

## Egy pleisztocén vezérszint a Kárpát-medencében: a Bag Tefra

A marker in the Pleistocene of the Carpathian Basin:  
the Bag Tephra

HORVÁTH Erzsébet<sup>1</sup>, GÁBRIS Gyula<sup>1</sup> és Etienne JUVIGNÉ<sup>2</sup>

(3 ábrával és 3 táblázzal)

### Összefoglalás

Magyarországon és Szlovákiában hét löszfeltárásban előforduló tefraréteg anyagát vizsgáltuk szemcseösszetétel, ásványi összetétel és a tefrák, ill. a klinopiroxének kémiai összetétele szerint. A különböző előfordulások anyaga egységesnek bizonyult, ezért összefoglaló névként a Bag Tefra megjelölés bevezetését javasoljuk. A vizsgált löszszelvények esetében a tefraszint új sztratigráfiai korrelációt jelent: a vulkáni hamuhullás korát a mindel—riss interglaciális közvetlenül követő időre teszik. Származási helye feltételezhetően igen távoli (több mint 500 km), ezért a nagy földrajzi elterjedésben nyomozható Bag Tefra egész Közép-Európában jelentős rétegtani vezetősínt. Forrása valószínűleg az Eifel-hegység (Németország).

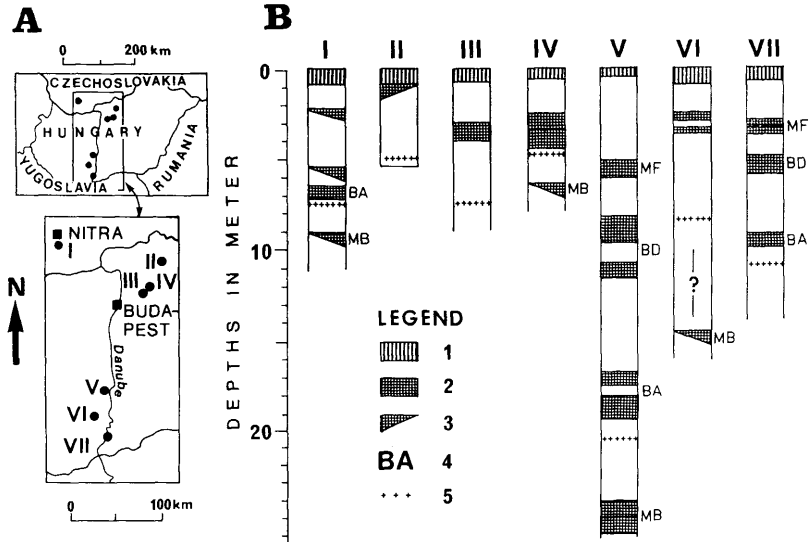
### Abstract

Several aspects of a tephra layer in seven loess sections in Hungary and in Czechoslovakia were studied: grain-size, mafic minerals and chemical composition of bulk samples and of clinopyroxenes. The tephra is identical in all localities; we suggest the name Bag Tephra. It allows us to outline a new stratigraphical correlation of the investigated loess sections. The tephra-fall occurred during or before the last 5th glaciation. Since the closest Pleistocene volcanoes are situated very far from the investigated localities (more than 500 km), the Bag Tephra can be used as a widespread stratigraphical marker in Central Europe. The currently available data show that the relevant volcano should be located in the East Eifel volcanic field (Germany). (A full French version is published as: JUVIGNÉ, E., HORVÁTH, E. & GÁBRIS, Gy. (1991): La Téphra de Bag: une retombée volcanique à large dispersion dans le loess pléistocène d'Europe centrale. — *Eiszeitalter und Gegenwart* 41, 107—118, Hannover.

*Key words: Pleistocene, volcanism, Carpathian basin*

<sup>1</sup>HORVÁTH Erzsébet, GÁBRIS Gyula, ELTE Természeti földrajzi Tanszék, H—1083 Budapest, Ludovika tér 2.

<sup>2</sup>Etienne JUVIGNÉ, Université de Liège, Laboratoire de Géomorphologie et Géologie du Quaternaire, Place du 20 Août, 7 B-4000 Liège Belgium



1. ábra. A) A tanulmányozott tefrarétegek helye: I — Komját (Komjatice); II — Pásztó; III — Bag; IV — Hévízgyörk; V — Paks; VI — Sióágárd; VII — Dunaszekcső.

B) A tefrarétegek sztratigráfiai helyzete az egyes szelvényekben: 1 — jelenlegi talaj; 2 — fosszilis talaj; 3 — a tefraréteg szelvényében kiékelődő, de a feltárásban észlelt fosszilis talaj; 4 — az eltemetett talaj elnevezésének rövidítése (PÉCSI, 1979 szerint); 5 — tefraréteg.

Fig. 1. A) Location of the tephra beds: I — Komjatice; II — Pásztó; III — Bag; IV — Hévízgyörk; V — Paks; VI — Sióágárd; VII — Dunaszekcső.

B) Stratigraphic position of tephra beds: 1 — Recent soil; 2 — fossil soil; 3 — fossil soil, wedging out outside the profile; 4 — abbreviated name of the buried soil (after PÉCSI, 1979); 5 — tephra layer.

## Bevezetés

KRIVÁN Pál 1957-ben jelezte először Magyarországon vulkáni tefra jelenlétét a negyedidőszaki löszökben. A paksi „andezittufit” felfedezését újabban leírása követte, s néhány éven belül a több helyről ismertté vált rétegeket a „kárpáti övezet felsőpleisztocén löszösszleteinek minden feltevéses párhuzamosítást kizáró „vezetőszintjé”-nek tekintették (KRIVÁN és RÓZSAVÖLGYI, 1964). A hatvanas években a dél-szlovákiai Komját (Komjatice) téglagyári bányagödörben talált tefrát mint bazaltos vulkánosság termékét írták le (VAŠKOVSKÝ és KAROLUSOVÁ, 1969). A Mátra előteréből is ismertté vált egy „tufaréteg” (SZÉKELY, 1960), amelyet azonban sajnos nem vizsgáltak meg ásványtani szempontból.

Az egyre jelentősebbé váló tefrosztratigráfiai kutatások szép eredményeket szolgáltatnak világszerte, hozzánk legközelebb Ny-Európában is. Ezért határoztuk el a már ismert hazai és szlovákiai vulkáni közbetelepülések hagyományos és újabb módszerekkel kiegészített újvizsgálatát, amelynek során választ kerestünk olyan kérdésekre, mint:

- a különböző előfordulások egyetlen vagy több tufaszórás eredményének tekinthetők-e;
- milyen jellegű vulkáni működéshez kapcsolhatók a tefrák, és honnan származnak;
- mikorra tehető(k) a tűzhányótevékenység(ek)?

## Feltárások: a tefra rétegtani helyzete

A szlovákiai Komját községtől Dunaszekcsőig, mintegy 250 km hosszú, nagyjából É—D-i irányú vonal mentén hét löszfeltárást vizsgáltunk (1. ábra). Ezek — az egyetlen pásztóit kivéve — kisebb-nagyobb folyóvölgyek K-re, DK-re néző völgyoldalain (vagyis a nyugati szelektől védett lejtőkön) helyezkednek el.

— Komját: (Nyitrától kb. 15 km-re délre) a téglagyár északi falában, a bányaudvar talpától kb. 1 m magasságban, 2 cm vastag, helyenként lencsés településű barnásvörös tefraréteg.

— Pásztó: a Zagyva III. teraszába vajt cigánytelepi feltárásban, 3—5 cm vastagságú, szürke színű tefraréteg.

— Bag: az egykori Csintoványi-téglagyár bányagödörében a KRIVÁN és RÓZSAVÖLGYI (1962) által Aszód néven közölt szelvényben, 2—5 cm-es, szürke, rétegzett tefra.

— Hévízgyörk: a vasútállomás mögötti löszfalban viszonylag jól tanulmányozható, általában 1 cm-nél vékonyabb tefraréteg.

— Paks: (pleisztocén alapszelvény), a téglagyár déli falában az ún. Basaharc Alsó (BA) és az alatta levő Mende Bázis (MB) talajok közötti löszkötegben, élénksárga, átlagosan kevesebb mint 1 cm vékony, lencsékben települő, helyenként kiékelődő tefraréteg.

— Siógárd: a pincesor utáni löszfeltárásban a tefra színe sárgásbarna, rétegtani helyzete azonban a nagy csuszamlások miatt vitatható.

— Dunaszekcső: a Felszabadulás út 24. sz. alatti borospince külső homlokzati falában szürkés vörösbarna színű, 2—5 cm-es, váltakozó vastagságú tefraréteg.

A leírásokból látható, hogy a délmagyarországi tefrák (Dunaszekcső, Paks, Sióagárd) általában sárgásbarnák, az északiak viszont szürkék. Eredményeink szerint azonban a színbeli különbségnek az ásványi összetétel szempontjából nincs jelentősége. A vulkáni működés következtében levegőbe került anyag porhullásként rakódott le periglaciális körülmények között a löszképződés során. A fedő és fekü rétegekből másodlagosan jelentős mennyiségű lösz és kalcium is került a tefrába.

## Kőzettan és geokémia

### *Szemcseösszetétel*

A rétegekből vett átlagminta szemcseösszetételi vizsgálata (a szemcsék 95%-a valamennyi mintában finomabb mint 0,125 mm és egyetlen szemcse sem durvább 0,2 mm-nél) véleményünk szerint a tefra lerakódási körülményeire vonatkozó használható információkat nem szolgáltat. A lerakódás után ugyanis a vulkáni üveg erősen átalakult és jelentős mennyiségű lösz is keveredett a tefrába. Ezért csak a piroxének szemcseméretét vizsgáltuk meg.

A nagy kiterjedésű területről begyűjtött tefrák mindegyikében kicsik a piroxének és szemcseméret-eloszlásuk is azonos (2f ábra). Ha összehasonlítjuk a minták szemcseméret-eloszlását a St. Helens-vulkán legutóbbi kitörése során leülepedett tefrákéval (SARNA-WOJCIK et al., 1981), megállapítható, hogy a vizsgált tefrák anyaga több száz, esetleg egy-két ezer kilométeres távolságban van a kitörés helyétől.

### *Elemzési módszerek*

A tefrából és a löszből vett minták elemzése a következő lépések szerint történt:

- 20 mg-nyi átlagmintát mértünk be;
- hideg, 25%-os sósavban eltávolítottuk a kalcium-karbonátot, majd desztillált vízben kimostuk a mintát;
- 900 °C-ra hevítve eltávolítottuk a szerves- és illékony anyagokat;
- a mintával egyenlő mennyiségű katalizáló adalékanyaggal keveréket készítettünk;
- platinacsészében olvadékot állítottunk elő, amit
- megvizsgáltunk a mikroszondával.

Ezen eljárás következtében az összes vas ferri formában volt jelen a mintákban.

### *Kémiai összetétel*

A különböző teframintákban a vulkáni üveg annyira elmállott, hogy egyetlen elemzés sem hozott kielégítő eredményt. Az üvegszerűnek tűnő anyag ugyanis a mikroszondában a vizsgálat során szétesett.

Amint az előző részben megállapítottuk, a lerakódás során a tefrarétegekbe mindenütt belekeveredett a lösz anyaga is, zavarva az elemzések értelmezését. A tefra kémiai összetételét ezért úgy határoztuk meg, hogy a tíz fő oxid előfordulási arányát összehasonlítottuk a szelvényben közvetlenül a tefra felett és alatt lévő tiszta löszével.

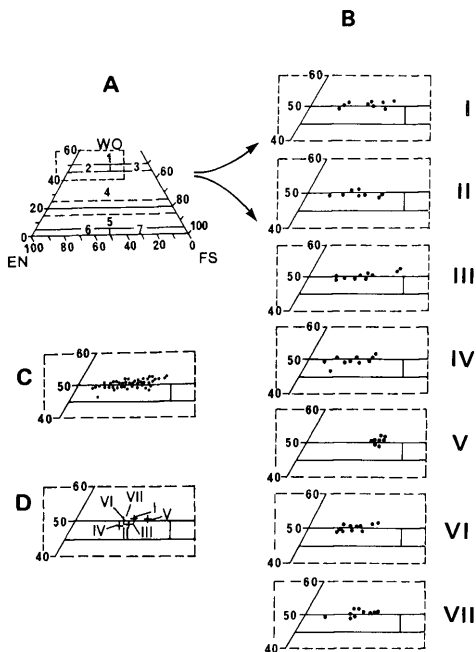
### Eredmények

Az 1. táblázat D(1–7) oszlopa tartalmazza a tíz fő oxid koncentrációját az egyes tefraszintekben. A határértékeket a tiszta lősz és a lőszel bizonyos mértékig kevert (szennyezett) tefra mérési adatainak összehasonlításából határoztuk meg, mégpedig annak figyelembevételével, hogy nem volt megállapítható, vajon a tefra lőszanyaga az alatta, vagy a felette levő lőszből került ki.

Hat elemre vonatkozólag valamennyi feltárás tefrájára érvényes előfordulási határértékeket sikerült megállapítani (1. táblázat E oszlop), de a  $TiO_2$  és a  $Cr_2O_3$ -ra egy, a  $MnO$ -ra és a  $K_2O$ -ra két esetben ellentmondásos eredményt kaptunk az elemzés során. Ezek az elemek azonban igen kis mennyiségben fordulnak elő a tefrából, sőt a Cr és Mn esetében arányuk a mikroszonda méréshatárán van, tehát nem tekinthetők szignifikánsnak az eredeti magma tulajdonságainak meghatározásában.

Az ellentmondásos eredmények megmagyarázhatók a vulkáni üveg különböző mértékű elmállásával is: ennek során a mobilis elemek eltávoznak és az immobilisak feldúsulnak (FISCHER és SCHMINCKE, 1984). Egy közép-németországi lőszfeltárásban végzett hasonló jellegű kutatás során JUVIGNÉ és SEIDENSCHWANN (1989) a CaO, a  $Na_2O$  és a  $K_2O$  olyan eltérő mértékű kimosódását mutatta ki a tefrából, hogy annak alapján lehetetlen volt megállapítani a különböző elemek kimosódásának nagyságát. Jelen esetben csupán a  $Na_2O$ -nak a rendellenesen kicsiny előfordulási aránya ( $< 0,32\%$ ) igazolja a tanulmányozott tefrában a vulkáni üveg mállását és az elemek kimosódását. A  $CaO + Na_2O + K_2O$  tefrabeli kumulált részarányának a vulkáni kőzetek jól ismert hasonló adataival való összehasonlítása mint módszer nem használható, mert a tefrából ezen elemeknek csak a minimális és maximális értékei ismertek. Ami a  $Na_2O$ -nak a  $K_2O$ -hoz viszonyított csekély mértékű jelenlétét illeti, az abban az értelemben sem meghatározó, hogy a  $Na_2O/K_2O < 1$  összefüggés érvényes pl. a leucititeknél (IRVINE és BARAGAR, 1971; VIERECK, 1984).

Abból a célból, hogy a kiindulási kőzet típusának megállapítására tett kísérletünk során ellensúlyozzuk a kimosódás hatására bekövetkező bizonytalanságot, az E oszlop adatait újrászámoltuk, mégpedig oly módon, hogy a  $CaO + Na_2O + K_2O$  összegzett előfordulási arányát önkényesen 10%-ban (F oszlop), 15%-ban (G oszlop) ill. 20%-ban (H oszlop) rögzítettük. A számítás megkönnyítésére az ellentmondásos adatokkal jellemezhető anyagokat ( $TiO_2$ ,  $Cr_2O_3$  és  $MnO$ ) mindhárom esetben ugyanazon fix arányban (1%, 0,1% és 0,2%) vettük figyelembe. A 10–15–20%-os értékek tekintetbe veszik azt a tényt, hogy a vulkáni kőzetek nagy részében a  $CaO + Na_2O + K_2O$  összesített részaránya általában 10–15% között van, és csupán a határozottan telítlen kőzetekben (nefelinit, leucitit, stb.) mozog az értéke 15–20% között (IRVINE és BARAGAR, 1971; VIERECK, 1984). A fentiekben leírt módon számított értékek segítségével jobban körülhatárolhatjuk a tefrában jelenlévő négy fő elemet:  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  és  $MgO$ . A 3. táblázat F, G és H oszlopainak határértéke jelzi, hogy a tefra eredetileg bázisos vagy alig átmeneti bázisos jellegű lehetett ( $SiO_2 < 53\%$ ), amely vasban gazdag ( $> 7\%$ ), alumíniumban kivételesen gazdag ( $> 22\%$ ) és ugyanakkor valószínűleg magnéziumban szegény ( $> 2,4\%$ ) volt, amely tulajdonságok szerint magmája határozottan differenciált állapotú lehetett.



2.ábra: A hét tanulmányozott tefraréteg szemcseösszetétele, ásványtani és kémiai jellemzői (a római számok jelentése mint az előző ábrán):

A) A MORIMOTO osztályozás háromszög diagramja: WO – wollastonit; EN – enstatit; FS – ferroszilít; 1 – „szokatlan piroxén”; 2 – diopszid-hedenbergit sorozat; 3 – augit; 4 – pigeonit; 5–6–7 – enstatit-ferroszilít sorozat.

B) A hét tefra piroxénjeit jellemző pontok a Morimoto rendszerben (ld. A is!)

C) A hét feltárás valamennyi piroxén mintájának (.), ill.

D) átlagmintáinak (+) helye MORIMOTO (1988) rendszerében.

E) A szilícium-, titán- és alumíniumoxid tartalom aránya az egyes tefra mintákban súlyszázalék szerint F) a 0,063 mm-nél nagyobb átmérőjű klinopiroxének szemcseösszetétele görbéi

Fig. 2. Grain size, mineral and chemical composition of tephra beds (roman numerals: see Fig. 1).

A) Triangular plot of the MORIMOTO (1988) classification: WO – wollastonite; EN – enstatite; FS – ferrosilite; 1 – “unusual” pyroxene; 2 – diopside-hedenbergite series; 3 – augite; 4 – pigeonite; 5–6–7 – enstatite-ferrosilite series.

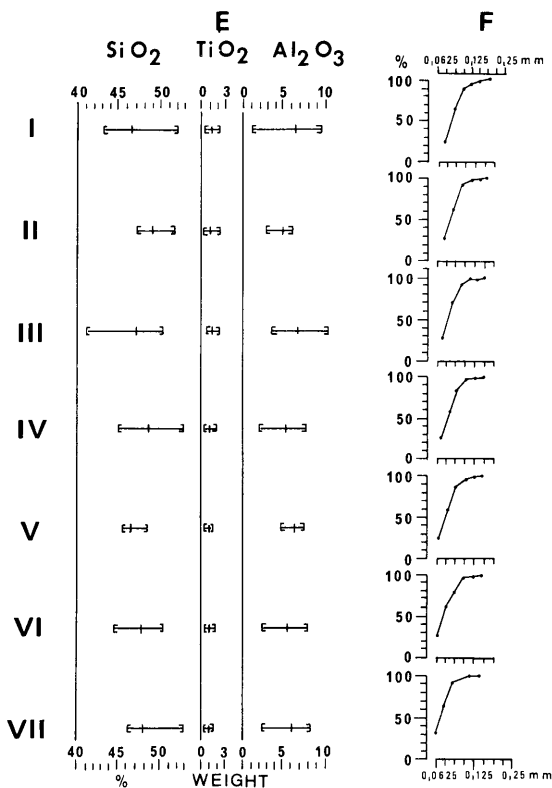
B) Pyroxenes in the MORIMOTO plot.

C) All pyroxene samples (.), and

D) averaged samples (+) in the MORIMOTO plot.

E) Weight percentage of silicium, titanium, and aluminium oxide content.

F) Grain size plots of clinopyroxenes larger than 0.063 mm.



Mafikus ásványok

*Optikai vizsgálatok*

Minden mintából csak a 0,063 mm-nél nagyobb frakció nehézasványait vizsgáltuk meg. Az elemzésre kiválasztott szemcsekategória alkalmas arra, hogy kiküszöböljük a „löss ásványok” nagy részét és így a vulkáni eredetű ásványok részeseződése már a frakcionálást követően is eleve nagyobb lesz. Valamennyi mintában klinopiroxének alkotják a vulkáni eredetűnehézasványok 94%-át (2. táblázat). Színük zöld, pleokroizmusuk gyenge, az idiomorf szemcsék prizma- vagy lemeztörödékek formájában

fordulnak elő, néha fogazottak. A mállott szemcsék ritkák. A barna amfibol részaránya átlagosan 3,8%; ezenkívül kevés titanitot és olivint is találtunk a tefrában. A három utóbbi ásvány csak nyomokban fordul elő az összehasonlításként megvizsgált löszmintákban. Közvetlenül a tefraréteg alatti és feletti löszből kontrollként vett mintákban viszont jelentős arányban van zöldamfibol, amelyből néhány szemcse — talán mint szennyeződés — a tefrarétegben is előfordul. Kevés apatit és biotit egyaránt található a tefrában és a löszben is. Kis mennyiségük nem teszi lehetővé az eredet tisztázását, ezért inkább a nem vulkáni ásványokhoz számoltuk őket (2. táblázat NV oszlopa).

#### *A klinopiroxének mikroszondás elemzése*

A mintánként tucatnyi klinopiroxén szemcséből mikroszondás elemzés készült, amelynek alapján MORIMOTO (1988) osztályozása szerint határoztuk meg típusukat (3. táblázat). A Ca—Mg—Fe diagramban a diopszidot a „szokatlan piroxén”-től elválasztó határvonal kétoldalán folyamatos sávban helyezkednek el a minták jellegét reprezentáló pontok, és értékük minden esetben  $8 < [100xFe^{2+}/Fe^{3+} + Mg] > 48$  (3a—d ábra). Valamennyi klinopiroxén kalciumban és alumíniumban gazdag ( $Al^{3+} > 0,1$  a szerkezeti képlet szerint). A legtöbb valószínűleg vasdús is ( $Fe^{3+} > 0,1$  a szerkezeti képletben), de ebben az esetben számításba kell venni azt is, hogy a  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  arány nem reális mérés eredménye; csupán HAMM és VIETEN (1971) módszerére alapozva következik az összes Fe elméleti felosztásából.

Végző következtetésünk, hogy a hét tanulmányozott feltárás klinopiroxénjei rendkívül hasonlóak, ami a hét tefraréteg közös forrásból való származását támasztja alá.

#### *A vulkáni hamuhullás egységessége*

A különböző feltárások tefrarétegeinek nehézasvány-eloszlása, azaz a klinopiroxének dominanciája, a klinopiroxének kémiai összetétele, szemcsemérete és eloszlása is rendkívül hasonló, ami egyértelműen a közös eredetre utal. Ezért úgy gondoljuk, hogy a vizsgált tefrarétegek anyaga egyetlen vulkáni kitorréshez köthető, egyetlen hamuhullás terméke, amelyet a továbbiakban Bag Tefrának nevezünk.

KRIVÁN (1957), KRIVÁN és RÓZSAVÖLGYI (1964) a pásztói és a komjáti minták kivételével ugyanezeket a rétegeket tanulmányozták! Az általuk leírt „amfiból tufa” megegyezik az általunk vizsgáltakkal, az eredmények különbsége a korábbi kevésbé finom ásványhatározási módszer kiválasztásából adódik, de erre nem alapozható többszörös hamuhullás feltételezése.

#### **A tefra kora**

A tefra rétegtani helyét elsősorban a paksi pleisztocén löszfeltárás alapján határozhatjuk meg, ahol a Basaharc Alsó (BA) és a Mende Bázis (MB) talajok között húzódik.

Ezt az egyértelmű sztratigráfiai helyzetet sokkal nehezebb az ún. „abszolút” időskálán elhelyezni, mert a magyarországi fosszilis talajokat többféleképpen értelmezték, és a kialakulásuk korára vonatkozóan is eltérő mérési eredmények és megállapítások láttak napvilágot. A feltárások anyagából közvetlenül elvégezhető



mérések ugyanis vagy időben korlátozottak ( $C^{14}$ -es módszerrel biztosan harmincezer, bizonytalanabban legfeljebb ötvenezer évig mérhetünk), vagy maga a termolumineszcenciás (TL) mérés ad ellentmondásos eredményeket.

Tehát 30.000—50.000 év és a paleomágneses mérésekkel jól fogható kb. 700.000 év közötti időszakra csupán bizonytalan TL mérések, ill. más feltárásokból levezetett Th/U, elektron-spin-rezonancia (ESR) mérések és egyéb becslések alapján következ-tethetünk.

A tefrát tartalmazó löszkötegek, ill. a hozzá legközelebb fekvő talajok korára vonatkozó irodalmi megállapításokat az alábbiakban soroljuk fel.

— PÉCSI korábban (1979) a BA és a MB fosszilis talajok közötti löszköteg kialakulását a würm kezdetére tette, melynek kora, GUIOT et al. (1989) legújabb kronosztratiográfiája szerint kb. 103—115 ezer év;

— BUTRYM és MARUSZCZAK (1984) paksi és mendei (közvetlenül a BA alól ill. közvetlenül az MB fölülr származó) mintákon végzett TL mérései szerint 87—98 ezer év;

— BORSY et al. (1979) Mende Bázis talajból vett minták TL kora  $105 \pm 17$  ezer év (Mendén) illetve  $125 \pm 20$  ezer év (Pakson);

— WINTLE és PACKMAN (1988) — szintén TL mérések alapján — a tefrát tartalmazó löszköteget az utolsó interglaciálisnál feltétlenül idősebbnek tartja, mert szerintük a Mende Felső talajkomplexum idősebb része ( $MF_2$ ) eemi (riss—würm interglaciális) lehet. Ezzel szemben TL mérések alapján az  $MF_2$  kora Tápiószőlőn  $79 \pm 6$  ezer év, a BD talaj 125 ezer, az MB pedig közel 500 ezer éves.

— KRIVÁN és RÓZSAVÖLGYI (1962) rétegtani megállapítása szerint a tufa a riss I-ben hullott, ami szerinte kb. 200 ezer évvel ezelőtt lehetett (megjegyzendő, hogy Krivánék számszerű adata az ún. abszolút kormeghatározások előtti, a Milanković—Bacsák kronológiára alapozott becslés).

— HAHN (1989) a Mende Bázis (MB) fosszilis talajt a mindel—riss határra teszi és korát a löszképződés sebességének becslésére alapozva 300 ezer évnél idősebbnek tartja. A tefra tehát ezek szerint ennél némileg fiatalabb lehet.

— PÉCSI (1991) legújabb paksi szelvénye szerint a tefracsíkot tartalmazó löszköteg a riss elején képződhetett és kora — több laboratórium méréseiből interpolálva — kb. 260 ezer év.

— Ez a sztratiográfiai helyzet KUKLA (1977) rendszerében a mindel—riss interglaciálisnak megfelelő F jelű ciklus és az időben azt követő E ciklus közötti átmeneti időszaknak felel meg, ami szerinte kb. 400 ezer évre datálható.

— SHACKLETON és OPDYKE (1976) beosztása szerint ez a rétegtani szint az ötödik hideg periódusnak, vagyis a 12. szakasznak felel meg, amelyet 440—472 ezer év közé helyeztek.

E felsorolást áttekintve kitűnik, hogy a különböző ellentmondásos megfontolások, mérések a paksi tefra korát 87 ezer és 470 ezer év közé teszik.

Véleményünk szerint a hosszú éveken át elfogadott hazai löszkronológia módosításra szorul. Egyetértünk azzal a megállapítással, hogy a tefra alatti Mende Bázis talaj képviselheti a mindel—riss interglaciális. Ebből következik, hogy maga a tufahullás a riss elején történhetett, úgy, ahogyan azt KRIVÁN és RÓZSAVÖLGYI már 1962-ben leírta. Ezt a kronosztratiográfiai helyzetet alátámasztja a szlovákiai Komjából ismert egyetlen külföldi tefraelőfordulás, melynek időrendi helyét ugyancsak közvetlenül a mindel—riss határ (holstein) fölött jelölte ki a szlovákiai kutatás (VAŠKOVSKÝ, 1977).

Ami a tefra „abszolút” korát illeti, azt egyelőre a legnagyobb valószínűséggel 250—400 ezer év közé helyezhetjük, azzal a megjegyzéssel, hogy a piroxén egykristályokon folyamatban levő K/Ar izotóp mérések közeljövőben várható eredményei majd pontosabb kormeghatározást engednek meg.

### A tefra eredete

A Bag Tefra klinopiroxénjeinek szemcseméret-eloszlása alapján feltételezett több száz, esetleg ezer kilométeres távolságban, 250—400 ezer éves időintervallumban aktív tűzhányótevékenység a Keleti-Kárpátok, az Appenninek, az Eifel-hegység és a Massif Central területén, valamint Görögországban az égei-tengeri szigeteken volt (3. ábra). Sajnos, egyetlen adat sem utal arra, hogy a kárpát-medencebeli tefrák és valamelyik, forrásként feltételezett vulkáni terület között megtalálták volna azokat a rétegeket, amelyek közvetlenül bizonyítanák a kapcsolatot. Ez a helyzet azért is furcsa, mert a tefráknak a forrás felé egyre nagyobb vastagságban (és durvább szemcseösszetételben) kellene előfordulnia. Ennek ellenére sem Magyarország más részein, sem Jugoszláviában, Romániában, Ausztriában eddig nem ismerünk ilyen anyagot.

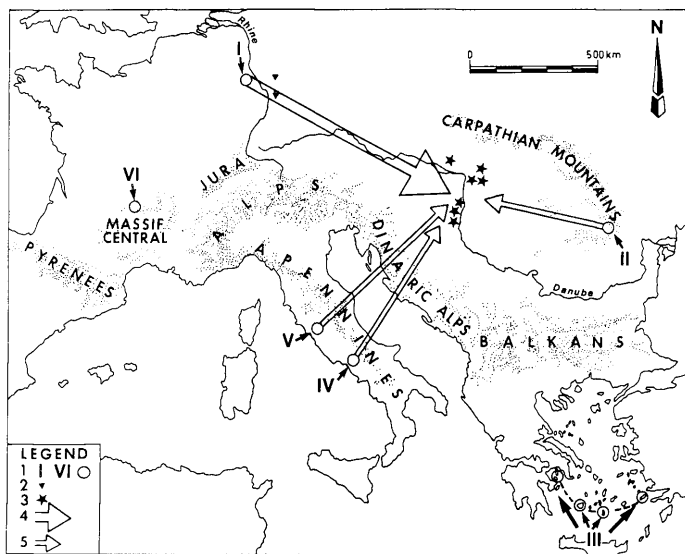
Az eredetre utaló feltételezések ezért csupán a tefra, ill. a szóba jöhető vulkáni területek tufáinak ásványtani és geokémiai vizsgálatára és a különbségek feltárására alapozhatók. A Bag Tefra magmatípusa ugyanis — annak ellenére, hogy piroxénjeiről sokat tudunk — nem ismert. Másrésztől a környező vulkáni területeken sem készült el minden piroklasztit kellő mélységű ásvány-kőzettani leírása, explóziós fázisainak rétegtani helyzete is csupán részben ismert, és piroxénjeik kémiai összetételét csak kivételes esetekben határozták meg (PELTZ et al., 1973). Következésképpen a tefra eredetére vonatkozó feltételezéseink csak néhány középsőpleisztocén kitérés anyagával történt összehasonlításra alapozhatók.

### Keleti-Kárpátok

A Keleti-Kárpátok tűzhányói vannak legközelebb a tanulmányozott löszszelvényekhez (500—600 km) és ezért tartotta KRIVÁN (1957) a Hargitát a tufák forrásának. Az utolsó kitérések azonban itt — jelenlegi ismereteink szerint — 1.450.000 év körül lehettek (PELTZ et al., 1987), jóllehet néhány szerző (pl. RADULESCU, 1973) ennél fiatalabbakat is feltételez.

A Keleti-Kárpátok vulkanitjai főképpen andezitek és közöttük többféle piroxéndandezit is előfordul, amelyekben a  $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  összesített részaránya mindig 10—15% között van. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  legmagasabb előfordulási aránya pedig 22,9% (PELTZ et al., 1973). Ha a  $\text{CaO} + \text{N}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  tartalmat összesen 15%-ban rögzítve újraszámoljuk a Bag Tefra kémiai összetételét (1. táblázat, G oszlop), akkor az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  előfordulási aránya mindig magasabb 23,3%-nál, ami meghaladja a kárpáti piroxéndandezitek alumíniumtartalmát.

A Bag Tefra keleti-kárpáti eredete tehát sem kronosztratigráfiai sem geokémiai adatokkal nem támasztható alá.



3. ábra. A tanulmányozott tefrarétegekhez közeli, negyedidőszakban működő tűzhányók elhelyezkedése.

- 1 — a római számok jelentése: I — Vulkáni Eifel; II — Keleti-Kárpátok; III — Égei-tengeri szigetűv tűzhányói; IV — Campaniai tűzhányók; V — Róma környéki tűzhányók; VI — Massif Central;  
 2 — az Eifelből származó tefrák eddig ismert előfordulásai;  
 3 — a tanulmányozott kárpát-medencebeli feltárások;  
 4 — a vulkáni hamu legvalószínűbb kiterjedése;  
 5 — kevésbé valószínű, de feltételezhető hamufelhők elterjedése.

Fig. 3. Quaternary volcanoes close to the studied tephra beds.

- 1 — Roman numerals: I — volcanic Eifel; II — Eastern Carpathians; III — Volcanic arc of the Aegean Sea;  
 IV — volcanoes in Campania; V — Volcanoes at Rome; VI — Massif Central.  
 2 — locations of tephra derived from the Eifel.  
 3 — localities in the Carpathian Basin.  
 4 — Probable extension of volcanic ash.  
 5 — Possible extension of volcanic ash.

### Eifel-hegység

Közép- és Dél-Németországban az Eifel-hegységtől déli-délkeleti irányban kb. 100 km-es távolságig a későpleisztocénnél idősebb löszszelvényekben több tefraréteget észleltek (BIBUS, 1974, 1976, 1980; SEIDENSCHWANN és JUVIGNÉ, 1986; JUVIGNÉ és SEIDENSCHWANN, 1989). Ezek a tefraelőfordulások az Eifelből kiszórt vulkáni por és hamufelhő Közép-Európa felé tartó útvonalaiba esnek (3. ábra).

Az Eifel negyedidőszaki vulkáni anyagai átmeneti bázisos jellegűek (SIMON, 1969; FRECHEN, 1976; VIREECK, 1984; SCHMINCKE et al., 1983). Néhánynak az alumínium-tartalma 20—40% között van, a  $\text{Ca} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  összesített részaránya pedig elérheti a 20%-ot (1. táblázat G és H oszlopai). Közülük a Bag Tefrához ásványtanilag és geokémiailag leginkább hasonlóak a riedeni vastag tufarétegek, amelyek korát legújabbban kb. 400 ezer évesre becsülik (BOGAARD és SCHMINCKE, 1988; BOGAARD et al. 1987) és a jelen tanulmányban különleges figyelmet érdemelnek annak ellenére, hogy alumíniumban kicsit gazdagabbak, magnéziumban viszont kicsit szegényebbek, mint a Bag Tefra.

A Vulkáni Eifel ezen tefráinak klinopiroxénjei (JUVIGNÉ és SEIDENSCHWANN, 1989) azonosak a kárpát-medencebeliekkel. Ismereteink jelenlegi állása szerint az ásványtani-geokémiai összetételt illetően nincs alapvető eltérés az Eifel riedeni tefrái és a Bag Tefra között.

#### *Monts Dore (Massif Central)*

A pleisztocén közepén a franciaországi Monts Dore területén heves robbanásos kitörések voltak. A vulkáni anyag azonban savanyú (CANTAGREL és BAUBRON, 1983), és ez a jellemvonás nem felel meg a Bag Tefra alacsony szilíciumtartalmának.

#### *Középső-Appenninek*

Nagy tefratömegek ismertek ebben a régióban az alsó- és középső pleisztocénből (pl. PICHLER 1970a, b). A toszkánai terület anyaga azonban főképp savanyú, a római (Mt. Sabatini) és a campaniai (Roccamonfina) pedig részben savanyú jellegű. Az alumínium-tartalom alapján sem hasonlítható az általunk vizsgált Bag Tefrához.

#### *Görögország (égei-tengeri tűzhányók)*

A pleisztocén során különböző időpontokban voltak vulkáni kitörések az Égei-tenger szigetvilágában (FYTICAS et al., 1984). A tűzhányók anyaga a mészkáli sorozathoz tartozik (andezit, dácit, riolit). Szilíciumtartalmuk általában többé-kevésbé nagyobb (55—73%), mint a Bag Tefra feltételezett anyagáé (<53%), az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  részaránya viszont — éppen ellenkezőleg — sokkal kisebb (12—18%) az égei-tengeri tűzhányók piroklasztitjaiban, mint a Bag Tefrában (>22%) (1. táblázat, H oszlop). Tehát a két anyag közötti különbségek olyan nagyok, hogy kapcsolatukat nem lehet valószínűsíteni.

Kutatásaink eredményei azt mutatják, hogy a Bag Tefra anyaga a Vulkáni-Eifelből származhat. Ugyanakkor meg kell említeni, hogy két másik vulkánikus terület — Központi-Appenninek és a Keleti-Kárpátok — sem zárható ki mint a tufahullás forrása (3. ábra).

#### **Következtetések**

A Kárpát-medencében több löszfeltárásban létezik egy nagy földrajzi kiterjedésben nyomozható tefraréteg, amely feltehetőleg a riss eljegesedés elején, kb. 250—400 ezer évvel ezelőtt hullott. Geokémiai és ásványtani jellemvonásai olyan átmeneti bázisos

magmához kötik, amely gazdag alumíniumban és fő mafikus ásványa egy alumíniumban gazdag, kalciumban dús klinopiroxén.

Ez a tefraréteg új rétegtani kapcsolatot jelent a dél-szlovákiai és a magyarországi löszszelvények között. Ugyanakkor nagy jelentőségű a hazai löszkutatásban, mert — ahogy KRIVÁN leírta — vezetősíntként használható azokban a szelvényekben is, ahol az egyes középső- és felsőpleisztocén talajszintek hiánya sztratigráfiai bizonytalanságot okoz.

A tefra forrását még nem sikerült megnyugtató módon tisztázni, de ezen segíthet a környezetünkben — elsősorban a feltételezett forrás irányában — végzett további kutatás.

### Irodalom — References

- BIBUS, E. (1974): Das Quartärprofil im Braunkohletagebau Heuchelheim (Wetterau) und seine vulkanischen Einschaltungen. — Notizblatt des Hessischen Landesamt für Bodenforschung, 102, 159—167, Wiesbaden.
- BIBUS, E. (1976): Pliozän und Quartär der Wetterau und ihrer Randgebiete. — Rhein-Main Forschungen 82, 17—42.
- BIBUS, E. (1980): Zur Relief-, Boden- und Sedimenten-Entwicklung am unteren Mittelrhein. — Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, D1, 296 p., Frankfurt am Main.
- BOGAARD, P. v. D., HALL, C. M., SCHMINCKE, H. U. & YORK, D. (1987):  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  laser dating of single grains: ages of Quaternary tephra from the East Eifel volcanic field, FRG. — Geophysical Research Letter, 14/12, 1211—1214.
- BOGAARD, P. v. d. & SCHMINCKE, H.-U. (1988): Aschenlagen als quartäre Zeitmarken in Mitteleuropa. — Die Geowissenschaften 6, 75—84.
- BORSY, Z., FÉLSZERFALVI, J. & SZABÓ, P. (1979): Thermoluminescence dating of several layers of loess sequences at Paks and Mende (Hungary). — Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 22/1—4, 451—460, Budapest.
- BUTRYM, J. & MARUSZCZAK, H. (1984): Thermoluminescence chronology of younger and older loesses. In PÉCSI M. (ed), Lithology and Stratigraphy of Loess and Paleosols. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 195—199.
- CANTAGREL, J.-M. & BAUBRON, J.-C. (1983): Chronologie des éruptions dans le massif volcanique des Monts Dore (Méthode potassium-argon). Implications volcanologiques. — Géologie de la France, 2/1—2, 123—142, Orléans.
- FISHER, R. V. & SCHMINCKE, H.-U. (1984): Pyroclastic Rocks. Springer, Berlin, 472 p.
- FRECHEN, J. (1976): Siebengebirge am Rhein, Laacher Vulkangebiet, Maargebiet der Westeifel. Vulkanologisch-petrographische Exkursionen. — Sammlung Geologischer Führer 56, Borntraeger, Berlin, 209 p.
- FYTIKAS, M., INNOCENTI, F., MANETTI, P., MAZZUOLI, R., PECCERILLO, A. & VILLARI, L. (1984): Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region. In DIXON, J. E. & ROBERTSON, A. H. F. (editors): The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Special Publication of the Geological Society, 17, 687—699, London.
- GUIOT, J., PONS, A., DE BEAULIEU, J. L. & REILLE, M. (1989): A 140,000-year continental climate reconstruction from two European pollen records. — Nature, 338, 309—313, London.
- HAMM, M.-H., VIETEN, K. (1971): Zur Berechnung der kristalchemischen Formel und des  $\text{Fe}^{3+}$ -Gehaltes von Klinopyroxenen aus Elektronenstrahl-Mikroanalysen. — Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte 1971, 310—314, Stuttgart.
- HAHN Gy. (1989): A magyarországi löszök kronosztratigráfija és gyakorlati hasznosításuk. [Chronostratigraphy and Utilization of Loess in Hungary.] - Akadémiai doktori értekezés, Kézirat, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. (In Hungarian)
- IRVINE, T. & BARAGAR, W. (1971): A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. — Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523—548.
- JUVIGNÉ, E., HORVÁTH, E. & GÁBRIS, Gy. (1991): La Téphra de Bag: une retombée volcanique à large dispersion dans le loess pléistocène d'Europe centrale. — Eiszeitalter und Gegenwart 41, 107—118, Hannover.

- JUVIGNÉ, E. & SEIDENSCHWANN, G. (1989): Tephralagen in Alzenau. — *Hanauer Zeit* (sajtó alatt)
- KRIVÁN P. (1957): A felsőpleisztocén (rissi) andezitvulkánosság nyomai a paksi szelvényben. (Traces of the andesitic volcanism in Upper-Pleistocen in the section of Paks.) — *Földtani Közlöny* 87/2, 206—210, Budapest. (In Hungarian with English abstract)
- KRIVÁN P. & RÓZSAVÖLGYI J. (1962): Felsőpleisztocén (rissi) andezitvulkánosság nyomai Aszód környékén. (Traces of the andesitic volcanism in the near of Aszód.) — *Földtani Közlöny* 92/3, 330—333, Budapest. (In Hungarian with English abstract)
- KRIVÁN P. & RÓZSAVÖLGYI J. (1964): Andezituffut vezetősínt a magyarországi felsőpleisztocén (rissi) löszszelvényekből. (A marker horizon of andesitic tuff in the Upper-Pleistocene in the loess sections of Hungary.) — *Földtani Közlöny* 94, 257—265, Budapest. (In Hungarian with English abstract)
- KUKLA, G. (1977): Pleistocene land-sea correlations 1. Europe. — *Earth Science Reviews*, 13, 307—374, Amsterdam.
- MORIMOTO, N. (1988): Nomenclature of pyroxenes. — *Bulletin de Minéralogie* 111, 535—550.
- PÉCSI M. (1979): Lithostratigraphical subdivision of the loess profil at Paks. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 22/1-4, 409—418, Budapest.
- PÉCSI, M. (1991): Problems of Loess Chronology. — *Quaternary Research* (sajtó alatt).
- PELTZ, S., VASILIU, C., UDRESCU, C. & VASILESCU, A. (1973): Geochemistry of volcanic rocks from the Călimani, Gurghiu and Harghita Mountains (Major and trace elements). — *In Vulcanismul Neogen al Lantului Muntos, Calimani—Gurghiu—Harghita, Simpozionului International de Vulcanologie*, 42. pp. 339-393.
- PELTZ, S., VAJDEA, E., BALOGH K. & PÉCSKAY Z. (1987): Contributions to the chronological study of the volcanic processes in the Călimani and Harghita Mountains (East Carpathians, Romania) - *Dări de Seamă ale Ședintelor Institutului de Geologie și Geofizică* 71—72/1, 323—338, București.
- PICHLER, H. (1970a): Italienische Vulkan-Gebiete I. Somma—Vesuv, Latium, Toscana. — *Sammlung Geologischer Führer* 51, Borntraeger, Berlin, 258 p.
- PICHLER, H. (1970b): Italienische Vulkan-Gebiete II. Phlegräische Felder, Ischia, Ponza-Inseln, Roccamonfina. — *Sammlung Geologischer Führer* 52, 186 p. Borntraeger, Berlin.
- RĂDULESCU, D. P. (1973): Position of the Călimani—Gurghiu—Harghita area within the Neozoic volcanic zone of the Alpine regions *In Vulcanismul Neogen al Lantului Muntos Calimani—Gurghiu—Harghita. Simpoziunului International de Vulcanologie. Anuarul Institutului Geologic* 41, 7—15.
- SARNA-WOJCIK, A., SHIPLEY, S., WAITT, R., DZURISIN, D. & WOOD, S. (1981): Areal distribution, thickness, mass, volume, and grain-size of air-fall ash from the six major eruptions of Mount St. Helens, Washington. *In LIPMAN, P. & MULLINEAUX* (editors): U.S. Geological Survey Professional Paper 1250, 577—600.
- SHACKLETON, N. & OPDYKE, N. (1976): Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V8-239. Late Pliocene to latest Pleistocene. *In CLINE, R.M. & HAYS, J. D.* (editors): *Investigation of Late Quaternary Paleoclimatology and Paleoclimatology*. — *Geological Society of America Memoir*, 145, 449—464, Boulder.
- SCHMINCKE, H.-U., LORENZ, V. & SECK, H. A. (1983): The Quaternary Eifel volcanic fields. *In FUCHS et al.* (ed.): *Plateau Uplift*. Springer, Berlin, pp. 139—151.
- SEIDENSCHWANN, G. & JUVIGNÉ, E. (1986): Fundstellen mittelpleistozäner Tephralagen im Bereich des kristallinen Vorspessarts. *Stratigraphie quartärer Tephren*. — *Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft* 137, 613—623.
- SIMON, R. (1969): Geochemische und petrographische Untersuchungen an den Laacher Trachyten und Olivintrachyten sowie an den Laacher-Sec-Tuffen. — *Dissertation, Universität zu Köln, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät*.
- SZÉKELY A. (1960): A Mátra és környezetének kialakulása és felszíni formái. [Evolution and Geomorphology of the Mátra Hills and Environs.] — *Kandidátusi értekezés, Kézirat.* (In Hungarian)
- VÁŠKOVSKÝ, I. — KAROLUSOVÁ, E. (1969): Prvý nález vulkanického popola v sprášiach Komjaticej tehelne. — *Geologické Práce, Správy* 50, 192—198, Bratislava.
- VÁŠKOVSKÝ, I. (1977): Kvartér Slovenska. *Geologický Ústav Dionýza Štúra, Bratislava*, 270 p.
- VIERECK, L. (1984): Geologische und petrographische Entwicklung des pleistozänen Vulkankomplexes Rieden, Ost-Eifel. — *Bochumer Geologische und Geotechnische Arbeiten* 17, 337 p.
- WINTLE, A. & PACKMAN, S. (1988): Thermoluminescence ages for three sections in Hungary. — *Quaternary Science Reviews* 7, 315—320.

1. táblázat: A hét tanulmányozott tefrarétegből, valamint a közvetlenül alatta és felette levő löszből vett minták olvadáknak kémiai összetétele. A1—7 — fekü lösz; B1—7 — tefra; C1—7 — fedő lösz; D1—7 — az egyes elemek előfordulásának szélső értékei a tefrában (<> — ellentmondásos meghatározás!); E — az egyes elemek előfordulásának szélső értékei a hét feltárás tefrarétegeit összegezve (a csillaggal jelölt értékek a továbbiakban önkényesen jelölt arányt jelentenek); F—G—H — az E oszlop adatainak oly módon újraszámolt értékei, hogy a CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O összesített arányát önkényesen 10%-nak (F), 15%-nak (G), ill. 20%-nak (H) vettük.

Table 1. Chemical composition of melts prepared from the seven tephra beds, and from underlying and overlying loess layers. A1—7 — underlying loess; B1—7 — tephra; C1—7 — overlying loess; D1—7 — extreme values of elements in the tephra (<> — problematic determination!); E — extreme values of elements in the summarizing the tephra beds in the seven localities (stars indicate an arbitrary value); F—G—H — data of column E recalculated: CaO+Na<sub>2</sub>+K<sub>2</sub>O is 10 % (F), 15 % (G), and 20 % (H).

	I. Komját				II. Pásztó			
	A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2
SiO <sub>2</sub>	75.86	56.7	76.83	<56.70	78.64	65.22	85.86	<65.22
TiO <sub>2</sub>	1.03	1.04	0.97	> 1.04	0.88	1.05	0.44	> 1.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.94	26.25	12.27	>26.25	11.7	15.38	7.25	>15.38
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.06	0.02	> 0.06	0	0.11	0.02	> 0.11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> t	4.13	7.54	3.89	> 7.54	3.5	6.47	2.17	> 6.47
MnO	0.04	0	0.08	0	0	0.15	0.06	> 0.15
MgO	1.33	2.47	1.4	> 2.47	1	2.46	0.5	> 2.46
CaO	0.83	4.19	0.74	> 4.19	0.62	5.55	0.84	> 5.55
Na <sub>2</sub> O	1.33	0.32	1.15	< 0.32	1.39	1.18	1.11	<>1.18
K <sub>2</sub> O	2.5	1.37	2.65	< 1.37	2.26	2.44	1.75	> 2.44
	III. Bag				IV. Hévízgyörk			
	A3	B3	C3	D3	A4	B4	C4	D4
SiO <sub>2</sub>	75.25	58.67	73.82	<58.67	74.77	58.77	73.53	<58.77
TiO <sub>2</sub>	1.99	1.18	0.91	<>1.18	0.97	1.19	1.32	>1.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.2	22.25	14.17	>22.25	13.87	23.12	14.17	>23.12
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0.02	0	> 0.02	0.04	0.06	0.04	> 0.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> t	4.61	8.52	4.67	> 8.52	4.51	8.4	4.9	> 8.40
MnO	0.06	0.04	0.06	< 0.04	0.06	0.08	0.08	> 0.08
MgO	1.47	2.9	1.7	> 2.90	1.55	2.6	1.55	> 2.6
CaO	0.56	4.18	0.57	> 4.18	0.5	3.38	0.57	> 3.38
Na <sub>2</sub> O	1.31	0.57	1.23	< 0.57	1.26	0.51	1.38	< 0.51
K <sub>2</sub> O	2.55	1.68	2.87	< 1.68	2.46	1.91	2.41	< 1.9

1. táblázat (folytatás)  
Table 1. (continued)

	IV. Paks				VI. Sióagárd			
	A5	B5	C5	D5	A6	B6	C6	D6
SiO <sub>2</sub>	76.7	61.52	78.46	<61.52	78.92	70.47	73.99	<70.47
TiO <sub>2</sub>	0.91	1.1	0.75	> 1.10	0.79	0.71	1.48	< 0.71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.97	22.43	11.02	>22.43	11.1	16.88	13.13	>16.88
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06	0.08	0	> 0.08	0.02	0.05	0.1	< >0.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	3.92	6.53	3.46	> 6.53	3.47	4.64	4.65	< >4.64
MnO	0.04	0.1	0.06	> 0.1	0.04	0.09	0.06	> 0.09
MgO	1.31	2.34	1.44	> 2.34	1.32	1.85	1.77	> 1.85
CaO	0.91	2.01	0.89	> 2.01	0.64	2.13	0.97	> 2.13
Na <sub>2</sub> O	1.58	0.77	1.36	< 0.77	1.21	0.75	1.33	< 0.75
K <sub>2</sub> O	2.57	3.17	2.57	> 3.17	2.48	2.41	2.52	< 2.41
	VII. Dunaszekeső				A változás jellege (D1—D7)			
	A7	B7	C7	D7	E	F	G	H
SiO <sub>2</sub>	74.51	62.06	77.26	<62.06	<56.7	<53.3	<50.3	<47.4
TiO <sub>2</sub>	1.04	1.05	1.02	> 1.05	1 (*)			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.64	23.79	11.93	>23.79	>26.25	>24.7	>23.3	>21.9
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0.22	0.04	> 0.22	1 (*)			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	4.11	7.22	3.5	> 7.22	>8.52	> 8.0	> 7.6	> 7.1
MnO	0.22	0.38	0.2	> 0.38	1 (*)			
MgO	1.59	1.72	1.43	> 1.72	>2.90	> 2.7	> 2.6	> 2.4
CaO	0.75	1.05	0.69	> 1.05	>5.55			
Na <sub>2</sub> O	1.38	0.65	1.24	< 0.65	<0.32	10	15	20
K <sub>2</sub> O	2.74	2.08	2.7	< 2.08				



2. táblázat: A tefrarétegek ásványtani összetétele.

CPX — klinopiroxének; AMP — barna amfiból; SPH — titanit; OLI — olivin; TOT — összes vulkáni ásvány; NV — nem vulkáni ásványok. A vulkáni ásványok százalékban vannak kifejezve, a nem vulkániakat (NV) pedig a 100 vulkánira jutó darabszám szerint adtuk meg.

Table 2. Mineral composition of tephra beds. CPX — clinopyroxene; AMP — brown amfibole; SPH — sphene; OLI — olivine; TOT — total volcanic minerals; NV — non-volcanic minerals. Volcanic minerals are expressed in percent; the non-volcanic minerals are expressed as number of grains per 100 volcanic grains.

Lelőhely Locality	CPX	AMP	SPH	OLI	TOT	N.V
Komját	94.7	3.8	1.5	0	100	14.9
Pásztó	97.1	2.9	0	0	100	13
Bag	97.9	1.4	0.7	0	100	3.8
Hévízgyörk	97.8	1.5	0.7	0	100	9.3
Paks	96.6	2.6	0	0.7	99.9	8.5
Siógárd	97.8	1.5	0.7	0	100	12.6
Dunaszekcső	95.6	3.7	0.7	0	100	20.6

3. táblázat: A tefrarétegek klinopiroxénjeinek kémiai összetétele. (A római számok az 1. ábra szerinti leelőhelyeket jelentik.) WO-wollasztonit, EN-ensztatit, FS-ferroszilít.

Table 3. Chemical composition of clinopyroxene. (Roman numerals refer to localities in Fig. 1.) WO — wollastonite; EN — enstatite; FS — ferrosilite.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
SiO <sub>2</sub>	47.32	48.72	47.05	48.53	46.5	47.86	47.99
TiO <sub>2</sub>	1.09	0.89	1.1	0.93	1.09	0.98	0.95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.92	5.23	6.51	5.17	6.7	5.5	5.94
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.09	0.03	0.08	0.01	0.02	0.07
FeO <sub>i</sub>	8.03	7.71	8.07	6.54	10.19	6.97	7.69
MnO	0.26	0.22	0.11	0.15	0.27	0.12	0.16
MgO	12.02	12.57	12.34	13.73	10.41	13.22	12.19
CaO	24.13	23.58	24.22	24.13	23.6	24.45	23.74
Na <sub>2</sub> O	0.29	0.31	0.16	0.2	0.37	0.19	0.24
K <sub>2</sub> O	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Összes Total	99.09	99.33	99.61	99.48	99.14	99.32	98.98
WO	50.7	49.7	50.4	49.5	50.7	50.3	50.5
EN	35.1	36.8	35.7	39.2	31.1	37.7	36
FS	14	13.3	13.8	22.1	18	11.9	27