

ELŐZETES ADATOK A GÖDÖLLŐI-DOMBSÁG PORFELHALMOZÓDÁSI ÉS ŐSKÖRNYEZETI VISZONYAIHOZ AZ UTOLSÓ 30 EZER ÉVBEN

PRELIMINARY DATA TO DUST ACCUMULATION AND PALEOENVIRONMENTAL CONDITIONS AT THE GÖDÖLLŐ HILLS DURING THE LAST 30 KYR

ÚJVÁRI GÁBOR¹, PÁLL-GERGELY BARNA², VARGA GYÖRGY³

¹ MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, 9400 Sopron, Csatkai E. u. 6-8.

² Department of Biology, Shinshu University, Matsumoto 390-8621, Japan

³ MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

E-mail: ujvari@ggki.hu

Abstract

The Mende loess-palaeosol sequence is one of the type profiles in Hungary, which records the evolution of middle and late Pleistocene environments at the Gödöllő Hills. A rudimentary age-depth model has been created for the youngest part (30 kyr) of the profile by using previous TL-IRSL data. According to this model, the mean sedimentation rate (SR) was ca 0.51 mm/yr, while the dust flux amounted to 761 g/m²/yr during the final stage of loess accumulation (12–28 kyr, MIS2) at the study site, referring to the fact that this part of the basin must have been a „hot spot” of dust accumulation.

*Shells of 18,931 individuals representing 33 species were found in 129 samples taken from the profile in 10 cm resolution. The mesophilous species (*Pupilla muscorum*, *Vallonia costata*) and the warm-loving *Pupilla triplicata* occur frequently in the mollusc assemblages implying prevalent open, semi-arid/arid environments during loess formation. Significant increase of wetland, cold-tolerant species and ecotone and closed forest preferring elements could be observed in more consecutive samples in several phases. Some dominance peaks of cryophilous species (*Vallonia tenuilabris*, *Pupilla sterri*) likewise occur mainly in the first half (ca 20–28 kyr) of the period studied, indicating cold climatic conditions (T_{July} : 12–14 °C) in these phases. By contrast, the other extreme of palaeo-temperatures can be characterized by July maximum values as high as 18–19 °C. The regional and/or global (ice cores) correlation of fluctuations mentioned above is not possible owing to the poor age-depth model.*

Kivonat

A mendei löszfeltárás hazánk egyik típusfeltárása, mely alapvető adatokat rejt a Gödöllői-dombság középső- és késő-pleisztocén környezeti fejlődéséről. A lösz-paleotalaj sorozat legfiatalabb szakaszának korábbi TL-IRSL datálási eredményei alapján egy kezdetleges lineáris kor-mélység modell állítható fel az utolsó 30 ezer évre vonatkozóan. Ezen modellre alapozva az átlagos szedimentációs ráta 0,51 mm/évnak, míg az átlagos porfluxus 761 g/m²/évnak adódott a területen a löszfelhalmozódás utolsó ciklusa során 28 és 12 ezer év között (MIS2), melyek szerint a terület a medencében lezajlott porfelhalmozódás egy frekvenciált pontja volt.

*A feltárásból 10 centiméteres mélységközzel gyűjtött 129 mintából 33 faj 18931 egyede került elő. A széles tűrőképességű fajok (*Pupilla muscorum*, *Vallonia costata*) és a melegkedvelő *Pupilla triplicata* gyakori tagja a faunáknak, utalva a löszképződés során jellemző többnyire nyílt környezetekre. Néhány fázisban a nedvességkedvelő, hidegtűrő fajok és a zártabb vegetációt preferáló elemek előretörése figyelhető meg több egymást követő mintában is. Hasonlóképpen, főként a vizsgált időszak első felében (kb. 20–28 ezer évek között) a hidegkedvelő fajok (*Vallonia tenuilabris*, *Pupilla sterri*) több dominanciacsúcsa is megjelenik, jelezve egy-egy periódus kifejezetten hűvös-hideg ($T_{\text{július}}$: 12–14 °C) klímaviszonyait. Az őshőmérsékletek másik véglete ugyanakkor 18–19 °C-os júliusi maximum értékekkel jellemezhető. A nem kellően részletes kor-mélység modell miatt a fent említett fluktuációk regionális és/vagy globális (pl. jégmagokkal történő) korrelációja nem lehetséges.*

KEYWORDS: LOESS, DUST, MOLLUSKS, PALEOENVIRONMENT, HUNGARY

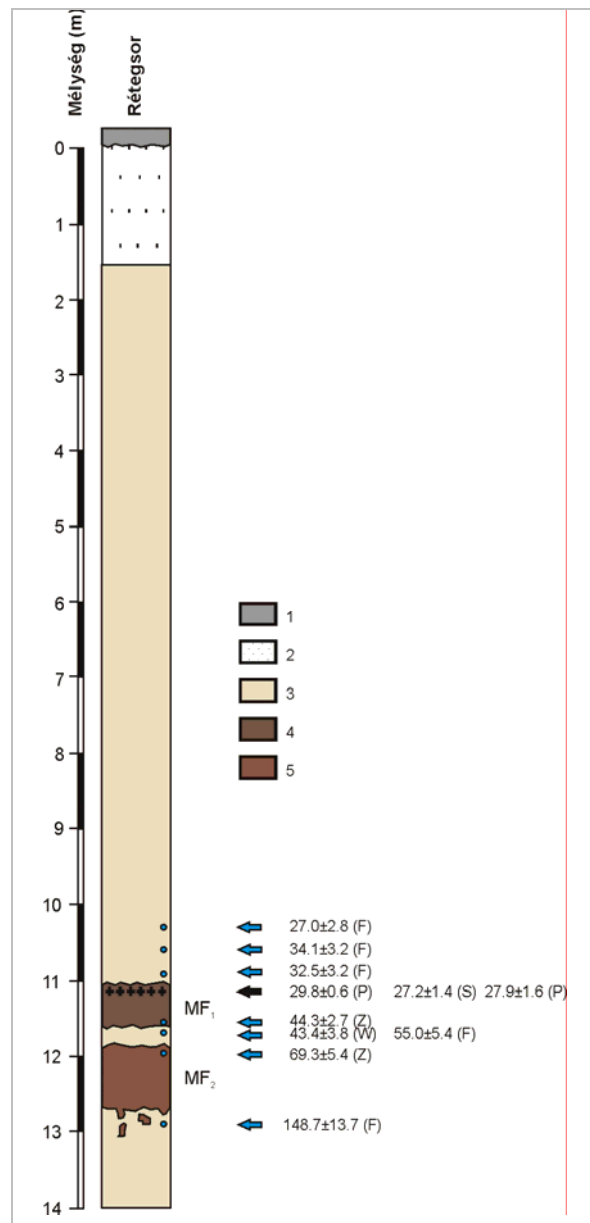
KULCSSZAVAK: LÖSZ, POR, PUHATESTŰEK, ŐSKÖRNYEZET, MAGYARORSZÁG

1. ábra: A mendei lösz rétegsor és annak abszolút kronológiai adatai. A rétegsor melletti fekete nyílak radiokarbon adatokat, míg a kék TL vagy IRSL korokat jelölnek, melyek ezer évben vannak megadva. A radiokarbon adatok kalibrálatlan korok. A radiokarbon, TL és IRSL méréseket más mendei szelvényekből származó anyagon végezték. A kor mellett zárójelben szereplő betűk az adatot publikáló szerző(k)re utalnak, így: S=Seppäla (1971), P=Pécsi (1979), W=Wintle és Packmann (1988), Z=Zöller és Wagner (1990), F=Frechen et al. (1997). Jelmagyarázat: 1 – recens talaj, 2 – homokos lösz, 3 – lösz, 4 – csernozjom (MF₁), 5 – barna erdőtalaj (MF₂)

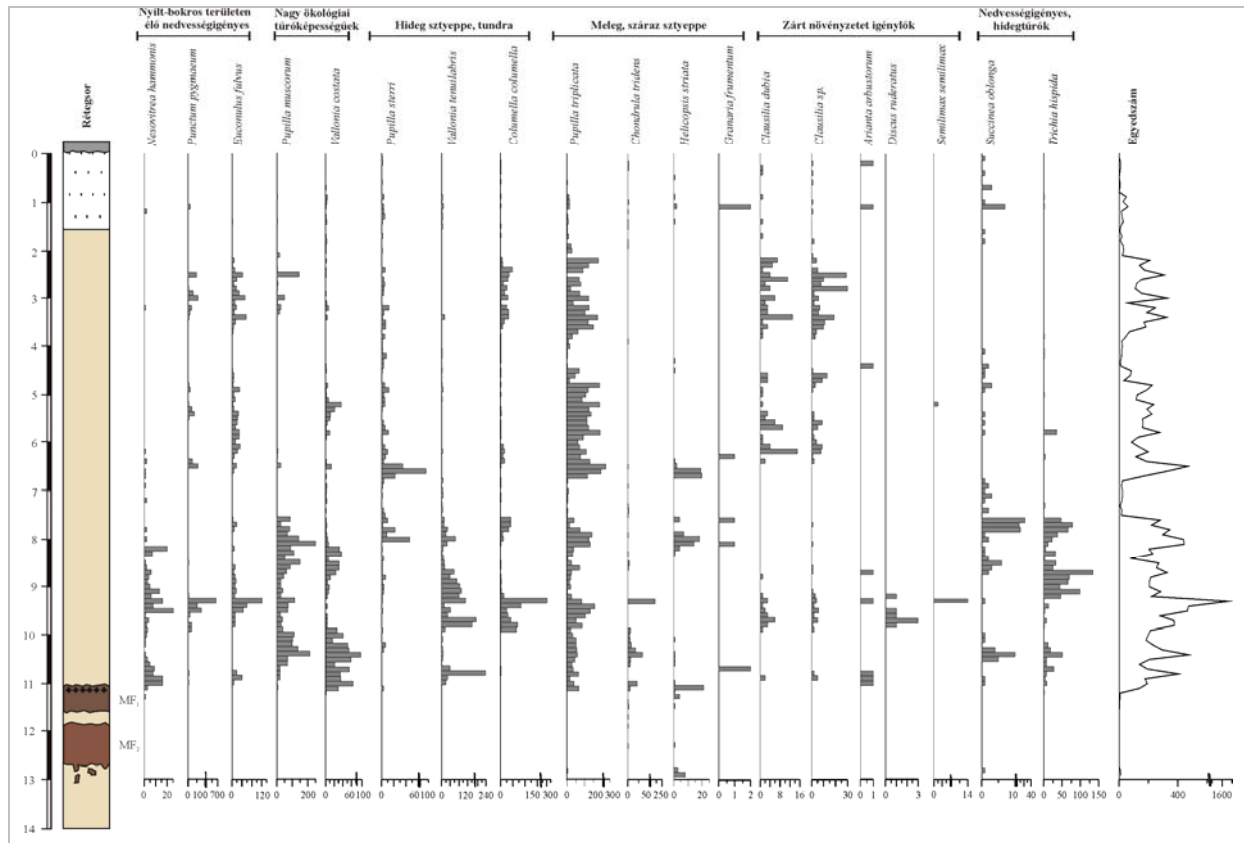
Fig. 1.: The Mende loess sequence and its absolute chronological data. Black arrows denote radiocarbon ages, while blue arrows indicate TL or IRSL ages (given in ka). Radiocarbon data are raw, uncalibrated ages. The radiocarbon, TL and IRSL measurements were done on materials from other profiles at Mende. Letters in parenthesis refer to the authors and publications in which the original age data were published: S= Seppäla (1971), P=Pécsi (1979), W=Wintle & Packmann (1988), Z=Zöller & Wagner (1990), F=Frechen et al. (1997). Legend: 1 – recent soil, 2 – sandy loess, 3 – loess, 4 – chernozem (MF₁), 5 – brown forest soil (MF₂)

Bevezetés

Grönlandi jégmagok adatai alapján az Észak-Atlantikum klímáját 1-2 ezer éves ciklusokban megjelenő felmelegedési és hirtelen lehülési ciklusok jellemezték az MIS 2 (MIS=marine isotope stage) során (28–12 ezer évek között) (Johnsen et al. 1991; Dansgaard et al. 1993). Mélytengeri üledékminták elemzése (Bond et al. 1992) és grönlandi jégmintákkal történt összehasonlítása (Bond et al. 1993) révén a Würm során „fűrészfog” mintázatú, egyre hidegebb interstadiálisok szukcesszióját tartalmazó, úgynevezett Dansgaard-Oeschger (D/O) ciklusokat mutattak ki, amelyek egy elnyújtott hideg stadiálisban kulmináltak. Ezen stadiálisok során, körülbelül 60 ezer évtől kezdődően úgynevezett Heinrich-események – a mélytengeri fűrészfog minták magas karbonát-, alacsony foraminifera tartalmú Heinrich rétegei – jelentek meg, melyeket követően igen gyors változás után, a következő ciklust jelző, markáns meleg interstadiálisok alakultak ki (újabb D/O ciklus). Az utóbbi évek löszkutatói során bizonyos szerzők ezen fent említett események megfelelőit találták meg nyugat-európai (Nussloch, Németország; Rousseau et al. 2002; Moine et al. 2008), majd kelet-közép-európai löszszelvények szemcseeloszlás és puhatestű anyagaiban is (Dolní Vestonice, Csehország; Shi et al. 2003; Surduk, Szerbia; Antoine et al. 2009).



Hazánkban a meleg D/O ciklusok és hideg Heinrich-események közép-európai hatását először Sümegi & Krolopp (2002) vetette fel, majd azokat a katymári téglavető csigafaunáiban is kimutatták (Lócskai et al. 2006; Hupuczi et al. 2006). A kérdés azonban, hogy vajon a fent említett ezer éves skálán jelentkező ciklusok valóban közvetlenül és teljes mértékben köthetők-e az Észak-Atlantikum gyors klímaváltozásaihoz, még további tudományos viták tárgya. Így szükséges megjegyezni, hogy bizonyos kutatók véleménye szerint a mágneses szuszeptibilitás és szemcseeloszlás adatokban jelentkező rövid periódusú (1-2 ezer éves) fluktuációk csak bizonyos esetekben párhuzamosíthatók a fent említett Heinrich-eseményekkel (Stevens et al. 2011), mert Kelet-Közép-Európa klímája nem pusztán észak-atlanti hatások alatt állt az adott időszakban.



2. ábra: A mendei löszprofil csigafaunája ökológiai csoportok szerint (abszolút egyedszámok)

Fig. 2.: Snails of the Mende loess profile according to their ecological demands (absolute abundances)

A mendei feltárás abszolút koradatai és szelvénye alapján különösen alkalmasnak bizonyult egy nagyfelbontású öskörnyezeti elemzésre. A löszprofil kvantitatív malakológiai analízise révén további adatokkal szándékoztunk hozzájárulni hazánk és a Kárpát-medence öskörnyezeti viszonyainak, közvetve pedig a fent említett kérdések megértéséhez.

Anyag és módszer

A vizsgált löszfeltárás Mende község belterületén, az egykori téglagyár mögött lévő felhagyott bányaterületen található (É.sz. 47°25'33", K.h. 19°26'49"), a szelvény tetőpontjának tengerszint feletti magassága kb. 184 m. A löszprofil a MF₂ paleotalaj alatti lösz szintjéig történt letisztítást követően mintáztuk meg 10 centiméterenkénti felbontásban. Mintánként kb. 4-5 kg anyagot gyűjtöttünk, amit aztán 0,5 mm átmérőjű szitán mostunk át folyóvíz segítségével, bizonyos esetekben hidrogén-peroxid (H₂O₂) felhasználásával. A kiválogatott puhatestű anyag faj szintű meghatározása mikroszkóp alatt történt összehasonlító anyagok és Ložek (1964), valamint Kerney et al. (1983) munkái segítségével. A fajok ökológiai csoportokba sorolása Rousseau & Poisségur (1999), Ložek (2001), Sümegi & Krollop (2002) és Moine et al. (2008) munkái alapján

történt. Az őshőmérsékletek (T_{július}) számítására a Sümegi (1989, 1996) által publikáltak alapján került sor.

A rétegsorban 11 és 12,8 m között két paleotalaj helyezkedik el, melyek közül az alsó, fejlett talajszint a MF₂ talaj. E felett körülbelül 20 cm lösz települ, majd a MF₁ talajszint (1. ábra). Az alsó talaj kifejlődését numerikus koradatok alapján az utolsó interglaciálisra (MIS 5), míg a felső talaj képződését az MIS 3 időszakra tehetjük. A számított szedimentációs ráta és porfluxus egy lineáris kor-mélység modellből került levezetésre, mely modell a Seppälä (1971), Pécsi (1979), Wintle & Packmann (1988), Zöller & Wagner (1990), valamint a Frechen et al. (1997) által publikált koradatokra épül. Az 1. ábrán feltüntetett koradatok mindegyike a fenti szerzőktől származik. A porfelhalmozódási ráták számításáról további részletek Újvári et al. (2010) cikkében olvashatók.

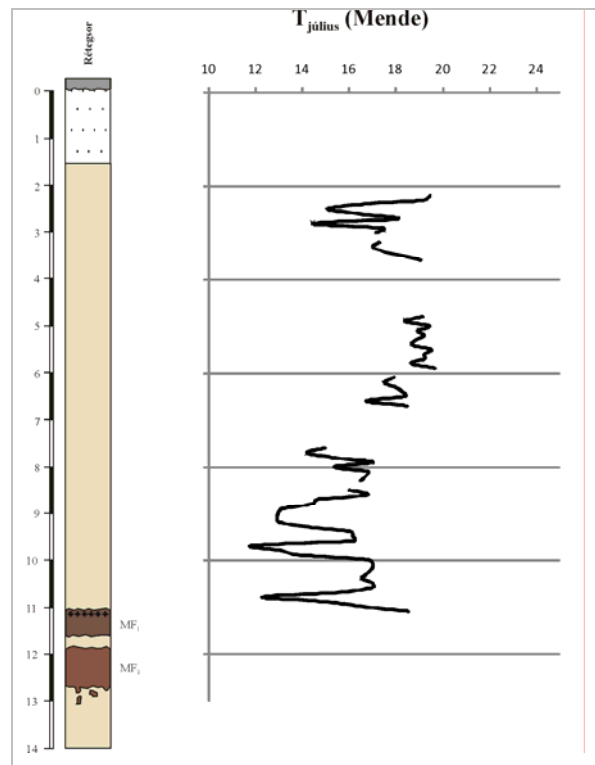
Eredmény és diszkusszió

A felállított kor-mélység modell alapján a minimális átlagos szedimentációs ráta 0,51 mm/évnél, míg a minimális átlagos porfluxus 761 g/m²/évnél adódott. Ezen értékek meglehetősen magasnak számítanak a Kárpát-medencében és szinte kizárólag a Dunához közeleső feltárások esetén fordulnak elő (Újvári et al. 2010). A

Gödöllői-dombság ezen része tehát egy intenzív porfelhalmozódással jellemezhető terület volt 28 és 12 ezer évek között, s mint ilyen, az egykori ökoszisztemek jól megőrződtek a vizsgált profilban.

Az adott szelvényben gyűjtött 129 mintából 33 faj 18931 egyede került elő. A MF₁ és MF₂ talajok gyakorlatilag faunamentesek voltak, ami utólagos héjkioldódással magyarázható. A löszképződésnek alapvetően két fázisa különböztethető meg a fauna alapján. Az első fázisban (11 és 7 méter között) több fázisban a mezofil fajok (*Pupilla muscorum*, *Vallonia costata*) és a melegkedvelő, szárazságtűrő *Pupilla triplicata* előretörése figyelhető meg. Ugyanebben a zónában több rövidebb szakaszban a hidegkedvelő fajok (*Vallonia tenuilabris*, *Pupilla sterri*, *Columella columella*) dominanciája jellemző a nedvességigényes hidegtűrőkkel és a nyílt-bokros területen élő nedvességigényes fajok jelentős egyedszám növekedésével együtt (2. ábra). Általánosságban elmondható, hogy a fajok nagy része nyílt növényzet melletti löszképződésre utal, a hidegjelző elemek előretörése pedig olyan fázisokat jelez, ahol a júliusi középhőmérséklet igen jelentősen lecsökkent a területen ($T_{\text{július}}: \sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$) (3. ábra). Ezen fázisok valamelyike feltehetően köthető a *Vallonia tenuilabris* zonula (25-27000 cal BP) által jelzett lehülési periódushoz (Sümegei & Krolopp, 2002), de további abszolút koradatok hiányában a regionális korreláció nem megoldható. A löszképződés következő fázisában (7 és 2 méter között) a mezofil fajok visszaszorulása jellemző, mellyel párhuzamosan viszont a faunák nagy részét a *Pupilla triplicata* faj uralja. Az őshőmérsékletek itt érik el maximumukat 18-19 °C körüli értékekkel. Ezt követően több periódusban az erdei elemek és a nyílt-bokros területen élő nedvességigényesek is előretörnek, jelezve a nyíltabb vegetáció részleges átalakulását bokros, néhol fákkal-facsoportokkal tagolt mozaikszerű vegetációvá. Az átalakulást a júliusi maximumhőmérsékletek 14-18 °C közötti ingadozása jellemezte (3. ábra, 2-4 méter között). A rétegsorban 1,5-2 métertől már nem lösz, hanem homokos lösz, néhol löszös homok képződött. Az egyedszám ebben az üledékben ismét igen alacsonyra esett vissza, emiatt a fauna kvantitatív elemzésére gyakorlatilag nincs mód.

A rétegsorból előkerült fauna igen sok hasonlóságot mutat több más hazai feltárás fauna összetételével és több fázisban is jól párhuzamosítható a Sümegei & Krolopp (2002) által közölt, a medence ökoszisztemeinek időbeli változását reprezentáló rendszerével. Külön érdekesség, hogy a 3. ábrán bemutatott klímagörbe nagyon hasonló lefutást mutat a madarasi löszprofil megfelelő szakaszának őshőmérsékleti görbéjével (Hupuczi & Sümegei 2010).



3. ábra: A fauna alapján kalkulált őshőmérséklet ($T_{\text{július}}$, °C) alakulása a rétegsorban. Adatok kizárólag a 100 feletti egyedszámú minták esetén kerültek feltüntetésre, a görbe emiatt nem folytonos.

Fig. 3.: Molluscs based palaeotemperature (T_{July} , in °C) versus depth. Data are displayed only for samples with an abundance of at least 100, therefore the curve is not continuous.

Ezzel együtt persze bizonyos különbségek is megfigyelhetők, így például a *Pupilla triplicata* faj magas aránya és más melegkedvelő elemek egy-egy példánnyal történő megjelenése mindenképp meglepő egy a medence északabbi részén elhelyezkedő feltárás esetén.

A regionális és még inkább a globális (jégmagokkal történő) korrelációhoz sajnos sokkal több abszolút koradatra (radiokarbon és/vagy IRSL) volna szükség, ennek hiányában azonban csak feltételezésekkel lehet élni és valószínűsíteni bizonyos kapcsolatokat. Ha a párhuzamosítás ezen a módon nem is valósítható meg, az nyilvánvaló, hogy az ökoszisztemekben-őshőmérsékleti értékekben egy jelentős, 1-2 ezer éves skálán megnyilvánuló, változó amplitúdójú fluktuációsorozat figyelhető meg. A kérdés, hogy a mögöttes okok kizárólag az Észak-Atlantikum hasonló frekvenciájú klímaváltozásaiban keresendők vagy más légköri rendszer is részt vett a medence klímájának és ezzel együtt ökoszisztemeinek szabályozásában, sajnos ezen adatok alapján nem dönthető el.

Összefoglalás

A mendei löszprofil késő pleniglaciális (MIS 2) során képződött löszrétege alapvető információkat rejt a Kárpát-medence északi részének ökoszisztémájának fejlődéséről. Az intenzív porfelhamozódás (761 g/m²/év) lehetővé tette a molluszka faunák és ezen keresztül az egykori környezeti viszonyok megőrződését. A faunák összetétele alapján egyértelmű, hogy a löszképződés első fázisában alapvetően nyílt vegetáció jellemezte a területet, majd második periódusában a nyílt, füves sztyeppet többször váltotta fel zártabb növényzet. Az őshőmérsékletekben jelentős, változó amplitúdójú, jórészt 1-2 ezer éves periódusú fluktuációk figyelhetők meg. Ezen változások regionális párhuzamosítása, illetve az Észak-Atlantikumban megfigyelt D/O és Heinrich-eseményekhez illesztése egy részletes, legalább további 8-10 abszolút koradatra épülő kor-mélység modell hiányában nem egyértelmű.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Mende Önkormányzatának a téglagyár területén történő mintavételezés engedélyezéséért, Kovács Imre mendei lakosnak a munka során nyújtott önzetlen segítségéért, valamint Prof. Dr. Sümegi Pálnak és a második anonim bírálónak a kézirattal kapcsolatos észrevételeikért, javaslaikért.

Irodalomjegyzék

ANTOINE et al. (2009): Antoine, P., Rousseau, D.-D., Fuchs, M., Hatté, C., Gauthier, C., Markovic, S.B., Jovanovic, M., Gaudenyi, T., Moine, O. & Rossignol, J., High-resolution record of the last climatic cycle in the southern Carpathian Basin (Surduk, Vojvodina, Serbia). *Quaternary International* **198**: 19–36.

BOND et al. (1992): Bond, G., Heinrich, H., Broecker, W., Labeyrie, L., McManus, J., Andrews, J., Huon, S., Jantschik, R., Clasen, S., Simet, Ch., Tedesco, K., Klas, M., Bonani, G. & Ivy, S., Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic ocean during the last glacial period. *Nature* **360**: 245-249.

BOND et al. (1993): Bond, G., Broecker, W., Johnsen, S., McManus, J., Labeyrie, L., Jouzel, J. & Bonani, G., Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature* **365**: 143-147.

DANSGAARD et al. (1993): Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjörnsdottir, A.E., Jouzel, J. & Bond, G., Evidence for general instability of past

climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature* **364**: 218-220.

FRECHEN et al. (1997): Frechen, M., Horváth, E. & Gábris, Gy., Geochronology of Middle and Upper Pleistocene loess sections in Hungary. *Quaternary Research* **48**: 291–312.

HUPUCZI et al. (2006): Hupuczi, J., Lócskai, T., Hum, L. & Sümegi, P., Heinrich események kimutatása hazai löszszelvény alapján. *Malakológiai Tájékoztató* **24**: 31–34.

HUPUCZI, J. & SÜMEGI, P. (2010): The Late Pleistocene paleoenvironment and paleoclimate of the Madaras section (South Hungary), based on preliminary records from mollusks. *Central European Journal of Geosciences* **2**: 64–70.

JOHNSEN et al. (1991): Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Dansgaard, W., Fuher, K. Gudenstrup, N., Hammer, C. U., Iversen, P., Jouzel, J., Stauffer, B. & Steffensen, J. P., Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core. *Nature* **359**: 311–313.

KERNEY et al. (1983): Kerney, M.P., Cameron, R.A.D. & Jungbluth, J.H. *Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 384 p.

LÓCSKAI et al. (2006): Lócskai, T., Hupuczi, J., Hum, L. & Sümegi, P., Dansgaard-Oeschger ciklusok kimutatása hazai löszszelvényből. *Malakológiai Tájékoztató* **24**: 35–39.

LOŽEK, V. (1964): Quartärmollusken der Tschechoslowakei. *Rozprawy Ustredniho Ustavu Geologického* **31**: p. 374.

LOŽEK, V. (2001): Molluscan fauna from the loess series of Bohemia and Moravia. *Quaternary International* **76/77**: 141–156.

Moine et al. (2008): Moine, O., Rousseau, D.-D. & Antoine, P., The impact of Dansgaard–Oeschger cycles on the loessic environment and malacofauna of Nussloch (Germany) during the Upper Weichselian. *Quaternary Research* **70**: 91–104.

PÉCSI, M. (1979): Lithostratigraphical subdivision of the loess profiles at Paks. *Acta Geologica Hungarica* **22**: 409–418.

ROUSSEAU, D.-D. & PUISSÉGUR, J.-J. (1999): Climatic interpretation of terrestrial malacofaunas of the last interglacial in southeastern France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **151**: 321–336.

ROUSSEAU et al. (2002): Rousseau, D.-D., Antoine, P., Hatté, C., Lang, A., Zöller, L., Fontugne, M., Ben Othman, D., Luck, J.-M., Moine, O., Labonne, M., Bentaleb, I., Jolly, D., Abrupt millennial climatic changes from Nussloch (Germany) Upper Weichselian eolian records

during the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews* **21**: 1577–1582.

SEPPÄLA, M. (1971): Stratigraphy and material of the loess layers at Mende, Hungary. *Bulletin of the Geological Society of Finland* **43**: 109–123.

SHI et al. (2003): Shi, C., Zhu, R., Glass, B.P., Liu, Q., Zeman, A. & Suchy, V., Climate variations since the last interglacial recorded in Czech loess. *Geophysical Research Letters* **30**: 1562.

STEVENS et al. (2011): Stevens, T., Markovic, S.B., Zech, M., Hambach, U. & Sümege, P. Dust deposition and climate in the Carpathian basin over an independently dated last glacial-interglacial cycle. *Quaternary Science Reviews* **30**: 662–681.

SÜMEGI, P. (1989): A Hajdúság felső-pleisztocén fejlődéstörténete finomrétegtani (öslénytani, szedimentológiai és geokémiai) vizsgálatok alapján. *Egyetemi doktori értekezés*. KLTE, Debrecen, 96 p.

SÜMEGI, P. (1996): Az ÉK-magyarországi löszterületek összehasonlító ökoszisztémái

rekonstrukciója és rétegtani értékelése. *Kandidátusi értekezés*. KLTE, Debrecen, 120 p.

SÜMEGI, P. & KROLOPP, E. (2002): Quaternary palaeoenvironmental changes in the Upper Weichselian palaeoenvironmental changes in the Carpathian Basin. *Quaternary International* **91**: 53–63.

ÚJVÁRI et al. (2010): Újvári, G., Kovács, J., Varga, Gy., Raucsik, B. & Marković, S.B., Dust flux estimates for the Last Glacial Period in East Central Europe based on terrestrial records of loess deposits: a review. *Quaternary Science Reviews* **29**: 3157–3166.

WINTLE, A.G. & PACKMAN, S.C. (1988): Thermoluminescence ages for three sections in Hungary. *Quaternary Science Reviews* **7**: 315–320.

ZÖLLER, L. & WAGNER, G.A. (1990): Thermoluminescence dating of loess – recent developments. *Quaternary International* **7/8**: 119–128.