

Válasz

Dr. Raucsikné Dr. Varga Andrea, az MTA doktora opponensi véleményére

*az „A lösz-paleotalaj szelvények szerepe a pleisztocén környezetek és a klímaváltozások
rekonstrukciójában”*

címmel benyújtott MTA doktori értekezéséről

Köszönöm Dr. Raucsikné Dr. Varga Andreának a disszertációm rendkívül alapos és kritikus átolvasását, amely a szakmai szempontok mellett a formai és nyelvhelyességi kérdésekre is kiterjedt. Köszönöm az észrevételeit és a kérdéseit.

Az alábbiakban reagálok az opponensem észrevételeire, majd igyekszem megfelelő részletességgel megválaszolni a kérdéseket.

Opponensem megemlíti, hogy a disszertációra jellemző egyfajta „csapongás” a leírások, az eredmények és a következtetések között, amiben egyetértek. Az újraolvasás során én is látom a hibákat, amelyeket az átnézéskor nem fedeztem fel. Valóban néhol túlzóak a kitekintések, például az európai löszök túl részletes tárgyalása esetében. Elfogadom opponensem véleményét a módszertani fejezetre vonatkozóan is, helyenként valóban lehetne rövidíteni, és jobban szétválasztani az egyes módszereket. A formai kivitelezéssel kapcsolatos észrevételei sajnos jogosak. A disszertációban benne maradtak hibák, elírások, a szövegrészek áthelyezéséből adódó töredékek, amelyeket észre kellett volna vennem. A PDF-konverzió előtti legutolsó lépésben törlődött a „Bevezetés” fejezet sorszáma is, amit nem fedeztem fel.

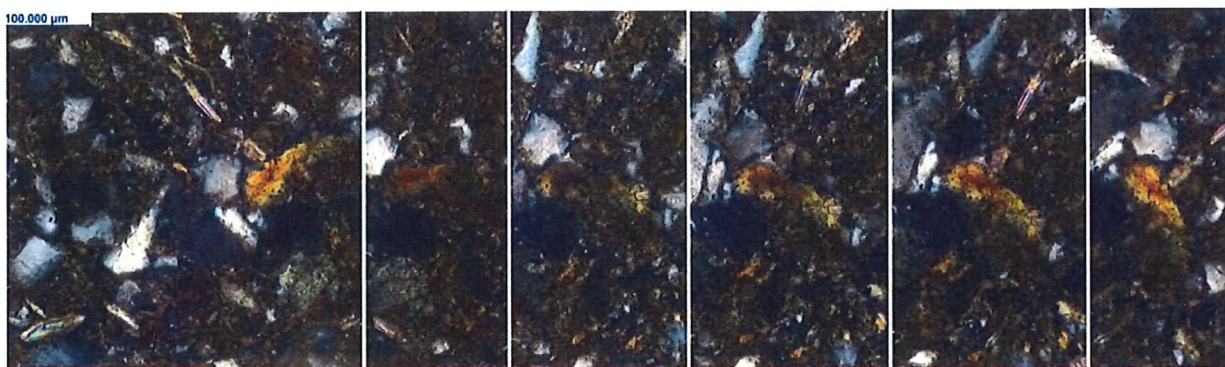
Elfogadom az eredmények fejezetével kapcsolatos észrevételeket, miszerint itt nemcsak az eredmények tényszerű felsorolása, hanem már a diszkusszió is megtalálható. Ez a megoldás a disszertációban tárgyalt témák különbözősége miatt tűnt célravezetőnek.

A tefrasztratigráfiai alfejezetére vonatkozó észrevételek nagy részével egyetértek. Magam is bizonytalan voltam abban, hogy tefrát tartalmazó feltárások ilyen terjedelmű bemutatása szükséges-e a disszertációban. Azért döntöttem mégis a bemutatás mellett, mert az összes eddig ismert feltárás ilyen mélységű ismertetésével az esetlegesen később már nem tanulmányozható feltárások dokumentálását tűztem ki célul, ahogyan arra az alfejezet bevezetőjében is utaltam. Sajnálom, ha az én szerepem nem derült ki egyértelműen a fejezetben leírtakból, pedig erre az egész disszertációban igyekeztem nagy gondot fordítani. A Bevezetésben ezért is írtam le a csoport tagjainak a feladatait. Az én tevékenységemhez a tefrasztratigráfiai kutatásokban a terepi vizsgálatok, a szintek leírása, a mikromineralógiai vizsgálatok előkészítése és az ásványok polarizációs mikroszkópban történő meghatározása, a Bagi Tefra sztratigráfiai és paleogeomorfológiai jelentőségének felismerése kapcsolódik.

A paleotalajok mikromorfológiai vizsgálatának eredményei közül úgy tűnik, hogy éppen az egyik legújabbat, az agyaghártyák jelenlétén alapuló következtetéseimet nem sikerült meggyőzően alátámasztani. Megértem az opponens kétségeit, mivel a kis méretű, áthalmozott agyaghártyák azonosítása valóban nem könnyű, de nagy körültekintéssel megoldható. Az idézett esetekben a töredékek esetében is felismerhető volt az autigén agyag képződésre nem jellemző, a járat – vagy a feltételezett – falával párhuzamos szalagos szerkezet, és ennek következtében a mikroszkóp tárgyasztalának forgatásakor látható hullámos kioltás

(Stoops és mtsai, 2018). Ennek igazolására valóban nem megfelelő a kétdimenziós kép, egy fotósorozattal lehetett volna meggyőzőbben bemutatni.

A disszertációban általam „áthalmazott agyaghártyának” vagy „agyaghártya töredéknek” meghatározott formák illusztrálására bemutatok egy tipikus agyaghártya töredékről készült fotósorozatot a BD_{1a} és a BD_{1b} közötti átmeneti szintből (BA2/8). A disszertáció 63/B ugyanezt a szintet reprezentálja. A fotósorozat a mikroszkóp tárgyasztalának óramutató járásával megegyező irányú elmozdítása során készült. A képeken a narancssárga agyaghártya töredék hullámos kioltása látható. (A képek Nikon Eclipse E200POL polarizációs mikroszkóp használatával készültek keresztezett nikollal.)



Válaszok az opponens kérdéseire

1. Milyen szakmai szempont indokolja (indokolta), hogy 1975-ig foglalta össze a magyarországi löszkutatást?

Egyetértek az opponenssel, hogy célszerű lett volna más címet adni „A magyarországi löszkutatás rövid bemutatása” alfejezetnek, vagy itt megemlíteni a disszertációban később, az adott kutatási témánál megjelenő hazai eredményeket. Semmiképpen nem szerettem volna azt sugallni, hogy az elmúlt 50 évben nem zajlott érdemi kutatás, hiszen az alfejezetben is utalok későbbi fontos munkára, de kétségtelen, hogy a cím alapján remélt átfogó bemutatást nem itt, hanem később, az egyes témaköröknél tárgyalom.

2. Mit ért makroszintű mészcementációk, mészkiválások alatt? Milyen méretbeli határ alapján különítette el a „makroszintű” és a „mikroméretű” karbonátokat?

Köszönöm, hogy opponensem rávilágított a másodlagos karbonátokat bemutató alfejezetben alkalmazott következetlen szóhasználatra. Szerencsésebb lett volna egységesen a makro-, mezo-, mikroméret kifejezést használnom a makro-, mezo-, mikroszint helyett.

A makro-, mezo- és mikroméret (macro-, meso- microscale) besorolás alapja a megfigyeléshez használt eszközök különbözősége. Ezt a nevezéktant Becze-Deák és mtsai (1997) munkája alapján, és a Genti Egyetemen működő talajtani iskola nevezéktanát átvéve kezdtem használni. A későbbiekben Barta (2011) is ezt az elkülönítést alkalmazta, akinek a szerepét azért hangsúlyoztam a disszertációban is, mert az említett külföldi szerzők után ő volt az első, aki hazai löszökből származó példák alapján összefoglalta és kiegészítette a másodlagos karbonátok osztályozási rendszerét.

A makroméretű másodlagos karbonátok a feltárásokban szabad szemmel azonosíthatók, méretük többnyire nagyobb, mint 1 cm, de akár 10 mm-es is lehet, mint például a mészcementációk, löszbabák, kivételes esetekben a meszesedett gyökerek. Mezoméretűen a rétegsorból begyűjtött orientált mintákat értjük, amelyek sztereomikroszkópos vizsgálatával történik a paleotalaj vékonycsiszolatok készítésére leginkább alkalmas részek kiválasztása. Ebben a felbontásban már a legtöbb jellegzetes másodlagos karbonát azonosítható, amelyek biztos elkülönítése azután polarizációs optikai mikroszkóppal történik (Becze-Deák és mtsai, 1997; Stoops és mtsai, 2018). Utóbbit nevezzük mikroméretnek, amely szinten már a 10-100µm-es méretű képződmények azonosítása is lehetséges, de tanulmányozhatók a >100µm képződmények (pl. meszesedett gyökérsejtek, felületi és felület alatti CaCO₃ bevonatok) is.

3. A mikroméretű változatban milyen módszertant alkalmazott a törmelékes (elsődleges) és a másodlagos (diagenetikus) karbonátok megkülönböztetésére?

A másodlagos karbonátokra egyedi, a törmelékes karbonátszemcsékkel nem összekeverhető formakincs, szerkezet jellemző, vagy a megjelenési helyük (pl. felületi, felület alatti bevonatok) alapján egyértelműen azonosíthatók. A nem szokványos megjelenésű formák meghatározásához a rendelkezésre álló kiváló minőségű kézikönyveket (Stoops és mtsai, 2018), vagy a talaj-mikromorfológiára specializálódott oldalakat (pl. <http://edafologia.ugr.es/english/index.htm>) használtam.

4. A „felületalatti bevonat” megnevezésére melyik kategóriát használná Klappa (1980) nevezéktana szerint?

A paleotalajok kutatásának módszereit a Genti Egyetem Talajtani Tanszékén, ezen belül is Prof. Roger Langohr kutatócsoportjában sajátítottam el, így törvényszerű volt, hogy az általuk használt nevezéktant és megközelítést alkalmazzam én is. A vizsgálatok elsődleges célja a paleokörnyezeti rekonstrukció volt, ezért a másodlagos karbonátoknak az általuk használt és publikált (Becze-Deák és mtsai, 1997) osztályozása beépült az én további munkásságomba is, és a tanszékünkön működő Löszkutató csoport is ezt használta (Barta, 2011). Becze-Deák és mtsai (1997), majd Barta (2011) nomenklatúrája a korábbi munkákra épülve adta meg a másodlagos karbonátok egyértelmű, genetikai alapú elkülönítését.

Klappa (1980) csoportosítása több, általam használt kategóriát is említ, bár más néven (felület alatti bevonat, CaCO₃ felületi bevonat, meszesedett gyökérsejtek, tűkristályos kalcit), és más genetikai magyarázattal. A felület alatti bevonat (hypocoating) Klappa (1980) nomenklatúrája szerint a rizolitokon belül a „root tubules” (gyökér csövek) csoportjába tartozik, amely a gyökérjáratok körüli cementált hengereket jelenti.

5. Milyen módszert alkalmaztak a törmelékes karbonátszemcsék minőségi és/vagy mennyiségi jellemzésére? Hogyan küszöbölték ki a hatásukat a stabilizotópos vizsgálat során?

A törmelékes karbonátszemcsék vizsgálata nem volt célom, meghatározásukra vonatkozó vizsgálatokat ezért nem végeztem. Egyetértek az opponenssel abban, hogy a teljes kőzetben végzett stabil izotópos elemzések esetében számolni kell a törmelékes karbonátszemcsék hatásával is, amire utaltam a disszertációban is („A lösz-paleotalaj rétegsorok szisztematikus mintázása során, a teljes (bulk) mintákból nyert stabil izotóp-összetételek a különböző keletkezési idejű karbonáttípusoknak az ugyanazon szintben való jelenléte miatt nem mindig ad jól interpretálható eredményeket.” (p. 35.)).

A fentiek miatt kutatásaink során csak kivételesen készült bulk mintákból stabil izotópos elemzés, jellemzően azokra a másodlagos karbonát-típusokra fókuszáltunk, amelyek képződése a befoglaló összlettel feltételezhetően egyidős (CRC, EBS).

6. Milyen bélyegek alapján zárja ki a mikroméretű másodlagos karbonátoknál a többfázisú folyamatokat?

A másodlagos karbonátok többfázisú képződése valóban felveti azok környezetjelző proxiként való alkalmazhatóságát, de más megközelítésben ennek felismerése akár a képződési körülményekben bekövetkezett változásokat is jelezheti.

A disszertációmban bemutatott azon mikroméretű másodlagos karbonátok esetében, amelyeket a kristályos felépítésük alapján azonosítottam, a többfázisú képződés kizárható. A meszesedett gyökérsejtek létrejötte az adott növény élettevékenységének megszűnéséhez kapcsolódik, így az egykori felszínhez köthető. A földigiliszta bioszferoidok (EBS) egy földigiliszta egyed által kiválasztott polikristályos képződmények, amelyek élettevékenysége is az aktuális felszínhez kötődik. Utóbbi esetben felvetődhet, hogy a képződésük 1-2 éven keresztül zajlott, ami azonban szerintem nem tekinthető többfázisú képződésnek. Néhány szerző (Canti és Pearce, 2003; Prud'homme és mtsai, 2022) szerint ennél rövidebb idő, akár néhány hét is elegendő az EBS-ek képződésére.

A felület alatti bevonat (HC) kialakulását a gyökérjáratban élő gyökér vízfelvételéhez kapcsolják (Becze-Deák és mtsai, 1997), ezért ennek a kialakulása sem történhetett több fázisban. Bár éppen Klappa (1980) említi, hogy az oldatoknak az üres gyökérjáraton keresztül történő mozgása, majd a kiválása is magyarázhatja a forma kialakulását, de ebben az esetben is feltételezhető, hogy ezek a folyamatok nem nagy mélységben, hanem az aktuális felszínhez közel zajlottak (azaz a talaj vagy lösz képződésének aktív fázisához kapcsolódnak), így a vizsgálatok szempontjából nem okoznának zavart. Az interpretációimban a HC-k stabil izotóp eredményeit nem használtam, mert a vékonycsiszolatokban a járat felőli felületükön gyakran megfigyelhető volt CaCO_3 felületi bevonat. Vannak olyan szerzők is, akik a felület alatti bevonatokat nem tartják alkalmasnak a környezetrekonstrukcióra (Gocke és mtsai, 2011; Újvári és mtsai, 2014).

A túkristályos kalcitok (NFC) képződése a gombafonalak jelenlétét feltételezi, azaz olyan speciális környezetet, amely szintén a felszín közelében alakul ki.

A járatok falán található CaCO_3 felületi bevonatok esetében elképzelhető a többfázisú képződés, mivel ez a formakincs nem kizárólag az aktuális felszínhez kapcsolódva jöhet létre, ezért ennek az interpretációs jelentősége kicsi. Éppen emiatt a tény miatt eddig nem merült fel az a kérdés, hogy a több fázisban történt képződést vizsgáljam.

7. A tefraszintek ásványos összetételének meghatározására milyen megbízható (és független) fázisanalitikai módszereket lehetett volna alkalmazni?

8. Miért nem került sor ilyen vizsgálatokra?

A két kérdés szorosan összefügg, ezért az ismételések elkerülése érdekében összevontan válaszolok rájuk.

A tefra előfordulások azonosításához a vulkáni eredetű nehézásványokat használtam, amelyeket polarizációs mikroszkópos vizsgálatokkal határoztam meg, a közvetlen fekvő és fedő lösz nehézásvány spektrumának összehasonlítása után. A vulkáni eredetű nehézásványok közül a legnagyobb arányban ($\geq 90\%$) jelenlévő klinopiroxének azonosítása, és a többi jellemző ásvány (barna amfibol, olivin, titanit) is egyértelmű volt. Kezdetben ezért sem merült fel olyan további módszer alkalmazása, amelyek az ásványok azonosítását segítették volna. Ilyen módszerek a röntgendiffrakció (XRD) és a Raman spektroszkópia, pásztázó elektronmikroszkóp (SEM). A Raman spektroszkópia használatát a Bagi Tefra minták esetében a klinopiroxének csoportjának polarizációs mikroszkópban történt biztos azonosítása miatt nem tartottuk szükségesnek.

Sági és mtsai (2008) a teljes kőzetből készült vékonycsiszolatok pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata alapján 11 Kárpát-medencei feltárás anyagából határozták meg a fő ásványos összetevőket. Ezen eredmények alapján később Sági Tamás és Kiss Balázs (ELTE, TTK, FFI, Közettani és Geokémiai Tanszék) kollégákkal együttműködve az ásványos összetétel pontos meghatározása mellett a Bagi Tefrárt tartalmazó löszök újabb kormeghatározását (AAR és OSL) is elvégeztük, eredményeink jelenleg publikálás előtt állnak. A geológus kollégák pásztázó elektronmikroszkópot (AMRAY 1830 I/T6 EM) használtak, a szöveti jellemzők és az ásványi összetétel részletesebb vizsgálatához nagyobb felbontású BSE-képeket készítettek, az ásványokat EDS-spektrumuk alapján azonosították. Emellett elektronmikroszkopos elemzésekkel (CAMECA SX100 EMPA Department of Lithospheric Research, University of Vienna (Austria)) a klinopiroxének elemi összetételét is meghatározták.

A fentiekben már említettem, hogy a fő vulkáni eredetű nehézásványok biztos azonosítása miatt nem alkalmaztam további módszereket. Ezt annak ellenére sem láttam indokoltnak, hogy a korábbi munkák (Kriván, 1957b; Kriván és Rózsavölgyi, 1962, 1964), és a saját első eredményeimhez képest is végül másként azonosítottam a legjellemzőbb nehézásványt. Mivel a geokémia nem a szakterületem, ezért ilyen kérdésekben a geológus kollégák véleményére hagytam, a későbbi méréseket is ők végezték.

Mikroszkopos (EPMA) elemzésekkel az addig ismert hét tefra réteget, valamint az azokat befoglaló löszök kémiai összetételét, a fő elemek arányát határozták meg (Juvigné et al., 1991). Pouclet et al. (1999) elektronmikroszkopos elemzésekkel a pásztói mintában talált vulkáni üveg összetételét határozta meg.

9. Mi az ásványos összetétele (és szövete) a kapcsolódó löszmintáknak? Milyen törmelékes ásványok, milyen arányban alkotják a löszöt és az azon kialakult paleotalajokat?

A löszök ásványos összetételének és szövetének meghatározása hasznos lehetőség, de ez az általam eddig végzett kutatásoktól eltérő irányt jelentene. A tefra rétegek azonosítása során a közvetlen fedő és fekvő lösz vizsgálata a vulkáni eredetű nehézásványok elkülönítése miatt fontos, ebben az esetben a könnyűásványok vizsgálata nem hordozott releváns információt. A tefra szintek nehézásványtani egységessége nem indokolja a makroszkóposan eltérő szint, amely felvethetné a könnyűásványok vizsgálatának szükségességét, ugyanakkor a Paksi Tefra 1 méteres távolságon belüli folytonos rétegben megfigyelhető színváltozása (kanárisárga, vörösbarna) nem lenne magyarázható az ásványos összetétel különbözőségével.

A paleotalajok vizsgálata esetében a löszök ásványainak teljes spektruma kétségtelenül hatással van a pedogén ásványok típusainak képződésére, de a mineralógiai vizsgálatok szükségességének kérdésében a talajmikromorfológiával foglalkozó szakemberek sincsenek egységes állásponton (Stoops és mtsai, 2018). Néhány magyarországi löszfeltárás ásványos összetételére vonatkozó korábbi vizsgálat (Codarcea, 1977; Pécsi és mtsai, 1977; Pécsi-Donáth, 1979; Újvári és mtsai, 2008; Varga és mtsai, 2011; Újvári és mtsai, 2014) alapján megállapítható, hogy nincs jelentős különbség az egyes feltárások között. Az opponensem által a paksi löszfeltárásban végzett vizsgálatok is rámutattak arra, hogy a fiatal löszök képződése során nem kell számolni a lösz poranyagának forrásterületében történt változással, azok elsősorban helyi eredetűek lehetnek (Újvári és mtsai, 2014).

Amennyiben a kérdést az agyaghártyákkal, azok áthalmozottságával összefüggésben vizsgáljuk, akkor valóban lehet szerepe a kapcsolódó löszök ásványos összetétele és szövete meghatározásának, ugyanakkor az agyaghártyák autigén képződésének, vagy az agyag illuviációjának eldöntésében sokkal inkább a mikromorfológiai vizsgálatok nyújthatnak segítséget.

10. Mi bizonyítja a 71. ábra „A” képen látható, a mátrixtól éles határral elkülönülő szöveti elem (a fotó alapján plagioklász mikrolitokat, plagioklász és biotit mikrofenokristályokat tartalmaz) járatkitöltés eredetét? Készült a mintából többirányú metszet?

A képen látható forma talán furcsának tűnhet, de a paleotalajok esetében nagyon gyakori, hogy különböző méretű járatkitöltésekben a mátrixtól valamely tulajdonságában eltérő (szemcseméret, ásványos összetétel, karbonáttartalom) anyag látható. Az alapanyagtól éles határral elkülönülő egységek megjelenését a talajok esetében valamilyen áthalmozást eredményező folyamattal lehet magyarázni. Az általam vizsgált magyarországi löszfeltárások mindegyikében jellemző az erős bioturbáció, ami különböző típusú és méretű állatok tevékenységének köszönhető. A látványos, szabad szemmel is felismerhető, 3-10 cm átmérőjű járatok (krotovinák) mellett kisebb, mm-es átmérőjűek is nagyon gyakoriak, amelyeket a földigiliszták vagy a rovarok fúrása alakított ki.

A konkrét esetben a Basaharc Alsó talaj alsó részéből származó minta (BA3A/5a) erősen bioturbált. A bioturbáció jelenlétét a terepi leírás során is rögzítettem. A talajmikromorfológiával foglalkozó szakkönyvek, a tanulmányaim és a saját, sok éves tapasztalatom alapján azonosítottam járatkitöltésként a képen szereplő formát, amelybe vagy az állatok függőleges irányú mozgásának közvetlen következményeként, vagy az üres járatba passzív módon, a gravitáció vagy a járatban lefelé mozgó víz szállítja az anyagot a jelenlegi helyére. Az éles határral elkülönülő szövet járatkitöltésként történő magyarázatát az is erősíti, hogy ugyanez a durvább szemcsés anyag a vizsgált szint fölött megtalálható.

Megértem opponensem kérdését, hogy szeretne a fentieknél több igazolást is látni, azonban a többirányú metszetek készítése egy adott pont ellenőrzésére nem lett volna könnyen kivitelezhető, és nem is lett volna indokolt. A vékonycsiszolatok készítésének célja az volt, hogy alkalmazásukkal betekintést nyerjünk a paleotalajok szerkezetébe, ezáltal a pedogén és posztpedogén folyamatok időrendiségéről szerezhessünk információkat. Ennek érdekében a mintákat a szelvény leírása során meghatározott paleotalaj-szintek reprezentatív részeiből, irányítottan vesszük. A vékonycsiszolatok az előzetesen impregnált tömbökből készülnek, amelyekből lehetne további, a korábbi metszetre merőleges metszetet készíteni, azonban ilyenek nem készültek. Az általam ismert szakirodalmak és a vonatkozó tanulmányaim (Genti Egyetem Talajtani Tanszék) alapján a többdimenziós metszetek készítése nem bevett gyakorlat, ilyen jellegű megközelítést a terepen, illetve mezoszkópos vizsgálatok során szoktunk alkalmazni.

11. A földigilisztá bioszferoidok stabilizotópos összetétele vizsgálatokor egyértelműen igazolt az egyensúlyi frakcionáció? A karbonátkiválasztást nem befolyásolják kinetikus frakcionációs folyamatok?

Jelen tudásunk szerint erre a kérdésre még nincs biztos válasz, de folynak erre vonatkozó kutatások (Canti és Pearce, 2003; Versteegh és mtsai, 2017). A hőmérséklet, a csapadékvíz és a talajvíz összetétele, a környezet pH-értéke változhat, ami hatással van a frakcionációra.

Kinetikus frakcionáció történik a kristályosodás során, amikor a földigilisztá mészmirigyében termelt mésztej (amorf CaCO_3) átkristályosodik kalcittá, de a környezeti hatásokra a talajba kerülő bioszferoidokban is tovább csökken a $\delta^{13}\text{C}$ értéke. Ezek mellett még valószínűleg biológiai hatások is befolyásolhatják a frakcionációt (Versteegh és mtsai, 2017).

A disszertációmban is megemlítettem, hogy vannak olyan kutatások is (Canti és Pearce, 2003; Prud'homme és mtsai, 2022), amelyek földigilisztákkal végzett kísérletek alapján azt állítják, hogy a földigiliszták EBS termelése az aktív periódusukban (tavasztól ősziig) folyamatosan zajlik, azaz egy egyed akár több bioszferoidot is termel. Ez az interpretáció szempontjából azért jelent problémát, mert az azonos szintben megtalálható EBS-ek nem ugyanazokat a környezeti információkat hordozzák (szezonális), hiszen, ha a

meteorológiai tényezők (csapadék, hőmérséklet, párolgás) eloszlása nem egyenletes ebben a periódusban, akkor az eredményezheti, hogy az évszakok függvényében elsősorban a $\delta^{18}\text{O}$, de a $\delta^{13}\text{C}$ értékek is különbözőek lehetnek.

Jelenleg a HUN-REN ATOMKI-ban dr. Rinyu László vezetésével folynak olyan kísérletek, amelyek során klímakamrában tartott recens földigiliszták bioszferoid kiválasztását vizsgálják.

12. A talajjal együtt elfogyasztott törmelékes karbonátok (kalcit, dolomit egyaránt) izotópos összetétele nem befolyásolja a földigilisztá bioszferoid stabilizotópos összetételét?

Az előbbi kérdéshez kapcsolódva, a földigiliszták által elfogyasztott táplálék és folyadék összetétele hatással van a kiválasztott mész stabil izotóp összetételére. Amennyiben azonban elfogadjuk, hogy a magyarországi löszök poranyagának forrásterülete az elmúlt 800 ezer évben nem változott, akkor az egyes feltárások $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékei elméletileg alkalmasak a környezetváltozások nyomon követésére.

Válasz a tézisek értékelésére

Azokban az esetekben, ahol az opponens véleménye alapján módosítottam a tételen, a törölt részeket félkövér betűtípussal és áthúzással, az újonnan betoldott részeket félkövér betűtípussal és aláhúzással jelölöm.

1. tézis

Elfogadom a bíráló észrevételét, és töröltem a tézisnek a folyamatban lévő vizsgálatokra utaló részét, valamint beépítettem Novák Tibor József opponensem észrevételét is.

Igazoltam a tizenhárom löszfeltárásban azonosított Bagi Tefra réteg egységességét, **és** a kárpátmedencei löszsztratigráfiában MIS 10 korú vezetősztintként való alkalmazhatóságát. ~~a legújabb komplex vizsgálataink alapján is helytállónak tartom.~~

5. tézis

A tézisben nem hivatkozom agyaghártya töredékekre, az egykori erdőtalajok jelenlétét a paleotalajvékonycsiszolatokban felismert helyben képződött (in situ) agyaghártyák jelenlétére alapozom. Az interpretációban a helyben képződött agyaghártyák jelenlétének vagy hiányának van fontos szerepe. Az agyaghártya töredékek megjelenése a többi szinten a bioturbáció miatt lehetséges.

Bár fentiek miatt a tézishez nem kapcsolódik szorosan, de a 9. kérdésre adott válaszütemben leírtam, hogy milyen megfontolások alapján határoztam meg az agyaghártya töredékeket, valamint mikroszkópos fotókkal is illusztráltam az illuviális agyag jelenlétét.

Az egyértelműsítés érdekében javaslatot teszek a tézis két szóval (in situ) való kiegészítésére.

A basaharci, paksi és mendei feltárások Mende Felső, Basaharc Dupla és Basaharc Alsó paleotalajainak mikromorfológiai vizsgálatával igazoltam az **in situ** agyaghártyák jelenlétét, ami erdők alatt végbement kilúgzásra utal, azaz ezek egykori erdőtalajoknak tekinthetők.

7. tézis

A tézisben a hangsúly a korábban egy egységnek leírt BD₁ paleotalajban két felmelegedési eseményt tudtam kimutatni az in situ agyaghártyákra alapozva (Horváth és mtsai, 2025), az ezeket elválasztó világosabb

színű szintben a magasabb karbonáttartalom és az in situ agyaghártyák hiánya a meghatározó jelentőségű. Ugyanez igaz a BA paleotalaj tagolásának elvére is. Ezzel arra szeretnék rámutatni, hogy véleményem szerint az agyaghártya töredék létének elfogadása nélkül is helytállóak a kijelentéseim, hiszen azok jelentősége abban áll, hogy az in situ agyaghártyák hiányát jelzik, így nem befolyásolják a következtetéseimet. Ugyanakkor bízom benne, hogy a 9. kérdésre adott válaszom és a mikroszkóp tárgyasztalának elforgatásával az agyaghártya hullámos kioltását dokumentáló fotósorozat meggyőző volt.

Végül ismételten megköszönöm opponensem rendkívül körültekintő és alapos munkáját, valamint azt is, hogy a munkám nyilvános vitára bocsátását támogatja.

Budapest, 2025. november 4.



Dr. Horváth Erzsébet
habil. egyetmi docens

A válaszban hivatkozott irodalom

- Barta, G. (2011). Secondary carbonates in loess-paleosol sequences: a general review. 3(2), 129-146. <https://doi.org/10.2478/s13533-011-0013-7> (Open Geosciences)
- Becze-Deák, J., Langohr, R., Verecchia, E. P. (1997). Small scale secondary CaCO₃ accumulations in selected sections of the European loess belt. Morphological forms and potential for paleoenvironmental reconstruction. *Geoderma*, 76, 221-252. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(96\)00106-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(96)00106-1)
- Canti, M. G. és Pearce, T. G. (2003). Morphology and dynamics of calcium carbonate granules produced by different earthworm species. *Pedobiologia* 47., 511-521. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00221>
- Codarcea, V. (1977). Percentage distribution of heavy minerals in the loess profiles at Paks and Mohács: (Grain size 0,30-0,06mm). *Földrajzi Közlemények*, 101 (25)(1-3), 138-144. https://real-j.mtak.hu/10116/1/FoldrajziKozlemenyeke_1977.pdf
- Gocke, M., Pustovoytov, K., Kühn, P., Wiesenberger, G., Löscher, M., Kuzyakov, Y. (2011). Carbonate rhizoliths in loess and their implications for paleoenvironmental reconstruction revealed by isotopic composition: $\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C . *Chemical Geology*, 283(3-4), 251-260. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2011.01.022>
- Horváth, E., Bradák, B., Barta, G., Szeberényi, J., Csonka, D., Végh, T., Novothny, Á. (2025). Unravelling pedogenic processes at Basaharc Loess profile in Hungary: Insights from climate proxies. *Quaternary International*, 750. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2025.110005>
- Klappa, C. F. (1980). Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis and significance. *Sedimentology*, 27, 613-629.
- Kriván, P. (1957b). Felsőpleisztocén (rissi) andezitvulkánosság nyomai a paksi szelvényben. *Földtani Közlöny*, 87(2), 205-210.
- Kriván, P. és Rózsavölgyi, J. (1962). Felsőpleisztocén (rissi) andezitvulkánosság nyomai Aszód környékén. *Földtani Közlöny*, 92(3), 330-333.
- Kriván, P. és Rózsavölgyi, J. (1964). Andezituffit vezetőszint a magyarországi felsőpleisztocén (rissi) lösz-szelvényekből. *Földtani Közlöny*, 94(2), 257-265.

- Pécsi-Donáth, É. (1979). Thermal investigation of the loesses from Mende profile. *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 22, 391-395.
- Pécsi, M., Pécsiné, D. É., Szebényi, E., Hahn, G., Schweitzer, F. (1977). Paleogeographical Reconstruction of Fossil Soils in Hungarian Loess= A magyarországi löszök fosszilis talajainak paleogeográfiai ártértekélese és tagolása. *Földrajzi Közlemények*, 101(1–3), 95-137.
- Prud'homme, C., Fischer, P., Jöris, O., Gromov, S., Vinnepand, M., Hatté, C., Vonhof, H., Moine, O., Vött, A., Fitzsimmons, K. E. (2022). Millennial-timescale quantitative estimates of climate dynamics in central Europe from earthworm calcite granules in loess deposits. *Communications Earth & Environment*, 3(1), 267. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00595-3>
- Sági, T., Kiss, B., Bradák, B., Harangi, S. (2008). Középső-pleisztocén löszben előforduló vulkáni képződmények Magyarországon: terepi és petrográfiai jellemzők. *Földtani Közlöny*, 138(3), 297-310.
<https://ojs.mtak.hu/index.php/foldtanikozlony/article/view/2828?articlesBySameAuthorPage=2>
- Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F. e. (2018). *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (G. Stoops, V. Marcelino, F. Mees, Eds. 2. ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-01728-5>
- Újvári, G., Varga, A., Balogh-Brunstad, Z. (2008). Origin, weathering, and geochemical composition of loess in southwestern Hungary. *Quaternary Research*, 69(3), 421-437. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2008.02.001>
- Újvári, G., Varga, A., Raucsik, B., Kovács, J. (2014). The Paks loess-paleosol sequence: A record of chemical weathering and provenance for the last 800ka in the mid-Carpathian Basin. *Quaternary International*, 319, 22-37. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.04.004>
- Varga, A., Újvári, G., Raucsik, B. (2011). Tectonic versus climatic control on the evolution of a loess–paleosol sequence at Beremend, Hungary: an integrated approach based on paleoecological, clay mineralogical, and geochemical data. *Quaternary International*, 240(1), 71-86. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.10.032>
- Versteegh, E., Black, S., Hodson, M. (2017). Carbon isotope fractionation between amorphous calcium carbonate and calcite in earthworm-produced calcium carbonate. *Applied Geochemistry*, 78, 351-356. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.01.017>