi A. (1984): Karsztok kormeghatározásáról és mészkőhegységeink újharmadidőszak végi-jégkori arculatának megrajzolásában játszott szerepükről, a Bükk hegység példáján. Földrajzi Értesítő, **33**, 25–36.

Jakucs, L. (1971): A karsztok morfogenetikája. Akadémiai Kiadó, Budapest, 310 p.

Jánossy, D. (2011): Pleistocene vertebrate faunas of Hungary. Elsevier, Amsterdam, 208 p.

Kretzoi, M. (1953): A negyedkor A negyedkor taglalása gerinces fauna alapján. A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya Földtani Bizottsága által 1952. szeptember 26-28-án tartott Alföldi Kongresszusa, Budapest, Alföldi Tanulmányok, 89–99.

Krolopp, E. (1965): Mollusc fauna of the sedimentary formations of the Quaternary period, Hungary. Acta Geologica Hungarica, **9**, 153–160.

Molnár, M., Janovics, R., Major, I., Orsovszki, J., Gönczi, R., Veres, M., Hajdas, I. (2013): Status report of the new AMS 14C sample preparation lab of the Hertelendi laboratory of environmental studies (Debrecen, Hungary). Radiocarbon, **55**, 665–676.

Moldvay L. (1972): A neotektonikus felszínalakulás jelenségei a magyarországi közép-hegységekben. MÁFI Évi Jelentése az **1976.** évről, 257–260.

Munsell Color Company (1954): Munsell Soil Color Charts. Munsell Color Company, Pocket Books, 21 p.

Pinczés, Z.(1955): Morfológiai megfigyelések a Hór-völgyében. Földrajzi Értesítő, **4**, 145–156.

Pinczés, Z. (1955): A Déli-Bükk es előterének néhány fejlődéstörténeti problémája. Acta Geographica Debrecina, **26**, 1–12.

Pinczés Z., Martonné Erdős K., Dobos A. (1993): Eltérések és hasonlóságok a hegylábfelszínek pleisztocén felszínfejlődésében. Földrajzi Közlemények, **117**, 149–162.

Sümegi, P., Náfrádi, K. (2015): A radiocarbon-dated cave sequence and the Pleistocene/Holocene transition in Hungary. Open Geosciences, **7**, 783–798.

Sümegi, P., Náfrádi, K., Molnár, D. Sávai, Sz. (2015): Results of paleoecological studies in the loess region of Szeged-Öthalom (SE Hungary). Quaternary International, **372**, 66–78.

Sümegi, P., Molnár, D., Gulyás, S., Náfrádi, K., Sümegi, B.P., Törőcsik T., Persaits, G., Molnár, M., Vandenberghe, J., Zhou, L. (2017): High-resolution proxy record of the environmental response to climatic variations during transition MIS3/MIS2 and MIS2 in Central Europe: the loess-palaeosol sequence of Katymár brickyard (Hungary). Quaternary International, **504**, 40–55.

Sümegi, P., Gulyás, S., Molnár, D., Sümegi, B.P., Almond, P., Vandenberghe, J., Zhou, L., Pál-Molnár, E., Törőcsik, T., Hao, Q., Smalley, I., Molnár, M., Marsi, I. (2018): New chronology of the best developed loess/paleosol sequence of Hungary capturing the past 1.1 ma: Implications for correlation and proposed pan-Eurasian stratigraphic schemes. Quaternary Science Reviews, **191**, 144–166.

Troels-Smith, J. (1955): Karakterisering af lose jordater. Danmarks Geologiske Undersogelse, ser. **IV/10**, 39–73.

Willis, K. J., Kleczkowski, A., Crowhurst, S. J. (1999): 124,000-year periodicity in terrestrial vegetation change during the late Pliocene epoch. Nature, **397**, 685.