

## Középső-pleisztocén löszben előforduló vulkáni képződmények Magyarországon: terepi és petrográfiai jellemzők

SÁGI Tamás<sup>1</sup>, KISS Balázs<sup>1</sup>, BRADÁK Balázs<sup>2</sup>, HARANGI Szabolcs<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Kőzettan-Geokémiai Tanszék, Budapest, Pázmány P. 1/C

<sup>2</sup> ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék, Budapest, Pázmány P. 1/C

---

### *Middle Pleistocene volcanic deposits in loess in Hungary: field and petrographical characteristics*

#### Abstract

Complex field-descriptions and a scanning electron microscope (SEM) study of the Bag Tephra were elaborated in 11 loess/palaeosol sequences belonging to the Paks Loess Formation. Components of the tephra, the mineral/volcanic glass ratio, and the relationship between loess and tephra were defined.

The juvenile components (phenocrysts) identified include: clinopyroxene (ferro-diopside), sanidine, plagioclase, apatite, biotite and leucite; whereas quartz, calcite, albite, dolomite, olivine and garnet were interpreted as xenocrysts. Fresh volcanic glass shards can be found only in one outcrop, at Pásztó. Remarkably, two types of glass shards were identified in this deposit. In all the other localities the glass shards had been thoroughly altered and in many cases had also lost their original shape and structure. Alteration of the glass shards could be post-depositional. Originally most of the glass shards had cusped margins and contained vesicles; however, platy-shaped glass shards were also recognised.

Based on the petrographic and field investigations the tephra deposits, originally classified as a single volcanic horizon, could be divided into two groups. The first one contains three localities and is characterized by its patchy appearance and diffuse boundary with the loess and finer-grained components. The second group includes eight localities around Pásztó and they indicated clearly the presence of the fresh glass shard population. These volcanic deposits form a continuous layer in the loess and the contacts were observed to be sharp.

It can be concluded that two types of tephra deposits exist in the Hungarian loess localities. They have fairly similar mineralogical assemblages, but differ in their respective structures. Both volcanic deposits could have their origins in a violent plinian-phreatoplinian eruption of one of the volcanoes of Central Italy; however, the exact source is still not clear.

*Keywords: Bag Tephra, Middle Pleistocene, petrography*

---

#### Összefoglalás

A Paksi Lösz Formáció tizenegy, tefraszintet tartalmazó löszfeltárásról részletes terepi leírásokat készítettünk. A vulkáni anyagot újszerű módon vizsgáltuk. A teljes kőzetből készült vékonycsiszolatok pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata alapján határoztuk meg a fő ásványos összetevőket és a szöveti kapcsolatokat, az ásványos összetevők és a kőzetüvegszilánkok arányát, lösszel való kapcsolatát. A tefra ásványos alkotói közül juvenilis elegyrésznek (fenokristálynak) határoztuk meg a klinopiroxént (ferro-diopszidot), sanidint, apatitot, biotitot, leucitot és a plagioklászot. Xenokristályként osztályoztuk a kvarcot, kalcitot, dolomitot, albitot, gránátot és az olivint. Űde leucitot csak Pásztóról sikerült kimutatni, azonban egykori jelenlétét más lelőhelyen is valószínűsítjük, de ott magát az ásványt nem, csak annak helyét észleltük a kőzetüvegben. Űde kőzetüvegszilánkot ugyancsak Pásztóról sikerült kimutatnunk, ahol két típust is elkülönítettünk. Az üvegszilánkok formája lemezes, vagy ívelt hólyagüreges. A petrográfiai, valamint a terepi és makroszkópos megfigyelések alapján két, egymástól több tulajdonságban is eltérő vulkáni egységet különítettünk el a korábban egységes horizontként leírt bagi tefrából. Az egyik lencsés-pecsétes megjelenésű, a lösszel jobban keveredett, kisebb méretű üvegszilánkokkal jellemezhető, a másik élesebben különül el a lösztől, az előzőhöz képest folytonos réteget képez benne, és az üvegszilánkok mérete is nagyobb. Értelmezésünk szerint a csoportok két külön rétegtani szintet képeznek, azaz különböző korúak. Ennek tükrében a tefrarétegek egységes regionális horizontként való kezelése újragondolandó.

*Tárgyszavak: bagi tefra, középső-pleisztocén, petrográfia*

## Bevezetés

Hazánkban jelentős területet fed le a negyedidőszaki környezet- és klímarekonstrukcióban nagy szerepet betöltő lösz. A különböző, közel azonos korúnak tartott lösz- paleotalaj-szelvények párhuzamosításakor fontos szerepet játszanak az olyan jellegzetes szintek, rétegek, amelyek nem csak egy szelvényben vagy egy kisebb területen, lokálisan jelennek meg, hanem akár regionálisan is nyomozhatók. Ide tartoznak például a tefrárétegek, melyek heves vulkáni kitörés nyomán halmozódnak fel akár több száz vagy ezer kilométer távolságban is. Ezek a vezetősíntek nem csak az egyes feltárások közti térbeli kapcsolatot jelentik, hanem koruk alapján a szelvényeket alkotó rétegeket időben is összefűzik. A magyarországi löszfeltárások rétegtani elemzése során ilyen vezetősínt szerepét töltheti be a bagi tefra (HORVÁTH et al. 1992).

A paksi téglagyár szelvényéből 50 évvel ezelőtt KRIVÁN (1957) írt le először egy „2–5 cm vastag, élénk citromsárga, üde, biotitban gazdag, finomszemű, laza, törmelékes réteget”. A kizárólag légi úton szállított „(anemo-) amfibolandezit-tufit” forráshelyéül a kárpáti-övezet pleisztocén korban is aktív dél-hargitai vulkáni területét jelölte meg. A hatvanas évekre a tefrát tartalmazó feltárások száma ötre bővült. A vulkáni anyag felhalmozódását KRIVÁN (1957), illetve KRIVÁN & RÓZSAVÖLGYI (1962, 1964) a riss eljegesedés idejére helyezte és a löszszelvények párhuzamosításában nagy szerepet játszó vezetősíntként jelölte meg. HORVÁTH et al. (1992), POUCKET et al. (1999) és HORVÁTH (2001) pontosították a tefrával kapcsolatos ismereteket és további előfordulásokat írtak le. A tefraszint anyagának elemzése alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az összes vulkanikus anyag egy kitörés terméke. Ekkor javasolták a képződménynek a bagi tefra nevet<sup>1</sup>. A tefra ásványos és kémiai összetételét szeparált ásványfrakciókból határozták meg. Az új eredmények segítségével igyekeztek meghatározni a vulkáni üledék forrásrégióját. Arra a következtetésre jutottak, hogy a közép-olaszországi Colli Albani vulkanikus terület közel 350 ezer éves Villa Senni kitörése lehetett, amely a tefra anyagát szolgáltatta (HORVÁTH et al. 1992, POUCKET et al. 1999, HORVÁTH 2001).

Az egységes tefraszinttel ellenkező álláspontot képviselnek HUM & SÜMEGI (2001), illetve HUM (2005) a mórággyi és dunaszekcsői tefraszintet tartalmazó feltárások őslény-tani, malakológiai vizsgálata alapján. Feltételezték, hogy az általuk vizsgált négy feltárásban az általuk tufitnak nevezett anyagot tartalmazó löszköteg eltérő időszakban keletkezett. Így a korábbi vizsgálatok során egységes szintként kezelt bagi tefra nem egykorú, azaz több pleisztocén vulkánkitörés terméke is eljuthatott a Kárpát-medencébe.

Az eddigi vizsgálatok eredményei tehát úgy tűnik, ellentmondások abban, hogy egy vagy több vulkáni réteg található a Kárpát-medencei középső-pleisztocén löszben,

és forrásterületek azonosítása sem egyértelmű. Ezeknek a problémáknak a tisztázása fontos kérdés a vulkáni szint, esetleg szintek rétegtani helyzetének pontosítása és vezetősíntként történő elfogadása során, ezért újvizsgáltuk a löszben előforduló vulkáni rétegeket. Ebben a munkában a terepi és petrográfiai eredményeinket foglaljuk össze, míg a geokémiai eredményeket egy ezt követő cikkben mutatjuk be.

## Tufa, tufit vagy tefra?

Az eddig megjelent értekezésekben különféle megnevezéssel illették a löszben előforduló vulkáni réteget. KRIVÁN (1957) tufitról írt, majd HORVÁTH (1992) tefrának nevezte. Ezt a megnevezést alkalmazta POUCKET et al. (1999) is. HUM (2005) azonban visszatért a tufit megnevezéshez. A vulkanológiai szakirodalom a következő képpen definiálja az egyes terminusokat:

*Tefra*: explozív vulkáni kitörés során az atmoszférába került fragmentált vulkanikus anyagból kiülepedett, konszolidálatlan üledék. Szemcsemérete alapján a finomszemcsés hamutól a méteres blokkokig mindent tartalmazhat (CASHMAN et al. 2000, THORNTON 2000, DEHN & MCNUTT 2000).

*Tefráréteg*: néhány centiméter vastag, javarészt üveg-szilánkokból álló, vulkáni hamuréteg. Extrém nagy elterjedésűek, több 100, esetleg 1000 km-re is megtalálhatók az anyagukat szolgáltató vulkántól szárazföldön és óceáni medencékben is. Anyaga javarészt savanyú magmák robbanásos kitörése során, magas kitörési oszlopból kerül az atmoszférába (SIGURDSSON 2000).

*Tufa*: konszolidált vulkáni hamura használt általános kifejezés. A szemcsék 75%-ának mérete kisebb, mint 2 mm. A finomszemcsés tefrák hamar tufává alakulhatnak, mivel azokat legnagyobb részben termodinamikailag instabil kőzet-üveg-szilánkok alkotják, amelyek könnyen reagálnak a talaj- vagy tengervízzel és az alkáliák, a kalcium eltávozik belőle, majd a pórusokban és az üveg-szilánkok között új ásványok, főképp zeolitok alakulnak ki. A tufa, az uralkodó alkotó alapján lehet kristálytufa, üvegtufa, kőzettörmelékes tufa (DEHN & MCNUTT 2000, SCHMINCKE 2000).

*Tufit*: nemzetközileg ma már nem elfogadott (BREITKREUZ 2007, szóbeli közlés), hazánkban azonban még használt kifejezés. A magyar szakirodalomban alkalmazott definíciója szerint a tufit olyan vulkáni törmelékes kőzet, amelyben a piroklasztitok — a robbanásos kitörés során keletkezett és lerakódott törmelékdarabok — mennyisége 75–25%, azaz a vulkáni anyag leülepedése során nem vulkáni üledékkel keveredik (KARÁTSÓN 1998).

Az elvégzett vizsgálatok során számos olyan megfigyelést tettünk, amely segíthet a képződmény pontos definiálásában. A vulkanikus szintben található anyag a mórággyi lelőhelyet kivéve nehezen morzsolható, ellenálló, kompakt tulajdonságú. Az elporított anyag 10%-os hideg sósav kezelése során minden lelőhelyen karbonátot és vastartalmú kötőanyagot mutattunk ki. A petrográfiai vizsgál-

<sup>1</sup> HORVÁTH et al. (1992) a Bagi Tefra elnevezést javasolta egységesen a löszben megjelenő vulkáni képződményre. A Magyar Rétegtani Bizottság elvei alapján formáció vagy tagozat szinten a képződmény a Bagi Tefra nevet viselhetné, azonban mivel rétegtani besorolása még nem megoldott, ezért munkánkban a kisbetűs írásmódot alkalmazzuk, azaz a bagi tefra elnevezést használjuk.

latokból kiderült, hogy a vulkáni üvegszilánkok — a pásztoi lelőhely kivételével — mindenhol átalakultak, sőt sok esetben alakjuk is megváltozott. Feltételezhető tehát, hogy a vulkáni réteget különböző oldatok erősen átjárták és a lerakódott anyag tömörödött. Ugyanakkor, a mikroszkópos vizsgálatok kötőanyagot nem tártak fel. A vulkáni réteg többnyire tiszta, csupán néhány helyen figyeltük meg a lösszel való keveredését. Mindezek, valamint a pleisztocén löszökben található vulkáni rétegek nemzetközi publikációkban alkalmazott megnevezése alapján a tefra elnevezést találjuk a legmegfelelőbbnek. E munkában a képződményre használjuk a HORVÁTH et al. (1992) által javasolt és széles körben elterjedten használt bagi tefra terminust.

### Földtani háttér — a bagi tefra sztratigráfiai helyzete és felhalmozódásának kora

A lösz/paleotalaj típusfeltárások rétegtani alapon történő részletes tagolására és párhuzamosítására PÉCSI (1965a, 1975) tett kísérletet<sup>2</sup>. A legidősebb egység, a késő-pannóniai–pliocén korú rétegekre települt dunaföldvári összlet (tagozat?). A rétegsor sztratotípusának a Dunaföldvár 1974/1-es fúrás szelvényét tartják (PÉCSI et al. 1979) Korát, a párhuzamosítások és a magnetosztatigráfiai vizsgálatok alapján, meglehetősen széles időskálán, a gilbert időszaktól (!) a jaramillo normál polaritású eseményéig (matuyama „időszak” 0,78–2,58 M éve) húzódó időegységben határozták meg (PÉCSI 1993). A feltételezett rétegtani diszkordanciák, és a radiometrikus koradatok hiányában ez a megállapítás csak feltevésként fogadható el.

A dunaföldvári összletre települ az üledékföldtani-paleotalajtani vizsgálatok alapján két kisebb egységre osztott paksi összlet. A „tagozat” alsó szakaszának jelentősége, hogy PÉCSI & PEVZNER (1974), a Nemzetközi Rétegtani Bizottság (International Commission on Stratigraphy, ICS) által jelenleg elfogadott, a kora- és középső-pleisztocén határát jelképező, brunhes/matuyama mágneses pólusfordulást (0,78 M év) a Paks–dunakömlödi (PDK) és Paksi alsó dupla (PD<sub>1</sub>) fosszilis talaj közti löszréteg keletkezésének idejére helyezik. PÉCSI et al. (1995), későbbi vizsgálataik alapján, újra definiálták a brunhes/matuyama paleomágneses átfordulást rétegtani helyzetét és a Paksi alsó dupla paleotalaj-komplexum két paleotalajszintjét tagoló üledékes réteghez kapcsolták.

A „fiatal lösznek” is nevezett egység alsó részét a mendé–basaharci összlet képezi (PÉCSI 1975, 1993). A mendé–basaharci összlet legalsó egységét alkotó Mendei

bázis (MB<sub>1-2</sub>) paleotalajt további paleotalajok, paleotalaj-komplexumok követik, sorrendben a Basaharci alsó (BA), Basaharci dupla (BD<sub>1-2</sub>), Mendei felső (MF<sub>1-2</sub>) fosszilis talajok (PÉCSI et al. 1977, PÉCSI 1993). Ebben az összletben, a Mendei bázis és Basaharci alsó fosszilis talajszintek közti löszben található a bagi tefra szintje.

A záró, dunaújváros–tápiószüli összletet, két, gyengén fejlett humuszos szint (h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>) tagolja. A <sup>14</sup>C és lumineszcens kormeghatározások alapján (PÉCSI 1995, FRECHEN et al. 1997) ezek a „talajkezdemények” az utolsó eljegesedési fázis egyes viszonylag melegebb és nedvesebb, talajképződésre alkalmas időszakait képviselik (würm, késő-pleni-glaciális 21–23 ezer, illetve 16–17 ezer év).

A Magyar Rétegtani Bizottság, neogén és negyedidőszaki képződményekkel foglalkozó munkacsoportja Tengei Vörösmarty és Paksi Lősz Formáció néven foglalta össze, és nem tagolta tovább alacsonyabb szintű rétegtani egységekre az alapszelvényként elfogadott löszfeltárások és szubaerikus rétegek rétegsorait (CSÁSZÁR szerk. 1997).

A lösz-paleotalaj-szelvények tagolását körbejáró, évtizedek óta húzódozó tudományos vita egyik kulcspontja a bagi tefra rétegtani és geokronológiai szerepének tisztázása. PÉCSI (1965a) a Mendei bázis talajt az utolsó interglaciális, azaz riss–würm (eem) szakasszal kapcsolta össze, a rétegtanban egyre szélesebb körben használt tengeri oxigénizotóp-görbék 5e stádiumának (MIS 5e) felel meg. Ezen feltevés alapján a tefra leülepedése a würm eljegesedés alatt történt (~70–10 ezer éve), jóval későbbi, mint ahogy KRIVÁN & RÓZSAVÖLGYI (1962, 1964) feltételezték. A vizsgálati módszerek fejlődése és a bagi tefra részletes elemzése azonban a rétegtani beosztás újraértelmezését sürgették. A paleotalajok aminosav-sztatigráfiai korbesorolása során (OCHES & MCCOY 1995) a vulkáni szint felett húzódó Basaharci alsó talaj 339 ezer évesnél idősebbnek bizonyult, a Mendei bázis fosszilis talajszint pedig 423 ezer évnél biztosan korábban képződött. A tefra felhalmozódása ezek alapján tehát egy közel százezer éves időintervallum egyik szakaszára 423 és 339 ezer év közé tehető. Ezek a vizsgálati eredmények alátámasztják a tefra párhuzamosításokkal kapott, körülbelül 350 ezer éves korát (POUCLLET et al. 1999, HORVÁTH 2001). A vizsgált lösz, és a közrefogó paleotalajszintek vizsgálata során használt lumineszcens (BUTRYM & MARUSZCZAK 1984, ZÖLLER & WAGNER 1990, PÉCSI 1995) koradatok a módszer technikai korlátai (jelenleg magyarországi lösz/paleotalaj sorozatokon 100 ezer éves „korhatár”) miatt nem értelmezhetők. A fentiek alapján a Mendei bázis talajkomplexum felső tagjának kialakulása a középső-pleisztocén egyik interglaciális szakaszában (mindel–riss?) vagy a következő glaciális egy stadiális időszakában történt. A talajképződést követő újabb porhullás és a bagi tefra felhalmozódása, az interglaciális legvégén, vagy az azt követő eljegesedés alatt, a 10. vagy a 8. tengeri oxigénizotóp-stádiumban (10 v. 8 MIS, ~351 ezer éve) történhetett (FRECHEN et al 1997, POUCLLET et al. 1999, HORVÁTH 2001).

A tefra jelenleg 12 hazai feltárásból ismert, úgymint: Bag, Basaharc, Dunaszekcső, Galgahévíz, Hévízgyörk, Isaszeg, Kőkény, Mórág, Paks, Pásztó, Pócsa, Sióagárd.

<sup>2</sup> A Magyar Rétegtani Bizottság rétegtani tagolása (CSÁSZÁR szerk. 1997) és PÉCSI (1975) által lefektetett rétegtani tagolást még nem sikerült teljes mértékben összhangba hozni. Erre lehet példa maga a Paksi Lősz Formáció (CSÁSZÁR szerk. 1997) sztratotípusa – a paksi löszfeltárás – ahol a legfiatalabb, PÉCSI (1975) által dunaújváros–tápiószüli összletnek (itt nem alkalmazva a tagozatokra vonatkozó írásmódot mert nem elfogadott rétegtani egységről van szó) nevezett egység nincs képviselve. Az értekezésben a „nagyobb felbontású”, PÉCSI (1975) által alkalmazott litológiai rendszert alkalmaztuk.

A paleotalajok, illetve a tefraszint(ek) rétegtani egységként történő kezelése, besorolása szintén kérdéses. A paleotalajok, olyan egységek, melyek lényegében állandó (konstans) környezeti feltételek mellett rakódtak le – ebben az esetben keletkeztek – azaz az eljegesedéseket megszakító melegebb, nedvesebb interglaciális, interstadiális periódusokban, ezért rétegeként értelmezhetők.

KRIVÁN (1957) a paksi lelőhely „anemotufitját” amfibol-andezit-tufitként határozta meg. KRIVÁN & RÓZSAVÖLGYI (1964) zöldamfibolt, biotitot és apatitot említ öt lelőhelyről: Hévízgyörk, Aszód (ezt a feltárást azonos az általunk baginak nevezettel) Paks, Sióagárd és Dunaszekcső. A további kutatások alkalmával meghatározták a tefra nehézasványos összetételét (HORVÁTH et al. 1992, POUCKET et al. 1999, HORVÁTH 2001): uralkodóan klinopiroxént, mellette néhány százalékban barnaamfibolt, olivint és titanitot említenek.

### Mintavételi és analitikai módszerek

A terepi mintagyűjtés során mindegyik lelőhelyen irányított mintavételezést hajtottunk végre. A tefraréteg egy nagyjából 15–20 cm-es darabja körül késsel, és ahol a lösz keménysége, valamint a mészkonkréciók miatt szükséges volt, geológuskalapáccsal négyzet alakú vájatot készítettünk, majd a félig kifaragott „lösztegla” hátsó falát lefaragva óvatosan leválasztottuk a falról. A tefratartalmú lösztömböt levegőn száradni hagytuk, majd vasfűrészszel normál kőzet-tani vékonycsiszolathoz megfelelő méretű darabot vágunk ki belőle.

A beágyazáshoz Araldit műgyantát és vízlégszivattyút használtunk, azonban a legtöbb esetben a vákuumos kezelés ellenére sem sikerült a gyantának átjárni még a kis tefradarabokat sem. A megszilárdult mintából vékonycsiszolatot készítettünk. Mivel a mintákat nem teljesen járta át a műgyanta, a csiszolatok javát nem lehetett megfelelő vékonyságúra csiszolni. Ez, valamint az alkotó szemcsék rendkívül kicsi (néhány tíz mikrométer) mérete a legtöbb esetben megakadályozta, hogy azokat polarizációs mikroszkópban vizsgáljuk, ezért a petrográfiai vizsgálatokat pásztázó elektronmikroszkóp segítségével végeztük el. Az ELTE FFI Kőzetan-Geokémiai Tanszékének pásztázó elektronmikroszkópjával — AMRAY 1830 I/T6 típus — mely kémiai elemzésre alkalmas berendezéssel — PU9800 ED-spektrométer — is rendelkezik visszazórt elektronképeket készítettünk. A képek készítésekor 15 kV gyorsító feszültségen méréseket végeztünk a vulkáni üveg és az ásványok összetételének meghatározására.

### A vizsgált feltárások leírása

A magyarországi, tefrát tartalmazó szelvények közül 11 feltárást vulkáni anyagát vizsgáltunk részletesen, (1. ábra) Pakson a déli fal elhanyagolt állapota nem tette lehetővé a tefra tanulmányozását. A lelőhelyeken elsősorban a tefra makroszkópos megjelenését, tulajdonságait és rétegtani helyzetét vizsgáltuk. A terepi leírást követően a tefrák színét légszáraz és nedves állapotban

Munsell-féle színskála segítségével határoztuk meg. A leírás során a szín mögötti zárójelben szereplő első Munsell-kód a légszáraz, a második a nedves állapotot jelöli. A terepi leírások célja az eddig különböző formában (gyakran kézirat, illetve nem publikált terepi napló, diplomamunka, illetve publikált értekezések) megjelent, vulkáni szinthez kapcsolódó terepi megfigyelések (BÁNHIDI 1999; HORVÁTH 1987, 1992, 2001; HORVÁTH et al 1992; HUM 2005; HUM & SÜMEGI 2001; KRIVÁN 1965; KRIVÁN & RÓZSAVÖLGYI 1962, 1964; POUCKET et al. 1999) összegzése, pontosítása, továbbá a feltárások jelenlegi állapotának dokumentálása volt.

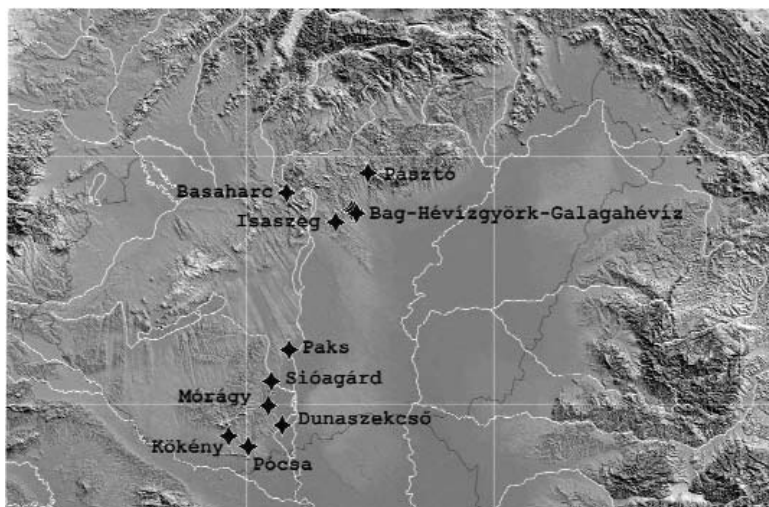
### Bag

A KRIVÁN & RÓZSAVÖLGYI (1962) által még Aszódhoz kapcsolt kibukkanás a 3-as főút mellett található a Bagtól délnyugatra lévő fogadónál. A felhagyott bagi (csintoványi) téglagyári fejtőt szinte teljesen benőtte a növényzet, azonban a szürke színű (10YR6/2; 10YR4/2), porózus, lyukacsokkal teli, hullámos lefutású vulkáni szint még mintázható volt.

KRIVÁN (1965) észlelési naplójának bejegyzése és HORVÁTH (1987, 1992) leírása alapján a tefraszint egy deráziós völgy által roncsolva jelenik meg. A vulkáni szint fölött lösz, illetve egy markánsabb kalcium-karbonát szinttel rendelkező paleotalaj települ. Ez a deráziós forma és az említett profil azonban a feltárást beborító növényzet miatt már nem azonosítható.

### Basaharc

Talán ez az egyik legjobban megkutattott, s egyben a legtöbb kérdést felvető feltárást a vizsgált szelvények közül. A T. DOBOSI & VÁRI (1997) által ismertetett első ősgerinces és régészeti leleteket követően, kiterjedt, a löszképződmények rétegtani tagolásához kapcsolható részletes vizsgálatok csak a hatvanas évektől kezdődtek (PÉCSI 1965a, b, c). A bányában megtalálható különböző szelvé-



1. ábra. A Paksi Lösz Formáció tefrát tartalmazó feltárásai Magyarországon  
Figure 1. Tephra outcrops in Hungary in the Paks Loess Formation

nyeket napjainkig számos, a negyedidőszak-kutatásban alkalmazott módszerrel vizsgálták (PÉCSI 1975, 1993, BUTRYM & MARUSZCZAK 1984, WINTLE & PACKMAN 1988, ZÖLLER & WAGNER 1990, OCHES & MCCOY 1995; FRECHEN, et al. 1997, SÜMEGI & KROLOPP 2005). Az általunk vizsgált feltárások közül a basaharci szelvény tartalmazza a legtöbb paleotalajszintet. A löszstratigráfiában mende–basaharci összlet néven összefoglalt egység valamennyi fosszilis talajszintje megtalálható benne, kivéve a kezdő tagot jelentő Mendei bázis fosszilis talajt.

A bánya ÉK-i oldalában, közvetlenül a bányabejáró mellett, a „bástya” elnevezésű részen található feltárásban bukkan elő HORVÁTH (2001) által leírt tefra. Egy erőteljes kifejlődésű sötétbarna, Basaharci alsó fosszilis talajként meghatározott talaj alatt, a profil fekjét alkotó löszben figyelhető meg a világossárga színű (2.5Y8/6; 10YR5/6), adott szintben megjelenő, helyenként változó vastagságú folyamatos, másutt diszkrét lencsékben megjelenő tefra. A vulkanikus „szint” vastagsága nem éri el az 1 cm-t, a mintavétel helyén a szelvénytetőtől számítva 4 méteres, a talaj alsó határától 0,5–1,0 m-es mélységben húzódik.

### Dunaszekcső

Elsőként KRIVÁN & RÓZSAVÖLGYI (1964) írt le a településen található, mára már megszűnt, feltöltött téglagyár szelvényéből és a pincesor falából tefraszintet. KRIVÁN (1965) észlelési naplójában azonban már két tefraszintet is említ, azonban az egykori bánya területéről leírt két szint megléte már nem ellenőrizhető, így az sem, hogy ténylegesen két különböző szintről, illetve csak egy, a terület domborzati fejlődése, esetleges áthalmazások miatt „megket-tződött”, vagy a környezet különbségéből fakadóan „in situ” átalakulásokat szenvedett szintről van-e szó. HORVÁTH (1992) egy vörösesbarna színű, a löszhöz „meszes, hullámos felülettel” kapcsolódó eltemetett talaj alatti löszpásztában — tehát azonosnak feltételezett rétegtani helyzetben — vörösbarna, illetve sárga színű vulkáni eredetű anyagot említ. HUM & SÜMEGI (2001), illetve HUM (2005) a dunaszekcsői és mórággyi feltárásokon és fűrómagokon végzett malakológiai vizsgálataik alapján a paleoökológiai különbségekből következően nem tartják elképzelhetetlennek több vulkáni szint megjelenését a vizsgált szelvényekben.

A vizsgált, közel 10 m magas dunaszekcsői feltárás a település belterületén, a Petőfi utca 322/d számú Révész borozó mellett található (I. tábla 2.). A HORVÁTH (1992) által leírt lelőhely — Felszabadulás utca 87. sz. — ma a Petőfi utca 87. sz. alatt található (ez a rendszerváltáskor történt utcanev-változtatás eredménye). Rétegtani jellemzője hasonló az eddigi leírásokhoz, a világos sárgásbarna, limonit és kalcium-karbonát kiválásokat tartalmazó, állat- és gyökérjáratokkal erősen átkevert lösz fedőjében egy körülbelül 1 m vastag vörösesbarna talajréteg húzódik. A löszbe települő tefra változó vastagságú (~3 cm), hullámos lefutású, helyenként elvékonyodó, kiékelődő, barna színű (2.5Y7/2; 2.5Y4/4) réteg (I. tábla 2.). A közel folytonos réteg a vizsgált

szelvénytől eltávolodva az út menti feltárás további részein is követhető. A tefra a mintavétel helyén a szelvénytetőtől számítva 3,9 méteres mélységben helyezkedett el.

### Galgahévíz

A Galgahévíz település közelében, a Galga II/b teraszán található feltárásból először HORVÁTH et al. (2001) írt le a bagi tefraként azonosított vulkáni szintet. A vizsgált szelvény a vasútállomástól 200 méterre, az ÉK felé menő földút mellett található. Az úttól körülbelül 25 métert távolodva észak felé érjük el a löszfalat, amelyet egy felhagyott bánya tár fel. A fal íves lefutású, magassága a K-i oldalon kb. 5,5 m. A feltárás alsó szakaszán található vulkáni eredetű anyag fölött barna színű paleotalaj települ.

A mintákat a feltárás K-i végében gyűjtöttük, az É–D-i csapású falrészről. A tefraszint lefutása a feltárás kis méretéből adódóan nem ítéltető meg. Az élénksárga-kanárisárga színű (2.5Y7/4; 7.5YR5/6) vulkáni réteg 1 cm-nél vékonyabb. A tefra lencsésen települ a feké löszre, a szelvénytetőhöz képest 2,5 méteres mélységben húzódik.

### Hévízgyörk

A löszfeltárás, amiben KRIVÁN & RÓZSAVÖLGYI (1964) említ először vulkáni szintet (szinteket), a vasútállomással szemben, attól É-ra található. KRIVÁN jegyzetei szerint (in: HORVÁTH 1992) a tefra szürke színe a feltárás középső szakaszában sárgára vált, majd újra szürke lesz. HORVÁTH (1992) sárga színű anyagot vizsgált, a törmeléklejtő által elfedett szürke színű szintet csak a törmelékletű legutóbbi időben elkezdett újrabontása tárta fel. A feltárásban jelenleg három helyen azonosítható vulkáni anyag. A frissen bontott közelítőleg 15 m magas szelvényrész fekjét feltehetőleg áthalmazott, finoman rétegzett agyagosabb és kőzetlisztes-homokos sávokból álló anyag alkotja. Erre települ az a közel 2 m vastag lösz, melyben az általunk vizsgált szürke színű (2.5Y5/2; 2.5Y4/4), 2–3 cm vastag (II. tábla 1.) lencsés településű tefraréteg, ami a mintavétel helyén a talp fölött ~4,5 m magasan található. A lösz fölött két, vörösesbarna, illetve barna színű, kalcium-karbonát koncentrációval tagolódupla paleotalajszint települ. A tefra az alsóbb helyzetű paleotalaj alatt tárult fel, attól mintegy 80 cm-re. A paleotalaj felső tagjára a lösznél durvább, kőzetlisztes-homokos anyag települ, melyen a rétegsort fedő recens talaj alakult ki.

Az ismertett szelvénytől 10 méterre ÉNy-i irányban található egy másik tefrakibukkanás. A löszfalról lehorodott törmelékalást aljában egy 3 m magas, 4 m széles kibukkanásban figyelhető meg a körülbelül 1–1,5 cm vastag kanárisárga tefra. Felette éles határral, kevert szövetű, sötétbarna, áthalmazott lösz található. A vulkanikus szint alatt 1,5 m vastag, egységes, zavartalan településű lösz van. A vulkáni szint közel az áthalmazott és a nem áthalmazott anyag határvonalán helyezkedik el, rétegtani helyzete bizonytalan, nem zárható ki a recens áthalmazódás lehe-

tőssége. A harmadik feltárásrész anyaga, amelynek közepében HORVÁTH (1992) sárga színű szintet említ, nem volt alkalmas a mintavételre.

### *Isaszeg*

A körülbelül 8 m magas feltárást Isaszeg határában a Paphegyen futó útbevágásban található. A szelvény jelentős részét egy vörösesbarna, barna színű, erősen fejlett paleotalaj képezi, mely a feltárást tetejéig tart (I. tábla 1.). A feltárást alsó harmadában, a fosszilis talaj alatt húzódik az a löszpászta, melyben HORVÁTH & BRADÁK (2003) először említett tefraszintet. A lencsésen települő, pecsétetes megjelenésű, legfeljebb 1 cm vastagságú vulkáni réteget makroszkóposan élénksárga színe (2.5Y7/4; 7.5YR6/6) különíti el a lösztől (I. tábla 3., 4.). Hosszan követhető lefutása, dőlése a maitól eltérő paleodomborzati viszonyokat tükrözi. A mintavétel helye mintegy 3,5 m-rel a szelvénytető alatt volt.

### *Kökény*

A vulkáni eredetű szintet tartalmazó, közel 4 m magas löszfeltárást Kökénytől nyugatra, a település pincesorával szegélyezett löszmélyútban található. A szelvény fedőjében egy világosbarna színű fosszilis talaj figyelhető meg, mely alatt 60–70 cm-rel húzódik a tefraszint, amely 1–1,5 cm-es vastagságú, élénksárga színű (10YR6/6; 10YR5/4) egységes, hullámos lefutású réteggént követhető a vizsgált szelvény teljes hosszában.

### *Mórág*

Az „L” alakú, szintén 4 m magas feltárást a mórági Kossuth utca 39. sz. telken található. A közelmúltban a mintázott szelvényen malakológiai, üledékes-közzettani vizsgálatok folytak, melyek egyik célja a tefra rétegtani helyzetének pontosítása volt (HUM 2005).

Az „alsó falban” (HUM 2005) megjelenő, átlagosan 3 cm vastag, világosbarna színű (10YR6/3; 10YR4/3), folyamatos tefraszint a feltárástban végig követhető. Az enyhén hajladozó lefutású vulkáni szint a mintavétel helyén kb. 1,8 m magasan volt.

### *Pásztó*

Pásztó településtől keletre, a „cigánytelepi feltárást” rétegsorában SZÉKELY (1960) ismert fel vulkáni betelepülést, majd HORVÁTH (1987) említett először tefrát. A feltárást áthalmozott, rétegzett löszös-homok, finomhomok feküanyagára települ a szürke színű (10YR6/2; 10YR4/2), szintén finoman rétegzett, egységes, 3–4 cm vastag kifejlődésű, a befogadó üledéknél tömörebb szerkezetű vulkáni szint (I. tábla 5.). A finomhomokos fedőüledék anyagán sötétbarna, vörösesbarna színű, karbonátkonkréciókat, gyökérjárat-kitöltéseket tartalmazó paleotalaj képződött, mely a vizsgált feltárásrészben összekapcsolódik a recens talajjal. A feltárást napjainkra szinte teljes egészében tör-

melék borítja, a tefra ennek eltávolításával, a feltárást tetejétől számított közel 2 m-es mélységben, a törmelékpalást megbontásával érhető el. A tefra lefutásának iránya, esetleges dőlése ezek alapján nem dokumentálható. A feltárást déli részén HORVÁTH (1992) deráziós völgyet figyelt meg, mely a fosszilis talajszintet és a vulkáni réteget is elmetszi.

### *Pócsa*

A 3,5–4 m magas „L” alakú löszfeltárást Pócsa, Petőfi utca 3. sz. telken található. A lösz felső két méterén sötétbarna színű fosszilis talaj figyelhető meg, mely alatt karbonátkonkréciós szint húzódik. Az élénksárga színű (10YR6/6; 10YR5/4), 2–3 cm vastag, megszakadó lefutású tefraréteg a talajosodott löszben található.

A vulkáni szint a mintavétel helyén a szelvénytető alatt 2,5 m-rel húzódott. A tefra települési viszonyaiból (HORVÁTH 1992) arra következtetett, hogy a vulkáni anyag nem közvetlenül a hamuhullás felhalmozódása, hanem a paleotalajjal együtt történő áthalmozódás eredménye. Ezt támaszthatja alá a szelvény említett szakaszában megfigyelt finoman laminált anyag is. A tefra szövetét megbolygató gyökérjáratok azonban már talajosodás jelenlétére utalnak.

Nem tartjuk kizártnak tehát, hogy az áthalmozást szenvedett üledékes összlet (a lösz és a vulkáni eredetű anyag) csak a felszínformáló folyamatokat követően kezdett talajosodni, vagy magán az áthalmozott talajon kezdődött újra a talajképződés. A részletes paleotalajtani vizsgálatok (pl. mikromorfológia) nélkül a szelvényben nem dönthető el az áthalmozottság, illetve a nem áthalmozottság kérdése. Ezek a folyamatok, lefolyásuktól függetlenül, bizonytalanná teszik a vezetősínt és a paleotalaj pontos rétegtani helyzetét, löszsztratigráfiai besorolását.

### *Sióagárd*

Sióagárd településtől délre, a Sió mentén több száz méter hosszan húzódik a pincesori löszfeltárást fala, ahonnan KRIVÁN & RÓZSAVÖLGYI (1964) írt le először vulkáni szintet. A pincék több szintben helyezkednek el, a tefraközbetelepülés az első szinten található. KRIVÁN & RÓZSAVÖLGYI (1964), illetve HORVÁTH (1992) leírása alapján a vulkáni szint sárga, „élénk sárgásbarna”, „darabos településű” („gumós” és rétegzett település váltogatta egymást), a tefraszint lefutásában megjelenő hajlások esetlegesen a löszfal anyagának roszakadását tükrözik.

A vizsgált szelvényben a szürkésbarna színű (2.5Y5/2; 2.5Y4/4), közel vízszintes lefutású, a feltárástban hosszan követhető, átlagosan 2–3 cm vastag tefraszint körülbelül a szelvény közepén, 7–8 m-es magasságban húzódik. A szint azonosítását könnyíti, hogy a löszből eltérő keménysége, gyengébb megtartása miatt a falból „kipereg”, távolról a falba „mélyedő” vonalként jelentkezik.

## Kőzettani vizsgálatok

A fent közölt lelőhelyekről származó teframintákból készített vékonycsiszolatokat újszerű módon vizsgáltuk. Korábban a vizsgált vulkáni anyag alkotóit ásványszeparátumok elemzése alapján azonosították (HORVÁTH et al. 1992, POUCLLET et al. 1999, HORVÁTH 2001). Ezzel szemben a teljes kőzetből készített vékonycsiszolatok alapján elemezhetővé vált a különböző ásványfázisok egymáshoz és a kőzetüvegszilánkokhoz viszonyított aránya, valamint a vulkáni anyag és a lösz kapcsolata.

A vulkáni anyagban a kőzetüvegszilánkok egyértelműen juvenilis elegyrészek, ezért a bennük lévő ásványfázisok is a kitörő anyag alkotói voltak. Ide tartoznak például a klinopiroxének (diopszidok), amelyek a löszben nem fordulnak elő. Külön figyelmet fordítottunk ezért arra is, hogy találunk-e ásványösszenövéseket a piroxénnel, ami a másik ásvány szintén vulkáni eredetét bizonyítja. A tefra alkotói közül a vulkáni üveg mellett így fenokristályokat/juvenilis elegyrészeket (olyan kristályokat, melyek a feltörő olvadékból kristályosodtak), litoklasztokat, xenokristályokat („idegen eredetű”, a magma által felszakított anyagokat) sikerült elkülöníteni. Emellett, a lösz alkotó fázisok is megjelenhetnek a két anyag keveredésének függvényében. Ez esetben külön figyelmet kapott a löszben is előforduló kvarc és kálföldpát eredetének tisztázása. A csiszolatokról pásztázó elektronmikroszkóp segítségével azonos nagyítású képeket készítettünk, illetve a megfigyelhető fázisokat tájékoztató jellegű kémiai analízis segítségével azonosítottuk (*I. táblázat*). Vizsgálataink során a lelőhelyeket két csoportba soroltuk a tefra morfológiai és ásvány-kőzettani jellemzői alapján. Az egyes feltárások tefraanyagának részletes leírása SÁGI & KISS (2006) munkájában található meg.

I. táblázat. A vizsgált tefrák ásványos összetétele

Table I. Mineralogical composition of the studied tephra

	Juvenilis kristályok							Xenokristályok			Litoklasztok
	klinopiroxén	kálföldpát	leucit	plagioklász	biotit	apatit	Fe-Ti-oxidok	kvarc	kalcit, dolomit	albit	
Basaharc	x	xx		x	x	●	●	●	●		●
Galgahévíz	x	xxxx		●	(x)	●	●	x			●
Isaszeg	x	xx		x	(x)	●	●	x		●	●
Bag	xxx	xx	○	(x)	x	●	●	x	●	●	●
Dunaszekcső	xx	xx	○	(x)	x	●	●	(x)	●		●
Hévízgyörk	xxx	x		(x)	x	●	●		●	●	●
Kökény	xx	xx	○	(x)	xx		●	(x)		(x)	●
Mórág	xx	xxx	○		x	●	●	●		●	●
Pásztó	xxxx	●	●	●		●	●	x		●	●
Pócsa	xx	xxx	○		x		●	●		●	●
Sióagárd	xxx	xx	○	●	(x)	●	●	●	●		●

Jelmagyarázat: ○ – az ásvány korábbi megléte, arra utaló üreg alapján (feltételezett); ● – néhány szemcse, legfeljebb egy százaléknyi mennyiség; (x) – kevesebb, mint 5%; x – 5–20%; xx – 20–40%; xxx – 40–60%; xxxx – több, mint 60%.

Key: ○ – cavities after the crystal alluding to the former presence of the crystal (supposed); ● – few grains, at the most one percentage; (x) – less, than 5%; x – 5–20%; xx – 20–40%; xxx – 40–60%; xxxx – more, than 60%.

## I. csoport

### (Basaharc–Isaszeg–Galgahévíz)

A tefra viszonylag kis szemcseméretű — mind a kőzetüveg, mind a kristályok mérete 20–40 μm — (III. tábla 1.).

A vulkáni anyag mintegy 90%-át alkotják a megközelítőleg 10%-os kristálytartalommal jellemezhető kőzetüveg-fragmentumok. Nagy mennyiségű hólyagüreget tartalmaznak, akár 50–60% is lehet a buborékok részaránya a kőzetüveg-töredékekben. A hólyagüregek ívelt, kerekded vagy szabálytalan átmetszetűek. A kőzetüveg erősen átalakult, alkália (Na+K) tartalmát teljesen elvesztette (II. tábla 2.). Üde üveget egyik lelőhelyről sem sikerült kimutatni. A vulkáni anyagba kisebb-nagyobb mennyiségben lösz keveredik, a lösz és a tefra határa diffúz, az átmenet folyamatos a két anyag között (II. tábla 3.). A tefra egy tizedét kitevő kristályok 85–90%-a juvenilis elegyrész, jóval kevesebb a xenokristályok, litoklasztok mennyisége.

### Juvenilis elegyrészek

A klinopiroxének (ferro-diopszidok) teszik ki az ásványok mintegy ötödét. Oszlopos-léces xenomorf kristályok vagy mikrolécek. Előfordulnak kőzetüvegszilánkokban is. Galgahévízen önálló kristályai ritkák. Méretük 20–40 μm, ritkábban egészen kisméretű (5 μm) szemcsék is előfordulnak. Földpátok alkotják a kristályok több, mint felét. Nagy részük kálföldpát (70–80%), kisebb részben plagioklasztok. Xenomorf, léces-táblás, oszlopos-tűs kristályok, esetleg mikrolécek. Méretük 10–80 μm. Előfordulnak kőzetüvegszilánkokban is, ahol mikrofenokristályokból álló kristályhalmazai is megjelennek. A klinopiroxének és a kálföldpátok egymással összenöve is megfigyelhetők, olykor jellemzően egyazon kőzetüveg-töredékben is (II. tábla 4.). A kálföldpát/klinopiroxén aránya jellemzően nagyobb, mint a II. csoport tefráiban.

Néhány százaléknyi csupán a Fe-Ti oxidok és az apatit részaránya, jobbra a kőzetüvegbe ágyazva jelennek meg. A kristályos elegyrészek 5–10%-a biotit, 20–50 µm nagy léces kristályok, üveggel összenőve és litoklasztban is megjelennek, fenokristály eredetük bizonytalan, a feltételezett forrásrégió vulkanitjainak összetétele alapján soroltuk őket ebbe a kategóriába.

#### Xenokristályok, litoklasztok

A leggyakoribb xenokristály a kvarc (10–25%). Xenomorf, kerekded megjelenésűek, méretük 10–60, ritkábban 100–200 µm. Előfordulnak kőzetüvegben, litoklasztokban, de megjelennek önálló, különösen nagy méretű kristályai is. A nagyobb méretű kvarckristályok értelmezésünk szerint a löszből keveredtek a tefrába, míg a többiek megjelenésük alapján piroklasztoknak tekintjük. A juvenilis vagy xenokristály-eredet nehezen dönthető el. Xenokristályként való besorolásuk közvetett feltételezésen alapul, figyelembe véve már a valószínűsített olaszországi származást. A lehetséges kitérések anyagában ugyanis kvarc nem szerepel. Figyelemre méltó továbbá, hogy kvarckristályt káliföldpáttal összenőve, vagy litoklasztban nem találtunk. A kőzetüvegszilánkokban emellett dolomitkristályt is azonosítottunk, ami szintén a mellékkőzetből kerülhetett a magába.

### II. csoport

(*Bag, Hévízgyörk, Dunaszekcső, Kökény, Mórág, Pásztó, Pócsa és Sióagárd*)

Az I. csoporttal szemben a legfontosabb elkülönítő bélyeg a nagyobb szemcseméret. A szemcsék átlagos nagysága 50–70 µm, mind a kőzetüveg, mind a kristályok esetében (III. tábla 2., 3).

A tefrába a lelőhelyek egy részén (Kökény, Mórág, Pócsa, Sióagárd) kisebb-nagyobb mennyiségű lösz keveredett, azonban az első csoport tefráitól eltérően a lösz-tefra határ még e bekeveredett csomók esetében is mindig éles. A lösz kis gömböket alkot a tefrában (II. tábla 5.).

Kőzetüvegszilánkok alkotják a tefra 90%-át. Általában ívelt-hólyagüreges megjelenésűek, az üregek teszik ki a kőzetüveg mintegy 60%-át, kivéve Hévízgyörkön, ahol az üvegtörések inkább lemezes megjelenésűek, a hólyagüregek mennyisége pedig csak 30% körüli. A kőzetüveg általában erősen átalakult, Pásztó kivételével alkália (Na+K)-tartalmát mindenütt elvesztette. A vulkáni üveg szempontjából külön ki kell emelnünk a pásztói előfordulást, mivel az ott feltároló tefrában nagy mennyiségben található üde kőzetüveg (III. tábla 3.). Az üveg két típusba sorolható, az egyikbe ívelt-hólyagüreges, visszaszórt elektronképen világosabb, a másikba lemezes-táblás megjelenésű, visszaszórt elektronképen sötétebb kőzetüveg-fragmentumok tartoznak. Tájékoztató jellegű kémiai méréssel kimutattuk a köztük lévő összetételbeli különbséget, mely jobbra a K- és Ca-tartalomban nyilvánult meg. A sötétebbek kevesebbet tartalmaztak ezen elemekből. Emellett némileg kisebb a Fe- és az Al-tartalmuk is (III. tábla 2.). A

pásztóihoz hasonló, üde üveget más lelőhelyen nem találtunk.

#### Juvenilis elegyrészek

A leggyakoribb juvenilis elegyrészek a klinopiroxének (ferro-diopszidok), lelőhelytől függően 35–50%-át teszik ki a kristályos alkotóknak. Pásztón különösen nagy mennyiségben, mintegy 80%-ban vannak jelen. Alakjuk oszlopos, léces, tús, általában xenomorf, ritkán hipidiomorf vagy izometrikus szemcsék. Gyakoriak mikrofenokristály és kumulátum formájában. Méretük 10–100 µm, a kumulátumoké elérheti a 120 µm-t is.

A földpátok alkotják a kristályok mintegy 30–40%-át, kivéve Pásztót, ahol alig jelenik meg földpát juvenilis elegyrészként. Összetételüket tekintve kevés kivétellel káliföldpátok. Előfordulnak kumulátumokban is. Kis mennyiségben megjelenik plagioklász is, de az 5%-ot sehol sem éri el, általában 1–2% körüli. A klinopiroxének és a káliföldpátok előfordulnak egymással összenőve, azonos kőzetüveg-törésekben, valamint közösen kumulátumokat is alkotnak. Pásztón plagioklászok is vannak klinopiroxénnel egy kumulátumcsoportban. Figyelemre méltó, hogy a klinopiroxén kumulátumok közelében gyakran megfigyelhetők leucitkristályok egykori helyét jelentő üregek.

A káliföldpát/klinopiroxén arány kisebb, mint az I. csoport tefráiban, a klinopiroxén az uralkodó juvenilis kristályos elegyrész.

A tefrában alig néhány százaléknyi apatit és Fe-Ti-oxid van jelen. Méretük néhány µm, alakjuk xenomorf, a Fe-Ti-oxidok általában izometrikusak. Az apatit megjelenik klinopiroxénnel összenőve, a Fe-Ti-oxidok megtalálhatók üde kőzetüvegben, klinopiroxénben és káliföldpátban is.

A legkisebb mennyiségben megjelenő juvenilis elegyrész a leucit. Kristályait egyedül a Pásztón gyűjtött tefrában találtuk meg (III. tábla 4.). Méretük 5–10 µm, a kristályok kevesebb, mint egy százalékát alkotják. Idiomorf megjelenésűek, előfordulnak kőzetüvegben és piroxénnel összenőve. Az ugyanitt talált, kőzetüvegben és piroxén kumulátumokban megjelenő, a leucitok átmetszetével megegyező alakú „lyukak” viszont más lelőhelyeken is vannak (III. tábla 5.).

A biotitok xenomorf-hipidiomorf, léces-szálas szemcséket alkotnak, a hasadási nyomvonalak gyakran igen jól láthatók. Méretük 20–60, ritkábban 200–240 µm. Ez utóbbiak nagy valószínűséggel a löszből keveredtek a tefrába. A kőzetüveggel érintkezve, a kőzetüvegben, főképp a nagyobb méretű szemcsék pedig önállóan is megjelennek. Fenokristályként való besorolásuk bizonytalan, klinopiroxénnel való összenövését nem figyeltünk meg, azonban a feltételezett forrásrégió alapján, a kisebb méretű kristályok esetében valószínűsíthető fenokristály mivoltuk.

#### Xenokristályok, litoklasztok

Leggyakoribb xenokristály a kvarc. A kvarckristályok xenomorfok, izometrikusak. Kőzetüvegben, litoklasztban és önálló szemcséként is előfordulnak. Méretük 10–40 µm,



mennyiségük mintegy 5–10%, Pócsán néhány szemcse képviseli csak, Sióágárdon és Mórágyn kevesebb, mint 5%-ban van jelen.

Egy százaléknál kisebb mennyiségben, gyakran csak egy-egy szemcse által képviselve jelenik meg a kalcit, dolomit, albit, gránát és olivin — a két utóbbit Pásztón találtuk, mindegyikből csak egy-egy szemcsét. A kalcit néhol tömegesen fordul elő, ezek a konkréciók a lösz talajosodásához köthetők. Kis mennyiségben litoklasztok is megfigyelhetők, bennük földpátok, piroxének, Fe-Ti-oxidok, kőzetüveg, csillámok jelennek meg.

## Diszkusszió

A terepi megfigyelések és a petrográfiai leírások alapján valószínűnek tartjuk, hogy az egységes szintként kezelt bagi tefra két csoportra osztható: az egyikbe a basaharci, isaszegi és galgahévízi, a másikba a kőkönyvi, mórági, dunaszekcsői, sióágárdi, bagi, hévízgyörki, pásztói és pócsai tefra tartozik.

Az első csoport tefraszintje 1 cm-nél vékonyabb, lencsés-pecsétes, nem folytonos réteggént jelenik meg. A mikroszkópi képen a vulkáni eredetű anyag a lösz elegyrészeivel diffúz, folytonos határral keveredik, a tefra alkotói a másik csoportba tartozókhöz képest jóval finomabb szemcséjűek. A tefra kőzetüvege minden esetben átalakult, alkáliatartalmát elvesztette. Ásványos alkotói közül juvenilis elegyrész a klinopiroxén, káliföldpát, plagioklász, az apatit és a Fe-Ti-oxidok, xenokristály a kvarc, biotit és a dolomit. A káliföldpát/klinopiroxén arány nagyobb a másik csoportnál.

A második csoportba tartozó tefrák vastagabb, folytonos réteget képeznek. Mikroszkóposan megfigyelve a lösz élesen elhatárolódik a tefrától, a tefra viszonylag nagyobb méretű szemcsékből áll. A kőzetüveg ebben a csoportban is szinte mindig átalakult, kivéve a pásztói feltárás anyagát, amiben üde üveg mutatható ki. Ásványos alkotók terén juvenilis elegyrész a klinopiroxén, a káliföldpát, az apatit, a biotit és a leucit. A klinopiroxén az uralkodó juvenilis kristályos alkotó. Xenokristályai a kvarc, biotit, albit, kalcit, dolomit gránát és olivin.

A kisebb csoport terepi jellemzői — a kis vastagságú, lencsés-pecsétes, foltos megjelenésű tefra — HORVÁTH (szóbeli közlés, 2007) szerint valószínűleg csak a feltártság gyenge voltából következnek, lehetséges, hogy a tefra itt kiékelődik. A foltos megjelenés az ülepedéskor alakult ki, az akkori növényzethez kötődve őrződött meg. Véleményünk szerint ezt az álláspontot nem lehet egyértelműen elvetni, lévén nem vizsgáltuk a löszfalakat befelé nagy mélységben, viszont a tefra ásvány-kőzettani és geokémiai adatai alapján végzett csoportosítás (Kiss et al. 2008, előkészületben) a lelőhely-csoportosítással teljesen megegyezik.

A löszben megjelenő tefra vékonycsiszolatos vizsgálata számos új eredményt hozott. Világossá vált, hogy a vulkáni kőzetüvegszilánkok a pásztói feltárás anyagán kívül min-

denhol erősen átalakultak. Ez a tény jelentősen megnehezíti a tefra rétegek korrelációját, amelyben a kőzetüvegszilánkok kémiai összetételének vizsgálata kiemelkedő fontosságú. A kőzetüveg termodinamikailag instabil anyag, könnyen átalakul. Az átalakulás már akár a kitorési felhőben is megtörténhet a jelenlévő vízgőz hatására, vagy később a leülepedés közben. Olaszországi pleisztocén tefrák esetében is igen gyakori, hogy a kőzetüveg szilánkok anyaga zeolit ásványokká alakult át. Ha a kőzetüveg átalakulása már a kitorési felhőben megtörtént, akkor a pásztói tefra biztos, hogy különböző kitorésből származik. A pásztói tefra továbbá jellemzője a leucit előfordulása. Leucitot más lelőhelyen nem sikerült azonosítani. Ugyanakkor néhány mintában a kőzetüvegekben lévő üregek alakja hatszöges, ami arra utalhat, hogy korábban jelen lehettek leucitkristályok, azonban ezek később kiperegtek, vagy kioldódtak. Mindezek alapján úgy gondoljuk, hogy a kőzetüveg szilánkok átalakulása leülepedésük után történt. Az átalakulás a szilánkok teljes anyagát érintette, ép reliktum sehol sem maradt. Az intenzív átalakulás olyan mértékű lehetett, hogy sok esetben már az eredeti vulkáni üvegszilánkok alakja sem ismerhető fel. A reagens oldatok által mobilizált üveganyag sok esetben gélyszerű formában, olykor kristályokat bevonva őrződött meg. Vajon miért maradtak meg épen a pásztói üvegszilánkok? Egyes darabjai esetében e mintában is megfigyelhető a kezdődő átalakulás. A szövetileg a többi feltárás üvegéhez hasonló átalakult üvegrészek mellett azonban megfigyelhetők ép üvegszilánkok is. Feltételezzük, hogy Pásztó közelében a vulkáni anyag „kedvezőbb” környezetben rakódott le, ahol kevésbé érintették az átalakító oldatok.

A szöveti megfigyelések azonban arra utalnak, hogy a pásztói tefra, több feltárás anyagával együtt, azonos vulkáni kitoréshez kapcsolható. Ez a tény különösen kiemeli kulcspozícióját a korrelációs vizsgálatokban. Ebből a szempontból fontos kiemelnünk, hogy a pásztói tefrában kétféle kőzetüveg figyelhető meg, amire már POUCKET et al. (1999) is felhívta a figyelmet. Mindkét kőzetüvegtípus üde állapotban is megfigyelhető, különbségüket tehát nem a kezdődő átalakulás okozza. Amennyiben ez így van, akkor a korrelációs vizsgálatokban egy fontos bélyeg, hogy a kitorési felhőbe két, egymással keveredett, de nem homogenizálódott magma anyaga került, vagy a kitoró vulkán egy rétegzett magmakamrát csapolt meg oly mértékben, hogy a magmakamrából az eltérő összetételű rétegek együtt mobilizálódtak. Vizsgálatunk további új megfigyelése, hogy a klinopiroxének mellett a másik fő juvenilis elegyrész a káliföldpát (szanidin). Juvenilis eredetét a szöveti megfigyeléseket is lehetővé tevő vékonycsiszolatos elemzések egyértelművé tették. A juvenilis elegyrészek közé sorolható továbbá a jóval ritkábban megjelenő plagioklász is. A kitorési felhő anyagából a juvenilis ásványokon kívül xenokristályok is lehettek, amelyek a mellékkőzetből kerültek a kitoró magmába. Ide tartoznak karbonátásványok és úgy véljük, a kvarckristályok egy része is.

A vulkáni anyag forrásának megtalálása kiemelkedő fontosságú, többek közt azért is, hogy a vulkáni szint korát

indirekt módon meghatározzuk. A vulkáni üvegszilánkok megjelenése, mérete egy heves, pliniuszi-freatoplinuszi kitörésre utal, melynek az atmoszférába került anyagát az uralkodó szél akár több száz, vagy több ezer kilométer távolságba is elvihette. Ilyen típusú kitörés potenciálisan Izlandon, Olaszországban vagy az Égei-ív szigetein történhetett az elmúlt 500 ezer évben. A leucit megjelenése Si-telítetlen magmára utal, ami egyértelműen közép-olaszországi tűzhányóra utal. A POUCKET et al. (1999) által felvetett Colli Albani 350 ezer évvel ezelőtti Villa Senni kitörése ebből a szempontból valóban szóba jöhet, de nem egyedülként. A plagioklász előfordulása viszont, mivel az a Villa Senni kitörési egység anyagából hiányzik, azt sugallja, hogy nem ez volt a tefrát szolgáltató kitörés. Nem erősítik meg a korrelációt a POUCKET et al. (1999) által közölt nyomelem adatok sem. Mindezek alapján fontos, hogy újragondoljuk a bagi tefra és a közép-olaszországi pleisztocén vulkáni kitörések lehetséges kapcsolatát. Tovább nehezíti a korrelációt, hogy az olaszországi vulkáni kitörések anyagairól csak szűkös közettani és geokémiai információk állnak rendelkezésre. Vizsgálatunk alapján úgy tűnik, akár két nagy vulkáni kitörés anyaga is eljuthatott a Kárpát-medencébe, amit megerősítenek KISS et al. (előkészületben) ásványkémiai adatai is. Mindez új alapokra helyezheti, és szükségessé teszi a löszben megjelenő vulkáni képződmények további és új módszereket is alkalmazó vizsgálatát.

### Következtetések

A bagi tefrát feltáró lelőhelyek két csoportba sorolásával, azt feltételezzük, hogy a középső-pleisztocén során esetleg két egymástól időben és akár térben is eltérő vulkán-kitörés terméke jutott el térségünkbe.

A tefra átfogó vékonycsiszolatos vizsgálatával egyértelműen kimutattuk, hogy a földpátok juvenilis elegyrészként lehetnek jelen az anyagban, emellett a pásztói mintában kimutattunk egy, a forrásrégió keresése szempontjából fontos index ásványt a leucitot. A többi lelőhelyen nem sikerült kimutatnunk leucitot, de több mintában találtunk egyértelműen hatszögös átmetszetű üregeket, amelyből arra következtetünk, hogy a több feltárást magában foglaló csoport fontos bélyege a leucit, amely azonban csak a pásztói mintában őrződött meg „kézzelfogható” ásványként. A leucit jelenléte Si-telítetlen magmára utal, ami alapján a közép-olaszországi tűzhányók valamelyike a tefra forrása. A tefra a POUCKET et al. (1999) által megjelölt Villa Senni egységgel történő korrelálása megfigyeléseink alapján bizonytalanná vált.

### Köszönetnyilvánítás

Külön köszönetet mondunk BENDŐ Zsoltnak (ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Kőzetan-Geokémiai Tanszék) a mikroszkóp előtt eltöltött hosszú órákért!

Köszönjük HORVÁTH Erzsébetnek (ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék) a konzultációkat és a bírálat során adott hasznos tanácsokat. Szintén köszönjük másik lektorunk, ZELENKA Tibor (ME MFK, Ásványtani-Földtani Intézet, Földtan-Teletani Tanszék) javaslatait, valamint LUKÁCS Réka (ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Kőzetan-Geokémiai Tanszék) javaslatait, ötleteit!

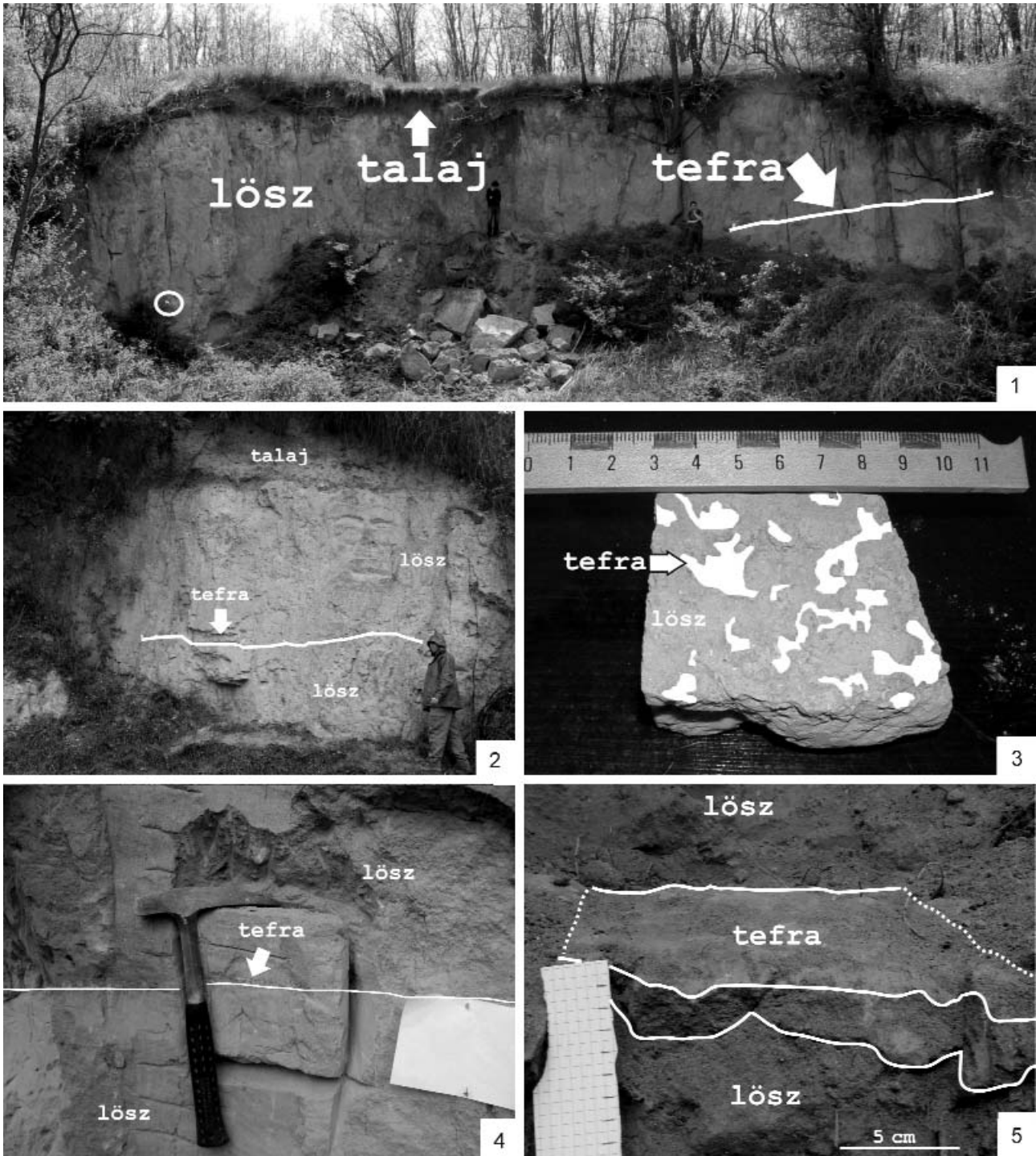
Köszönjük a Pro Renovanda Cultura Hungariae Alapítvány Diákok a Tudományért Szakalapítványának, hogy anyagi támogatásukkal hozzájárultak kutatásainkhoz!

### Irodalom — References

- BÁNHIDI K. 1999: A galgahévízi löszfeltárás vizsgálata. — *Diplomamunka*, ELTE TTK, Természetföldrajzi Tanszék, Budapest, 57 p.
- BUTRYM, J. & MARUSZCZAK, H. 1984: Thermoluminescence chronology of younger and older loesses. — In: PÉCSI, M. (szerk.): *Lithology and Stratigraphy of Loess and Paleosols*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 194–199.
- CASHMAN, K., V., STURTEVANT, B., PAPALE, B. & NAVON, O. 2000: Magmatic fragmentation. — In: SIGURDSSON, H. (ed.): *Encyclopedia of volcanoes*. Academic Press, San Diego, 421 p.
- CSÁSZÁR G. (szerk.) 1997: *Magyarország litosztatográfiai alapegységei*. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 114 p.
- DEHN, J. & MCNUTT, S., R., 2000: Volcanic materials in comerce. — In: SIGURDSSON, H. (ed.): *Encyclopedia of volcanoes*. Academic Press, San Diego, 1272 p.
- FRECHEN, M., HORVÁTH E. & GÁBRIS GY. 1997: Geochronology of Middle and Upper Pleistocene Loess Sections in Hungary. — *Quaternary Research* **48**, 291–317.
- HORVÁTH E. 1987: Tufitot tartalmazó néhány magyarországi löszfeltárás vizsgálata. — *Diplomamunka*, Budapest 54 p.
- HORVÁTH E. 1992: Pleisztocén tűzhányó tevékenység nyoma a Kárpát-medence egyes pleisztocén üledékeiben. — *Egyetemi doktori disszertáció*, Budapest, 109 p.
- HORVÁTH, E. 2001: Marker horizons in the loesses of the Carpathian Basin — *Quaternary International* **76/77**, 157–163.
- HORVÁTH E. & BRADÁK B. 2003: A mágneses szuszceptibilitás módszerének alkalmazása lösz-paleotalaj sorozatok vizsgálatában — *Földrajzi Közlemények* **60 (127)/1–4**, 15–22.
- HORVÁTH, E., GÁBRIS, GY. & JUVIGNÉ, E. 1992: Egy pleisztocén vezérszint a Kárpát-medencében: a Bag Tefra. — *Földtani Közöny* **122/2–4**, 233–249.
- HUM L. 2005: Középső-pleisztocén tufithorizontok megjelenése dunaszekcsői és Mórág környéki löszszelvényekben. — *Malakológiai Tájékoztató* **23**, 131–148.

- HUM L. & SÜMEGI P. 2001: Dunaszekcsői pleisztocén rétegsorok malakológiai vizsgálatai — *Malakológiai Tájékoztató* **19**, 17–27.
- KARÁTSZON D. 1998: *Vulkanológia I.* — ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, p. 125.
- KRIVÁN P. 1957: Felsőpleisztocén (rissi) andezitvulkánosság nyomai a paksi szelvényben — *Földtani Közlemények* **87/2**, 205–210.
- KRIVÁN P. 1965: Észlelési napló. — *Kézirat*, Budapest.
- KRIVÁN P. & RÓZSAVÖLGYI J. 1962: Felsőpleisztocén (rissi) andezitvulkánosság nyomai Aszód környékén. — *Földtani Közlemények* **92/3**, 330–333.
- KRIVÁN P. & RÓZSAVÖLGYI J. 1964: Andezittuffit vezetősínt a magyarországi felsőpleisztocén (rissi) lösz-szelvényekből. — *Földtani Közlemények* **94/2**, 257–265.
- OCHES, E. A. & MCCOY, W. D. 1995: Aminostratigraphic evaluation of conflicting age estimates for the „Young Loess” of Hungary. — *Quaternary Research* **44**, 160–170.
- PÉCSI M. 1965a: A Kárpát-medencebeli löszök, lösszerű üledékek típusai és litosztratiográfiai beosztásuk — *Földrajzi Közlemények* **13**, 305–332.
- PÉCSI M. 1965b: Der Lössaufschluss von Basaharc/A basaharci löszfeltárás. — *Földrajzi Közlemények* **13**, 346–357.
- PÉCSI M. 1965c: Genetic classification of the deposit constituting the loess profiles of Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **9**, 65–88.
- PÉCSI M. 1975: A magyarországi löszszelvények litosztratiográfiai tagolása. — *Földrajzi Közlemények* **23/3–4**, 217–230.
- PÉCSI M. 1993: *Negyedkor és löszkutatók.* — Akadémiai Kiadó, Budapest, 375 p.
- PÉCSI M. 1995: Loess stratigraphy and quaternary climatic change. — *Loess inForm* **3**, Geographical Research Institute Hungarian Academy of Science, 23–30.
- PÉCSI M. & PEVZNER, M. A. 1974: Paleomágneses vizsgálatok a paksi és a dunaföldvári löszösszletekben. — *Földrajzi Közlemények* **22/3**, 215–224.
- PÉCSI, M., PÉCSI-DONÁTH, É., SZEBÉNYI, E., HAHN, GY., SCHWEITZER, F. & PEVZNER, M. A. 1977: Paleogeographical reconstruction of fossil soils in hungarian loess. — *Földrajzi Közlemények* **25 (101/1–3)**, 94–137.
- PÉCSI, M., SCHWEITZER, F., BALOGH, J., BALOGH, J.-NÉ. M., HAVAS, J. & HELLER, F. 1995: A new loess-paleosol lithostratigraphical sequence at Paks (Hungary). — *Loess inForm* **3**, Geographical Research Institute Hungarian Academy of Science, 63–78.
- PÉCSI, M., SZEBÉNYI, E., SCHWEITZER, F., PÉCSI-DONÁTH, É., WAGNER, M. & PEVZNER, M. A. 1979: Complex evaluation of Dunaföldvár loesses and fossil soils. — *Acta Geologica Hungarica* **22**, 513–537.
- POUCLET, A., HORVÁTH, E., GÁBRIS, GY. & JUVIGNÉ, E. 1999: The Bag Tephra, a widespread tephrochronological marker in Middle Europe: chemical and mineralogical investigations. — *Bulletin of Volcanology* **60**, 227–234.
- SCARTH, A. & TANGUY, J.-C. 2001: *Volcanoes of Europe.* — Oxford University Press, New York, 6–96., 198–216.
- SÁGI T. & KISS B. 2006: Kvarter vulkanikus üledékek vizsgálata magyarországi löszökben. — *Kézirat*, OTDK dolgozat, ELTE TTK, Kőzettan-Geokémiai tanszék, Budapest.
- SCHMINCKE, H. U. 2000: *Vulkanismus.* — Springer Verlag, Berlin, 121–122.
- SIGURDSSON, H. 2000: Volcanic episodes and rates of volcanism. — In: SIGURDSSON, H. (ed): *Encyclopedia of volcanoes.* Academic Press, San Diego, p. 271.
- SZÉKELY A. 1960: A Mátra és környezetének kialakulása és felszíni formái. — *Kézirat*, Kandidátusi értekezés, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- THORNTON, I. W. B. 2000: The ecology of volcanoes: recovery and reassembly of living communities. — In: SIGURDSSON, H. (ed) *Encyclopedia of volcanoes.* Academic Press, San Diego, p. 1058.
- T. DOBOSI V. & VÁRI Á. 1997: Horváth Adolf János régészeti feljegyzések. — *Folia Archaeologica* **46**, 47–91.
- 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.
- Kézirat beérkezett: 2007. 09. 06.

## I. tábla — Plate I



1. kép: Az isaszegi feltárásban kibukkanó tefraszint az egykori domborzat lefutását jelzi.

Photo 1: Paleo-relief indicated by the tephra layer in Isaszeg.

2. kép: A tefra 2-3 cm vastag, távolról is jól látható folyamatos szintje Dunaszekcsőn.

Photo 2: The well discernible, 2-3 cm thick tephra layer at Dunaszekcső.

3. kép: Az isaszegi tefra pecsétetes szövete, a réteg felszínével párhuzamos metszet.

Photo 3: The sigillated fabric of the tephra at Isaszeg, parallel section with the surface of the tephra layer.

4. kép: Az isaszegi tefra közeli képe. A lencsés, pecsétetes megjelenésű vulkáni hamu alig 1 cm vastagon táruul fel.

Fig 4. : Closer view of tephra at Isaszeg. The volcanic ash is lentile-sigillated, hardly 1 cm thick.

5. kép: 3-4 cm vastag, kompakt, de a löszfal alatti törmelékpalázzal borított tefraréteg Pásztón.

Photo 5: Compact, 3-4 cm thick tephra layer, covered by the debris slope of the loess at Pásztó.

## II. tábla — Plate II

1. kép: A 2-3 cm vastag folyamatos réteggént megjelenő tefratípus fényképe (Hévízgyörk)

Photo 1: Continuous tephra-layer with 2-3 cm thickness, Hévízgyörk

2. kép: Ívelt körvonalú, erősen átalakult, alkáliatartalmát vesztett kőzetüveg szilánkok, amelyek eredeti alakja még megőrződött (Kökény).

Photo 2: Thoroughly altered cusped volcanic glass shards. The original structure of the glass shards, however, is still preserved (Kökény).

3. kép: A lencsés-pecsétes szövetű tefra esetén jellemző diffúz határ, a lösz és a vulkáni anyag érintkezésénél megfigyelhető erőteljes keveredés (Basaharc).

Photo 3: Lenticle-sigillated tephra characterised diffuse loess-tephra boundary with dynamic mixing along the boundary of the two sediments (Basaharc).

4. kép: Klinopiroxén (px) és káliföldpát (kfp) összenövése, a két fázist kőzetüveg határolja. A két ásványfázis közti határ arra utal, hogy kristályosodásuk nem egyensúlyi körülmények között történt. Számos mintában sikerült dokumentálni a jelenséget, így egyértelművé vált, hogy a káliföldpátok nagy része a magmakamrából származik (Galgahévíz).

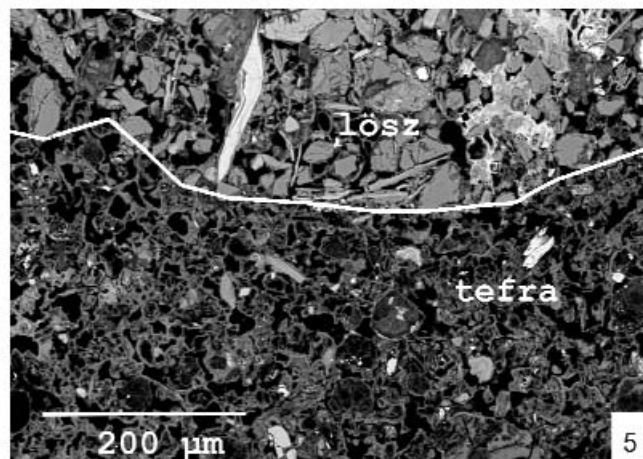
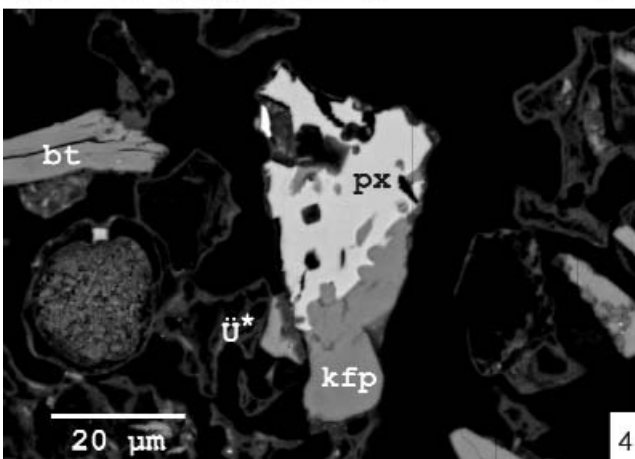
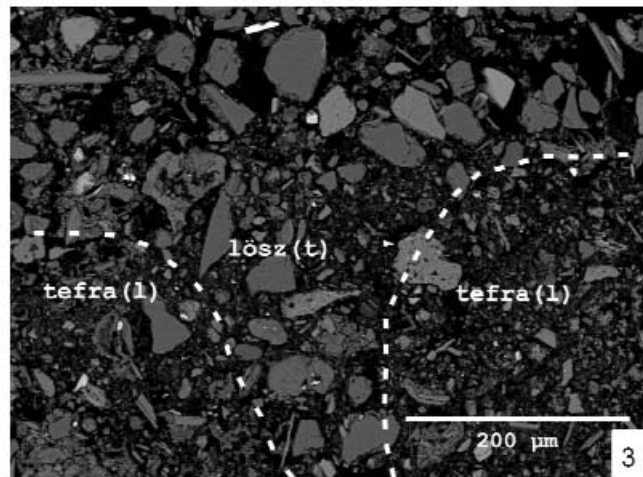
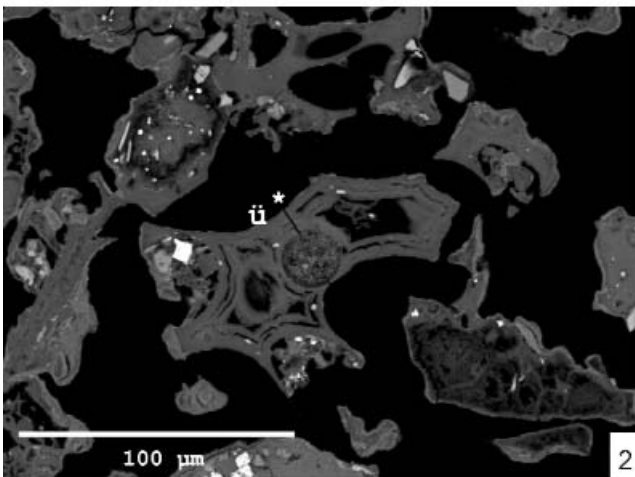
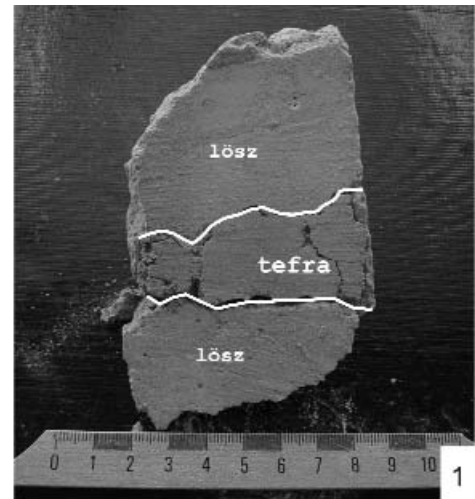
Photo 4: Intergrowth of clinopyroxene (px) and K-feldspar (kfp), with volcanic glass around them. The shape of the boundary between the two minerals indicate, that disequilibrium condition occurred during the crystallization. Such intergrowths were recognized quite frequently, implying, that K-feldspars are also juvenile component. (Galgahévíz)

5. kép: A tefra kis szemcseméretű anyaga élesen elkülönül a lösz alkotóitól (Pócsa).

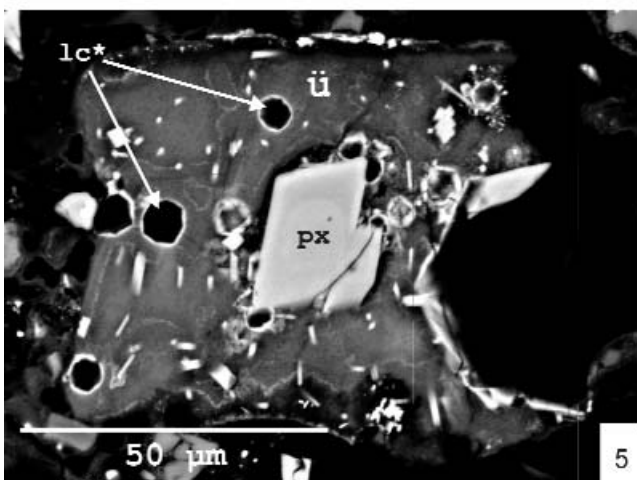
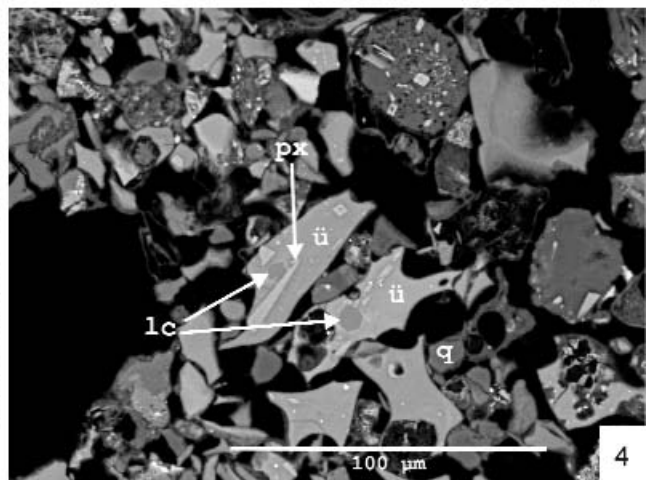
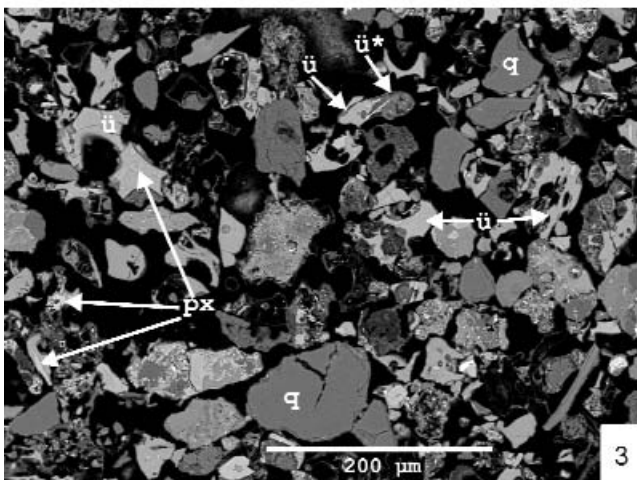
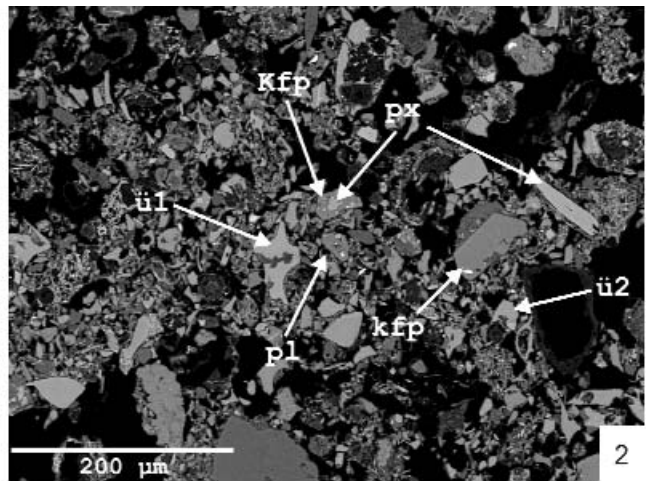
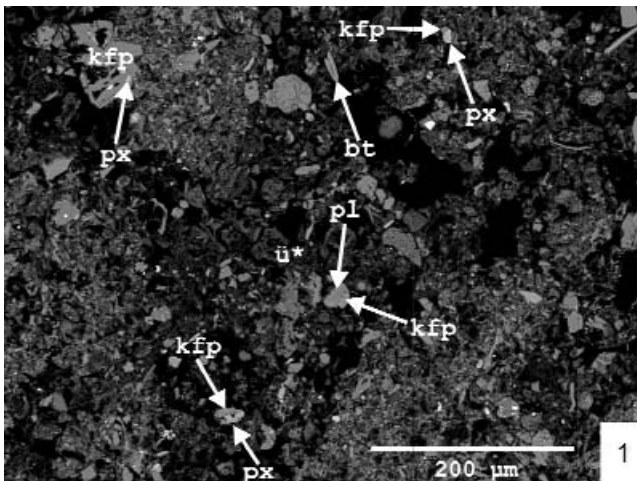
Photo 5: The different grain-size clearly distinguished the volcanic material from the loess components (Pócsa).

Rövidítések: ü\* – átalakult kőzetüveg, ü1 – nagy K- és Ca-tartalmú vulkáni üveg, (Pásztó), ü2 – kisebb K- és Ca-tartalmú vulkáni üveg (Pásztó), ü – üde kőzetüveg, lc – leucit, lc\* – feltételezeten leucit helyét jelölő üreg, px – klinopiroxén, kfp – káliföldpát, pl – plagioklász, bt – biotit, q – kvarc, tefra(l) – lösztartalmú tefra, lösz(t) – tefratartalmú lösz

Abbreviations: ü\* – altered volcanic glass, ü1 – volcanic glass with high K- és Ca-content (Pásztó), ü2 – volcanic glass with lower K- and Ca-content (Pásztó), ü – fresh volcanic glass, lc – leucite, lc\* – cavity after leucite, px – clinopyroxene, kfp – K-feldspar, pl – plagioclase, bt – biotite, q – quartz, dol – dolomite, kh – crystal aggregate, ap – apatite, tefra(l) – loess bearing tephra, lösz(t) – tephra bearing loess.



## III. tábla — Plate III



1. kép: A lencsés, peccés megjelenésű tefratípus szövete: kisebb méretű szemcsék, a piroxén-földpát összenövés ebben a szövettípusban is megfigyelhető (Basaharc).

Photo 1: Typical texture of the lentile-sigillated tephra-type: smaller grain size. Clinopyroxene-K-feldspar intergrowth can be observed.

2. kép: Kétféle, a nagyobb (ü1) és a kisebb (ü2) K- és Ca-tartalmú vulkáni üveg mellett klinopiroxén, káliföldpát és plagioklász is megfigyelhető a vastag réteget alkotó tefra szöveti képén (Pásztó).

Photo 2: Two types of volcanic glass from Pásztó. ü1 has higher, ü2 has lower K- and Ca-content. Clinopyroxene, K-feldspar and plagioclase are also observable in the fabric photo of the thick, continuously tephra layer.

3. kép: A vastag, folyamatos szintként megjelenő tefra általános szöveti képe: Viszonylag nagy szemcseméretű piroklasztok, üde és átalakult kőzetüveg. Megfigyelhető egy szemcsén belül üde és átalakult rész is. A kőzetüveg klinopiroxén fenokristályokat

tartalmazhat. A nagyméretű kvarckristályok a löszből származnak (Pásztó).

Photo 3: The typical texture of the second tephra type. Note the coarser grain-sized compared to the other tephra type. Glass shards are fresh in this locality, but some of them show incipient alteration. Clinopyroxenes are often embedded in the glass shards. The large quartz crystals could have derived from the loess (Pásztó).

4. kép: Leucit és klinopiroxén üde kőzetüvegben. A leucit – mint ezen a képen is – gyakran idiomorf formában jelenik meg. Pásztón számos idiomorf leucitot sikerült dokumentálni.

Photo 4: Leucite and clinopyroxene in fresh volcanic glass. Leucite — as on this picture — occurs frequently as an idiomorphic crystall. Many idiomorphic leucites was described in Pásztó sample.

5. kép: Átalakult vulkáni üvegben megjelenő nagyméretű klinopiroxén. Az üvegben lévő lyukak véleményünk szerint leucitok után visszamaradt üregek (Pócsa).

Photo 5: Clinopyroxene phenocryst in altered volcanic glass. Possibly the vesicles in the glass could be cavities after leucite (Pócsa).