

A KÖZÉPHEGYSÉGI EOCÉN FEDŐS BAUNITOK TÖRMELEKES CIRKONKRISTÁLYAINAK FISSION TRACK KORA: A KORAI EOCÉN VULKANIZMUS BIZONYÍTÉKA

Fission track age of zircon grains from Eocene-covered bauxites
of the Transdanubian Central Range (Hungary):
evidence for Early Eocene volcanism

DUNKL ISTVÁN

Ö s s z e f o g l a l á s

A Dunántúli-középhegység eocén fedős bauxitjainak törmelékes cirkonkristályaiban mérhető fission track kor az anyakőzet(ek) lehűlési korát fejezi ki. Így a cirkonkristályok vizsgálatával, szemcsénként végzett kormeghatározással új adatokat lehetett nyerni a mindmáig vitatott anyakőzetek kérdéséhez. A törmelékes eredetű cirkonkristályok jelentős része idiomorf, ezek morfológiai analízisével az anyakőzetek közettani karakterére lehetett következtetni.

(1): Az eredmények fényében egyértelművé vált, hogy a bauxitok képződéséhez egy - a bauxitlepeket lefedő eocén tengeraléntést megelőző - vulkanizmus piroklasztikum anyaga is hozzájárult. E paleogén vulkanizmus későbbi kitöréseinek nyomai a fedő eocén rétegsor felső részében alkotnak andezittufa rétegeket. A bauxitlepekbe került, a fedő üledék bázisával egyező korú cirkonzemcsék is andezites (dácitos) összetételű piroklasztikumból származnak, mert a morfológiai típusuk megegyezik a fiatalabb andezittufák cirkonjainak típusával. (2): A bauxitlepek egy részében előfordult egy idős, 210-260 millió év korú cirkonpopuláció is. Ezek a kristályok vagy a Középhegység középsőtriász trachandezittufáiból, vagy anatektikus gránitokból származnak. (3): A cirkonzemcsék egy kis része idős korú és erősen kerekített; ezek a környező területek variszkuszi parametamorfizmaiból származnak.

Megállapítható, hogy az eocén fedős bauxitok vegyes származásúak, de az újonnan felismert alsóeocén-alsólutéciai tufaszórás anyaga minden telepbe eljutott és valószínűleg nem elhanyagolható szerepet játszott a bauxitképződésben.

A b s t r a c t

Characteristic heavy minerals in Eocene bauxites of the Transdanubian Central Range (TCR) are chromite, ilmenite, zircon, accompanied by various minerals of a higher-grade metamorphic suite. Zircon grains separated from the above association were studied in details. In full agreement with earlier studies the zircon-population proved to be rather diverse. Euhedral, needle-shaped, anhedral, rounded, and sometimes even perfectly spherical grains were identified. Color variations spread from colourless or light yellow to metamict red opaque grains.

Morphometric analysis and fission track dating of statistical amounts of zircon grains were carried out. With very little deviation almost all the grains yielded a Middle Eocene age - equivalent to the age of the paleontologically dated (Lutetian) cover. Localities wide apart from each other geographically, proved to be of the same age. All this suggests that zircon and probably also ilmenite are of volcanic origin.

According to the morphometric analysis carried out on the zircon grains, the volcanic activity which immediately preceded the deposition of the cover-beds was of andesitic/rhyolitic composition. We think that pyroclastics related to this volcanic activity must have contributed to the material of the bauxites having accumulated on the karstified surface of Mesozoic rocks. The fission track age of zircons is in good agreement with the presence of scattered volcanic rock fragments reported from some of the Eocene bauxites of the Southern Bakony (Csabpuszta).

DUNKL ISTVÁN

MTA Geokémiai Kutatólaboratórium,
Budapest, 1112, Budaörsi út 45.

Bevezetés

A bauxitok cirkonszemcséinek datálásával a bauxitok kiindulási kőzetének kérdéséhez kívánok új megközelítéssel adatokat nyerni. A középhegységi bauxitokat lerakódásuk óta nem érte olyan jelentős hőhatás, ami a bennük levő cirkonszemcsék fission track (FT) korának fiatalodását eredményezné (betemetődésük nem jelentős, vulkáni, hidrotermális hőhatás a telepeket nem érte). Így a bauxit törmeléken cirkonkristályaiban mérhető FT korok szemcsénként külön-külön értelmezhetők és az anyaközetek egy részének kihűlési korát fejezik ki. Az idiomorf cirkonkristályokon végzett Pupin-féle kristályalak értékelés (morfometria analízis) segítségével a bauxit anyaközetek összetételéről, genetikájáról kaphatunk új adatokat.

A Dunántúli-középhegység bauxitjainak genetikai áttekintése

A fiatal áthalmozódásokat figyelmen kívül hagyva a Dunántúli-középhegységben három rétegtani szintben fordul elő bauxit (Dudich és Komlóssy, 1969):

- albai fedős szint (Alsóperei Bauxit Formáció; Császár, 1986),
- szenon fedős szint (Halimbai Bauxit Formáció; Edelényi in Haas et al., 1984),
- eocén fedős szint (Nyirádi Bauxit Formáció; Edelényi in Haas et al., 1984),
(Csabpusztai Bauxit; Mindszenty et al., 1988).

Eocén fedős (a felső bauxit szintből származó) mintákat vizsgáltam, az alábbiakban röviden összefoglalom az e szintre tett korábbi megállapításokat.

A Dunántúli-középhegységben a bauxitelőfordulások (az ÉK-DNY-i csapásiránynak megfelelően elrendeződve) két sávot alkotnak; a DK-i sáv Sümegtől Nézsáig tart, az ÉNy-i sáv Bakonyjékö és Súr között húzódik (Szantner et al., 1986). A két sáv a Bakony szinklinális-szerű szerkezetének két peremén található. A telep morfológiai-, szöveti-, ásványtani bélyegek alapján a színform ÉNy-i szárnyán DK-re, a medence belseje felé irányuló anyagtranszportot és DK-felé lejtő üdomborzatot mutattak ki, míg a "vályú" DK-i szárnyán ezzel ellentétes irányok adódtak (Mindszenty, 1984).

A legutóbbi ősföldrajzi rekonstrukciók szerint (Kázmér, 1984) a Bakony egység ma a kréta-eocén bauxitképződési időszak alatt elfog-

lalt pozíciójától távol helyezkedik el, így a DK és ÉNy felől határoló transzkurrens törésvonalakon túl, jelenleg elhelyezkedő területek nem lehetnek a törmelékbehordás közvetlen forrásai. A tágabb ősföldrajzi környezet ismeretének hiánya bizonytalanságot okoz a lepusztulási területek és a bauxitosodás kiindulási anyagának megítélésében. Ez vezetett a sokféle, részben ellentmondó bauxitgenetikai elmélet kialakulásához.

A különböző bauxitgenetikai elméleteket Bár-dossy (1961, 1977), Szabó E. (1976) és Dudich (1981) ismertette. A dunántúli telepekről kialakított véleményeket a fenti szerzők alapján a következőképpen lehet összefoglalni:

- Laterites mállástermékek karsztos térszínre kerülését és bauxitosodását tételte fel Telegdi-Roth (1927) és Vadász (1946, 1951, 1956). A szállítódás György (1923) szerint eolikus úton történt.
- A terra rossa elmélet szerint a karsztbauxitok a fekvő alkotó karbonátos kőzetek oldódása során visszamaradó szilikátos reziduumból képződtek; lényegében helyben keletkeztek, vagy csak minimális szállításon estek át (Földvári, 1933; De Weisse, 1948; Komlóssy, 1967, 1970; Vendel et al., 1971; Hidasi, 1986).
- Hidrotermális eredetűnek vélte a bauxitot Pávai Vajna (1948).
- Vulkanai tufa sekélytengerben történt átalakulási termékének tartotta a bauxitot Gedeon (1952).
- Kolloid-diszperz rendszerből tavakban történt kicsapódással származtatta a bauxitot Boldizsár (1948), Kiss és Vörös (1965), valamint Nemező és Varjú (1967).

A bauxitképződés kiindulási anyaga mindmég vitatott kérdés. A probléma megközelítésében a geokémiai-, szöveti-, ősföldrajzi elemzések mellett a legtöbb információt a törmeléken eredetű ásványok vizsgálata nyújtja. Az eocén fedős bauxitok a kréta fedős bauxitoknál lényegesen nagyobb mennyiségben tartalmaznak törmeléken szemcséket (Mindszenty és Gálné Solymos, 1988). Figyelmet érdemel, hogy egyes eocén fedős telepeken felfelé nő a nehézasvány-tartalom (Vörös, 1958). Az eocén fedős telepek nehézasvány spektruma változatos, de az alábbi törmeléken ásványok jelenléte a telepeken általánosnak tekinthető.

- Ilmenit, ferri-ilmenit (mennyisége a bauxitok 60-200 µm-es frakciójának 70-90 %-át teszik ki, a DNY-bakonyi előfordulásokban kevesebb, Mindszenty, 1970),

- cirkon (Vörös, 1958; Antal, 1973 valamint T. Gecse, 1982 sokféle színű és alakú, idiomorf, tús és kerekített cirkonkristály együttes jelenlétéről számoltak be),
- kromit (Kiss, 1952, 1955; Jaskó, 1953),
- metamorf nehézasványok: turmalin, rutil, korund, gránát, staurolit, disztén (Mindszenty et al., 1986/87; Mindszenty és Gálné-Solymos, 1988).

Kis mennyiségben említik csupán, de az anyakőzetekre utaló szerepük miatt fontos megjegyezni, hogy biotit, mállott földpát és dihexagonális kvarc is jelen van a bauxitokban (Vörös, 1958; Szabó és Ravasz, 1970).

A szenon fedős és eocén fedős bauxitok nehézasványtartalma és extraklasztjai közötti különbség feltehetően a paleocén-alsóeocén alatt végbement, igen jelentős ösföldrajzi változásokra utal. A kréta bauxitok befedődése után megkezdődött a metamorfit eredetű anyagnak a karsztos térszínre szállítódása és magmás kőzetek lepusztulásából vagy vulkanizmus eredményeként egy "ilmenit szolgáltató esemény" zajlott le (Mindszenty et al., 1988).

A kiindulási kőzetekről alkotott vélemények részben a fenti nehézasvány vizsgálatokra támaszkodnak. A Dunántúli-középhegység DK-i peremén, a mezozoos karbonátos összlet alól kibukkanó metamorfitot tekintette anyakőzetnek Bárdossy (1961) és Oravec (1965). Ebbe a pásztába tartozik a Velencei-hegység gránitja is. A bauxitok törmenlékes monacit és xenotim szemcséi és a gránit akcesszorikus ásványainak hasonló összetétele alapján a Velencei-hegység magmatitjaiból származtatták a bauxitot Bárdossy és Pantó (1973), Bárdossy et al. (1976) és Pantó (1980).

A bakonyi, részben lepusztult triász rétegsorban települő ladini trachittufát is a bauxitok egyik anyakőzetének tartotta Szabó I. és Ravasz (1970).

A legáltalánosabb felfogás szerint a bauxitok vegyes származásúak, a mezozoos rétegsor és a déli paleozoos pászta anyaga egyaránt hozzájárult a bauxitképződéshez (Barnabás, 1966; Szabó E., 1976; Vörös és T. Gecse, 1976; Bárdossy, 1977).

Kázmér (1984) az eocén fedős bauxitok nehézasványai egy részének bázisos magmás kőzetekből történt eredetére a magyarázatot a Bakony-egység nagyléptékű vízszintes elmozdulásával adta meg. Ugyanis a Bakony jelenlegi környezetében, elfogadható távolságon belül nem található ilyen képződmények. Azonban a szerző által készített palinspasztikus rekonstrukció szerint a Bakony-Drauzug-egység a paleogénben lényegesen nyugat-

tabbra, a K-i, és D-i Alpok között helyezkedett el. Ettől a pozíciótól D-re, a Trentói-zóna déli részén alsópaleocén-alsóeocén (elsősorban bazaltos) vulkáni képződmények ismertek, amelyek távolsága a Periadriai-lineamentumtól, illetve a Bakony-egység feltételezett helyétől lehetővé tehet-e a bauxitosodó anyag és a kromitos nehézasvány asszociáció beszállítódását.

A középhegységi bauxittelepek kora a triász és kréta fekvő rétegek, valamint az eocén fedő közötti, igen jelentős üledékhézag miatt bizonytalan. (Az egyes telepek rétegtani helyzete Vadász (1946), illetve Szantner et al. (1986) munkájában olvasható részletesen.) Az alábbi megállapításokat publikálták a középhegységi eocén fedős bauxitok képződési és lerakódási idejéről -- amely Vadász (1946), valamint Dudich és Komlóssy (1969) szerint nem okvetlenül azonos.

A képződési korra ösföldrajzi-szerkezeti megfontolások, és paleoklimatikus tényezők utalnak. Dudich és Komlóssy (1969) szerint az eocén fedős telepek a paleocén-alsóeocén bauxitképződési szintben jöttek létre, Szantner és Szabó E. (1970) a gánti, iszkaszentgyörgyi és fenyőfői telep képződését a kréta/eocén határra teszi.

A triász és az eocén között a klimatikus viszonyok csak néhány alkalommal tették lehetővé a bauxitképződést (Góczán, 1973). Az utolsó, megfelelő éghajlatú periódus a felsőpaleocén-középsőeocén között volt.

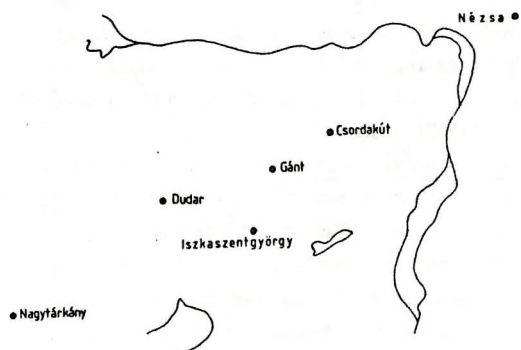
A települési kor megítélésénél a felső határt a fedő üledékek kora jelenti. Az eocén fedős bauxitok esetében a fedőösszlet kora lutéciai; a D-i Bakonyban az NP 14-es zónába esik, ÉK-felé az NP 16/17-es zóna válik uralkodóvá (Báldiné Beke, 1984; Bignot et al., 1985).

A bauxitok lerakódási korának közvetlen megítéléséhez a telepekben található ősmaradványok nyújthatnak segítséget. A karsztbauxitok azonban kifejezetten szegények ősmaradványokban (Bárdossy, 1977), és a fellelt ősmaradványok egy része sem korjelző értékű. A Dunántúli-középhegység eocén fedős bauxittelepeiből eocén polleneket, foraminiferákat, nannoplankton, sporomorfákat valamint közelebről nem azonosított mikroformákat és korhatározásra alkalmatlan páfrány sporangiumot írtak le (rendre: Deák, 1960; Antal, 1973; Báldiné Beke, 1974, 1984; Rákosi, 1977; Brokés, 1976; Kiss, 1953). A foraminiferák csak az eocénben történt áthalmazódásra utalnak, és Deák (1960) is a fedő eocén rétegsorból történt lemosódásnak tudta be a bauxittelep eocén pollenjeit. Azonban Báldiné Beke

(1974, 1984) szerint az alsólutéciai nannoplankton alakok a bauxitosodás során kerültek a telepekre.

Az alkalmazott vizsgálati eljárás

A következő telepekből származó eocén fedős mintákat vizsgáltam: Csordakút, Gánt-Harasztoz, Gánt-Újfeltárás, Iszkaszentgyörgy, Rákhegy, Dudar, Nagytárkány (1. ábra). A nem egyértelműen ismert fedőjú nézsai telepből eddig két minta kormeghatározása készült el. (A telep legidősebb fedője Vadász, 1946 szerint oligocén, Embey-Isztin, 1971 szerint középsőeocén miliolinás mészkő, Szantner et al. 1986 táblázata alapján priabonai kőszén-összlet.)



1. ábra

A vizsgált középhegyeségi bauxitminták lelőhelyei.

Fig. 1.
Sketch map of investigated bauxite deposits in Transdanubian Central Range.

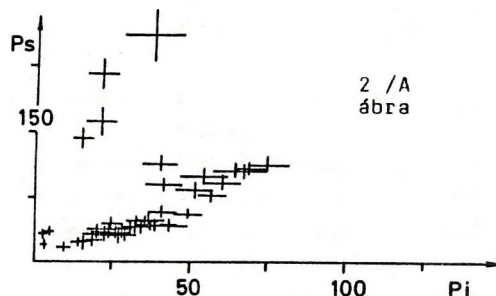
A nehézasvány koncentrátumokban (részben a savas kezelés miatt) a cirkon volt az egyedüli, fission track datálásra alkalmas ásvány. Mennyisége, a nézsai minták kivételével, általában nem nagy, a feldolgozott 200-1200 g tömegű bauxitmintákból 22-105 db megfelelő méretű szemcsét tudtam kiemelni.

A fent idézett mikromineralógiai munkák megállapításaival összhangban, a minták mindegyikében a cirkonkristályok sokfélesége volt megfigyelhető. Mindegyik preparátumban előfordult egy nagyobb méretű, feltűnően idiomorf, átlátszó, világos színű kristályok alkotta populáció, amely általában túlsúlyban volt a kopotattott, sötétebb rózsaszín cirkonzemcsékkal szemben.

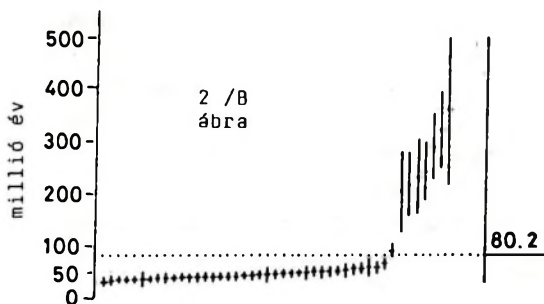
A fission track kormeghatározásnál alkalmazott laboratóriumi eljárások leírása Dunkl és Nagymarosy (1990) munkájában szerepel (ebben a kötetben). A kor szerint várható heterogenitás miatt a fission track mérési adatokat első lépésben grafikusán értékeltem. (Az összes

megszámlált nyomból generált spontán és indukált nyomsűrűségek aránya keverékkort fejez ki, amely a különböző korú szemcsék jelentéstartalom nélküli átlaga csupán.) A különböző korú populációk megkülönböztetésére és az eredmény értékelésére háromféle diagramot használtam.

- 1/ Izokron diagram: a kristályokban mért spontán és indukált nyomsűrűségeket tünteti fel. Az origóból az egyes elemi adatpárokhoz húzott egyenesek meredeksége fejezi ki a kort.
- 2/ A "gereblye diagram" az egyes mérési eredményeket a hozzájuk tartozó szórással együtt növekvő sorrendben tünteti fel. Az egyes populációk elkülönítésére különösen alkalmas, segítségével az eltérő megbízhatóságú mérésekből álló adathalmaz könnyen értékelhető (2. ábra).
- 3/ "Korspektrum". Hurford és munkatársai (1984) által törmelékes ásványpopulációkon mért FT korokra alkalmazott értékelési módszer. Az eljárás az egyes mérési eredményekre az adat



2 / A
ábra



2 / B
ábra

2. ábra

Két, eltérő korú kristálypopuláció a gánti, C-7-es bauxitmintában. Az elkülönülés módja az izokron diagramon (2/a ábra) illetve a "gereblye diagramon" (2/b ábra). Magyarázat a szövegben.

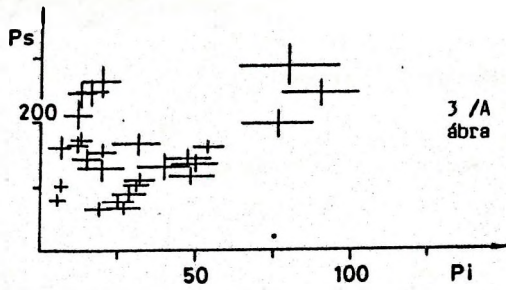
Ps = spontán } nyomsűrűség, 10^5 nyom/cm²
Pi = indukált }

Fig. 2.
The segregation of a young and an old crystal population in a bauxite sample from Gánt (C-7).

2/a: Isochron diagram.

Ps, Pi: spontaneous and induced track density, 10^5 track/cm²

2/b: "Rake diagram."

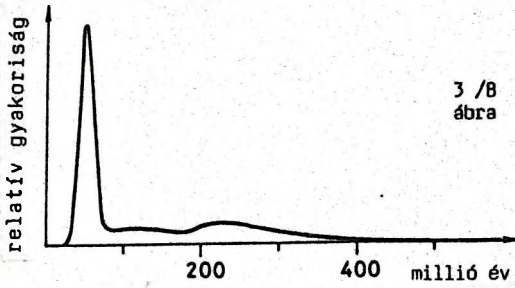


3. ábra

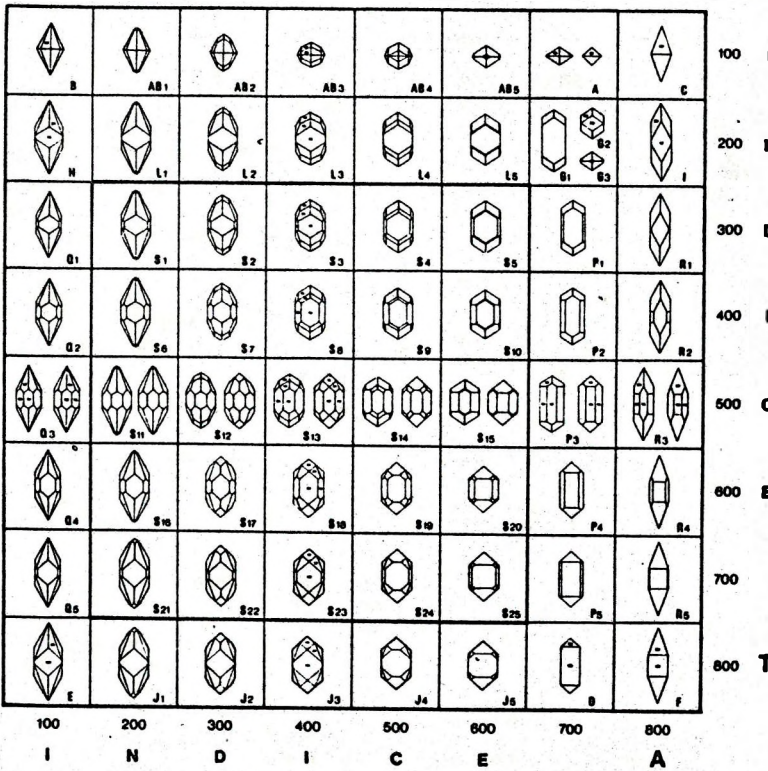
A C 51-es, rákhegyi mintában két csoportba tartozik az eredmények többsége, de valószínűsíthető, hogy a két fő érték közötti tartomány is egy önálló populáció.

3/a ábra= izokron diagram
3/b ábra= korszpektrum

Fig. 3. Probably independent crystal population between the two main groups of results in Rákhegy, (C-51) sample. The segregation is represented in two ways: isochron diagram (Fig. 3/a), age spectra (Fig. 3/b).



megbízhatóságának megfelelő Gauss-sűrűségfüggvényt rajzol, majd a haranggörbékét összegzi. A szerzők szerint egy kevert populáció esetén az eredő görbén a maximumhelyek jelölik ki az egyes csoportokra jellemző értékeket (3. ábra).



4. ábra

Az akcesszoriális cirkonkristályok morfológiai értékelésének rendszere (Pupin, 1976).

Fig. 4. Main types of the typological classification of zircon crystals (Pupin, 1976).

A diagramok segítségével elkülönítettem az egyes kristálypopulációkat, és a korokat a szemcsékben mért nyomásűréség értékek súlyozott aránya segítségével számoltam ki. Azért számoltam így a kort, mert:

- a csoportokat többnyire elkülöníthetőnek találtam,
- a Hurford-féle módszer véleményem szerint kissé torzíthatja az eredményt. A korszpektrum görbén kapott maximumhelyek csak abban az esetben használhatók, ha összefolyóak az adatok, nem különülnek el a csoportok.

Az idiomorf kristályokon elvégeztem a morfológiai osztályozást (Pupin, 1976), amely a különbözőképpen kifejlődött prizma és piramis lapok arányának mikroszkóppal történő meghatározásán alapul (4. ábra). Az akcesszoriális cirkonkristályok morfológiai típusai jól kötődnek egyes eltérő genetikájú granitoidokhoz (Pupin, 1980). A módszer kvantitatív felhasználásához általában 100 kris-

1. táblázat

Középhegységi bauxitok törmelékes cirkonkristályain mért fission track korok

Table I.

Fission track age of detrital zircon grains of bauxites of Transdanubian Central Range.

Prep. jele	Lelőhely	Adat szám	Ns	Ni	K O R (m i l l i ó é v)		
					I. populáció	II. populáció	III. populáció
C 61	Csordakút Cs-273 55,2-55,4 m	37/37	3345	1883	45,6 +- 3,6		
C 59	Csordakút Cs-273 58,5-59,7 m	30/30	2545	1285	50,5 +- 4,4		
C 7	Gánt Harasztos I,	45 /38 /7	4753 3839 914	2752 2645 107	46,4 +- 3,8		259 +-56
C 8	Gánt Harasztos II,	22 /19 /3	1987 1608 379	1304 1255 49	40,6 +- 4,1		231 +-72
C 50	Gánt Újfeltárás	23 /21 /2	2140 1930 210	749 740 9	46,0 +- 5,0		~410
C 49	Iszkaszentgyörgy I-98	31/31	2941	1130	46,8 +- 4,4		
C 51	Rákhegy Rp-90 86,1-89,1 m	27 /14 /4 /9	3497 1821 371 1305	765 623 54 88	50,0 +- 5,7		~120 257 +-60
C 36	Oudar Du-591 36,9-44,8 m	25 /20 /3	2984 2204 518	1431 998 47	41,9 +- 4,2		203 +-63
C 37	Nagytárkány Nt-416 57,0-59,5 m	18 /15 /3	1916 1557 359	454 433 21	50-70		~120 (?) 310 +-140
C 48	Nagytárkány Nt-3144 121,6 m	22 /21 /1	2608 2486	662 652	50		85 (?) 210
C 9	Nézsza (4)	10/10	818	712	35,4 +- 4,3		
C 29	Nézsza (8)	30/29	4374	2245	38,5 +- 3,3		

J E L M A G Y A R Á Z A T :

adatszám: a vizsgált kristályok száma.
/: a részpopulációk kijelöléséhez felhasznált kristályok száma (a nyomszámok is hasonló bontásban szerepelnek).
Ns, Ni: spontán és indukált nyomszám.

Prep. jele: Sign of specimen.
Lelőhely: Locality
Adatszám: Number of investigated crystals.
/: Number of crystals in sundered populations. (Number of tracks are in same division.)
Ns, Ni: Number of spontaneous and induced tracks.
KOR (millió év): Age (Ma)

tály értékelését tartják szükségesnek. Mivel a bauxitminták esetében legtöbbször nem állt rendelkezésre ennyi, az elkészült diagramok tájékoztató jellegűek, és a diagram egyes celláiba eső kristályok százalékos arányából számolt súlypont helye (IT és IA érték) is csak tájékoztatásul szolgál.

A fission track eredmények

1/ Már a nyomszámlálás során feltűnő volt, hogy az egyes kristályok spontán nyomsűrűsége jelentősen különbözik. A mikroszkópos megfigyelések alapján a kristályok három típusba

sorolhatók:

- idiomorf kis nyomsűrűségű
- idiomorf } nagy nyomsűrűségű,
- kerekített } részben metamikt.

- 2/ Az adatok értékelésénél kitént, hogy minden mintában a cirkonkristályok (vagy többségük) egy egységes korú, meglehetősen fiatal populációt alkotnak. A minták egy részében volt néhány, vizsgálatra alkalmas idősebb szemcse is, amelyek kijelöltek egy, esetleg két csoportot, ha nem is olyan határozottan, mint a fiatal populáció. Az eredményeket az 1. táblázat tünteti fel; megállapítható a fiatalabb csoportok általános szemcse- és nyomszám-beli fölénye.
- 3/ Az eocén fedős bauxitok különböző telepeiből származó mintákban elkülönített fiatalabb kristály populációk kora rendkívül jól egyező, 40 és 50 millió év közé esik.
- 4/ A kisebb számban azonosított, az előzőektől szignifikánsan elkülöníthető idősebb kristályokban mérhető korok jobban szórnak, de egy részük a 200-260 millió éves tartományba esik.
- 5/ A nézsai mintákban csak a fiatal szemcse-együttest lehetett kimutatni, FT koruk határozottan fiatalabb a középhegységi (s. s.) bauxitokénál.

Az eredmények további értelmezésének megőnyítése érdekében az 5. ábrán mutatom be az adatokból szerkesztett korszpektrumokat.

- 6/ Az eocén fedős minták nagy részében a cirkonkristályokban mért korok egy rendkívül szűk tartományba esnek, amelyben az adatok szimmetrikusan helyezkednek el, bizonyítva a populáció egységességét, azonos genetikáját. Ilyenek a csordakúti, gánti, iszkaszentgyörgyi és a rákhegyi minták.
- 7/ A dudari és nagytárkányi mintákban a korszpektrum fiatal maximuma aszimmetrikus, vagyis olyan szemcsék is jelen vannak, amelyek csak kissé idősebbek az első populációnál. Ezek szétfésülése nem lehetséges.

A cirkon morfológiai eredmények

A vizsgált bauxitok törmelékeny cirkonzemcséi a kristályalak tekintetében meglehetősen hasonlóak. A minták egy részében csak néhány formakombináció van jelen. Ezekben a mintákban a korszpektrum is homogén. A kétféle elemzés eredménye kitűnően illeszkedik, s a cirkonkristályok

monomikt eredetét bizonyítja. Azokban a mintákban, ahol az értékelhető kristályok alakeloszlása diffúz vagy két maximumos, a korszpektrum is összetett.

Tekintsük át, milyen kőzetekre következtethetünk a morfológiai diagramok maximumhelyei alapján. Szem előtt kell tartani, hogy a Pupin-rendszert mélységi kőzeteken fejlesztették ki, elsősorban azokon alkalmazzák és a genetikai értékelést valószínűleg csak lassan kristályosodó rendszerekben lehet maradéktalanul figyelembe venni.

A hazai bauxitminták mindegyikében előforduló maximum hely az S-7, S-12 mező (4. és 5. ábra). Pupin szerint ez a morfológiai típus a dioritok-kvarcdioritok-tonalitok mezejébe esik. A gánti, rákhegyi és nagytárkányi mintákban elkülönül egy másik maximum is, az S-23-24-25 mező. Ez a típus a mészkáliai granodioritokban-monzogranitokban fordul elő (Pupin, 1980). A szerző megjegyzi, hogy a nem gránitos kőzetek között az utóbbi területhez tartozó morfológiájú kristályok a trachandezitekben, illetve mészkáliai riolitokban is megtalálhatók.

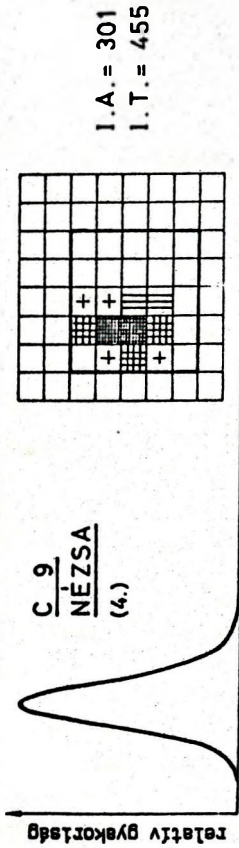
Földtani következtetések

A/ A vizsgált bauxitok cirkonkristályainak jelentős része szórt vulkáni eredetű, mert:

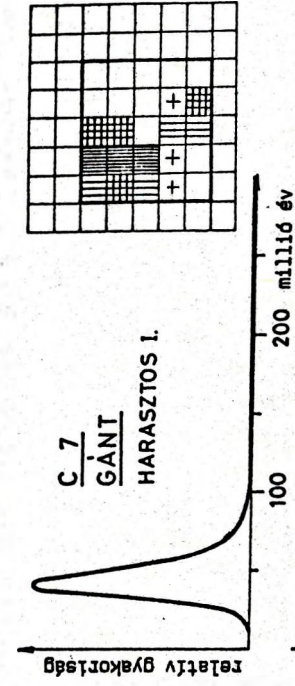
- a kristályok teljesen koptatatlanok,
- a kristályok színe egyforma, morfológiájuk egy szűk tartományon belül megegyezik,
- a mintákon belül az egyes kristályok FT kora rendkívül szűk tartományba esik, ami még egy egységes magmás sorozat lepusztulásánál is elképzelhetetlen,
- az eocén fedős minták fiatal cirkonpopulációjának kora az egymástól földrajzilag távol levő telepekben közel azonos,
- a fission track korok fiatal csoportja a lutéciai fedős mintákban a fedő rétegsor korával egyezik, vagy annál csak kismértékben idősebb.

B/ A vulkáni anyag andezites, esetleg riolitos összetételű lehetett.

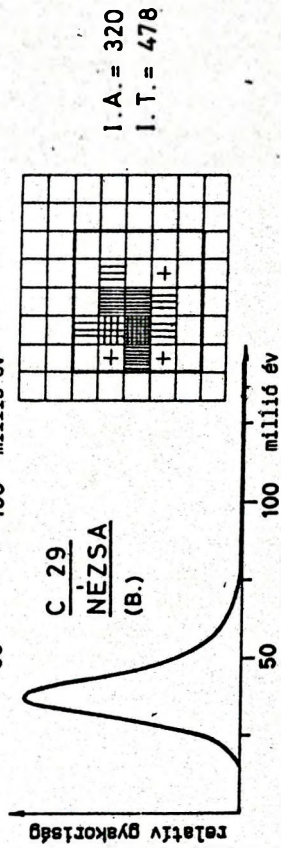
- Mindszenty et al. (1988) elektronmikroszondával mészkáliai összetételű piroklasztikum nyomait mutatták ki.
- A bazaltok nem, vagy csak igen kevés cirkont tartalmaznak; a riolitos összetételhez a bevezetőben idézett irodalmi adatokban említett kevés dihexagonális kvarc nem tűnik elegendőnek.



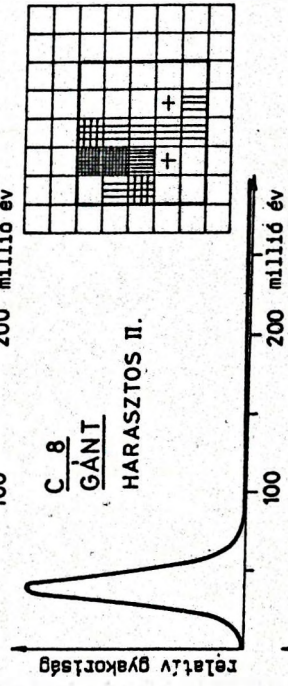
I. A. = 301
I. T. = 455



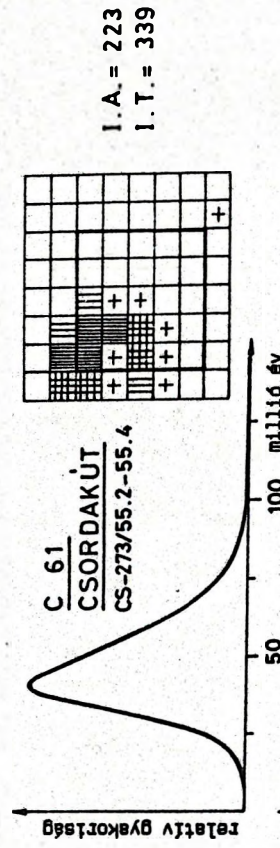
I. A. = 319
I. T. = 442



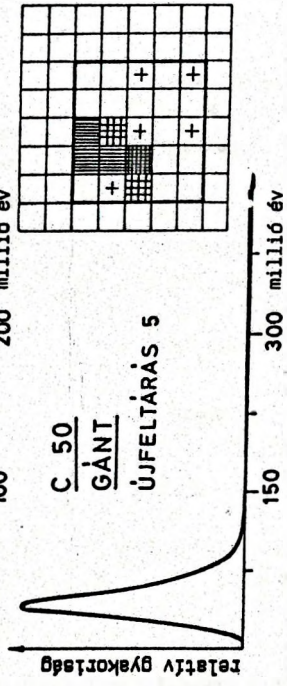
I. A. = 320
I. T. = 478



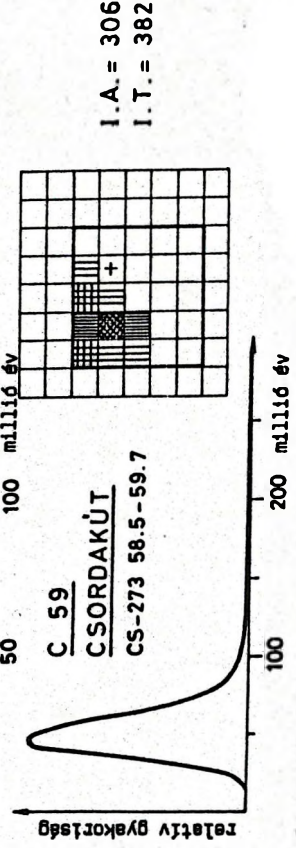
I. A. = 320
I. T. = 430



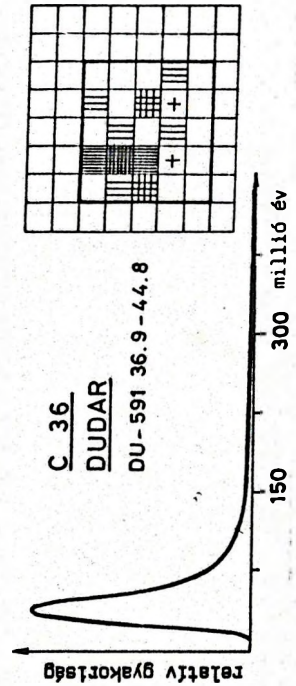
I. A. = 223
I. T. = 339



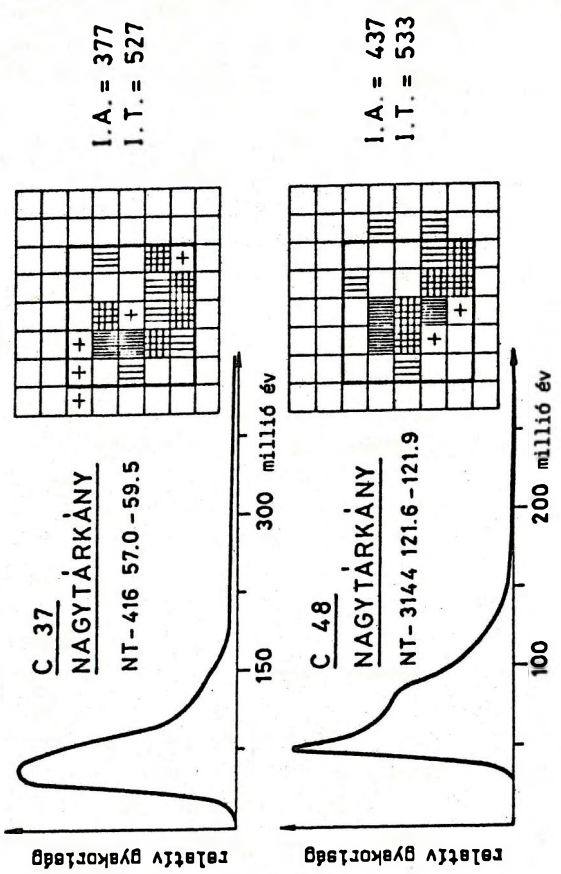
I. A. = 323
I. T. = 419



I. A. = 306
I. T. = 382

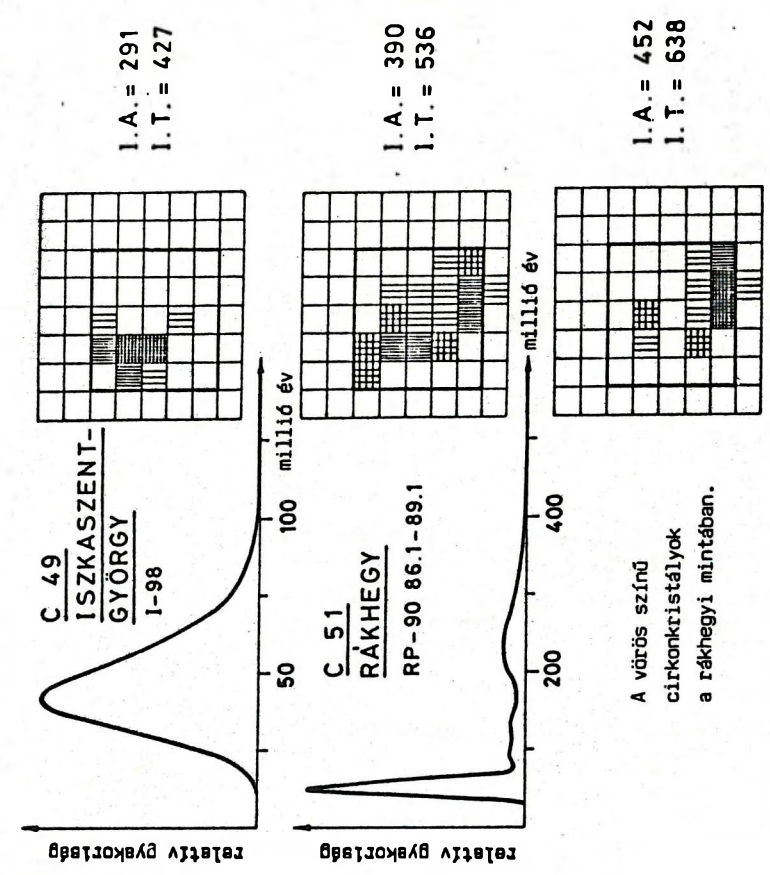


I. A. = 335
I. T. = 435



5. ábra

A bauxitminták cirkonzemcséinek fission track korából szerkesztett kor-valószínűségi-sűrűség-diagramok, vagy egyszerűbben korspektrumok. A diagramoktól jobbra az egyes mintákban talált cirkonkristályok morfológiai értékelése látható. Az egyes cellák által reprezentált kristálytípusok a 4. ábrán tanulmányozhatók. A cellák különböző tónusú kitöltése az egyes típusokba sorolt kristályok százalékos megoszlását fejezi ki.



A vörös színű cirkonkristályok a rákhegyi mintában.

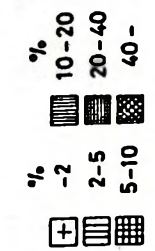
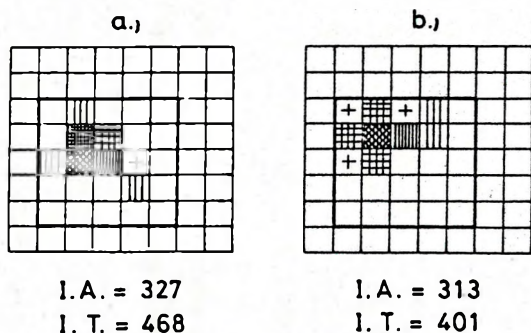


Fig. 5. Age spectra of zircon crystals of investigated bauxite samples (left), and the typological classification of zircon crystals (right). The crystal types represented by separate fields are in Fig. 4. The pattern of fields express the quantity of that type of crystals.



6. ábra

A velencei-hegységi és recski paleogén andezitek cirkonkristályainak morfológiai súlypontjai az S-7 és S-12 mezőkbe esnek. (A mezők jelölése és a cirkonkristály típusok rajza a 4. ábrán szerepel.)

- a) Káplnásnyék, Kny-3, 1140,2 m amfibolandezit
 b) Recsk R-357, 356 m a szintbeli, átalakult andezit

Fig. 6.
 The typological centre of zircons in Hungarian Eocene andesite volcanoes are in S-7, S-12 fields.

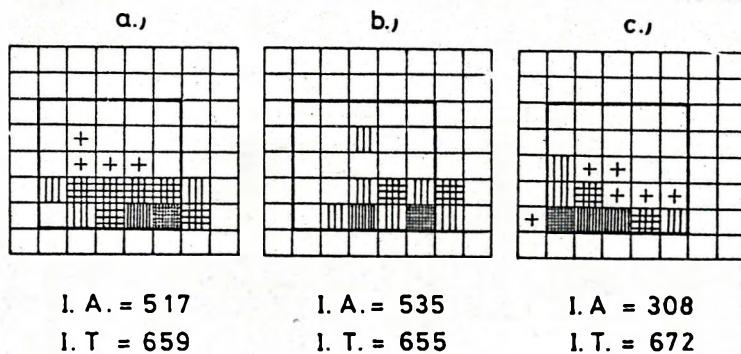
- a). Káplnásnyék, Kny-3 borehole, 1140.2 m, hornblende-andesite.
 b). Recsk, R-357 borehole, 356.0 m, metasomatised andesite.

- A cirkon morfológiai eredmények is ezt támasztják alá. Az irodalmi adatok a legelterjedtebb S-7, S-12 típus alapján tonalitos (illetve annak vulkáni megfelelője) képződési környezetre utalnak. A hazai paleogén vulkanitok cirkonjain végzett morfológiai vizsgálatok eredményei és az eocénfedős bauxitok cirkonjai közötti szoros rokonság egyértelmű (6. ábra).

Véleményem szerint a felsőkréta-oligocén szubdukció mészkáli vulkanizmusának a szárazföldi térszínre hullott nyomai őrződtek meg a bauxittelepekben. A piroklasztikum anyagának igen gyors bauxitosodásához az eocén klíma és a karsztos terület jó feltételeket biztosított; a folyamat gyorsan végbemehetett, ismeretes egy millió év alatt kialakult bauxitlep is (Szabó E., 1976).

A piroklasztikum hozzájárulás mértékét a cirkonzemcsék mennyiségéből nem lehet megbecsülni.

A DNY-i Bakony telepeit fedő Darvastói Formációban említett bizonytalan tufás nyomok (Dudich és Gidai, 1980) valószínűleg a bauxitképződéssel egykorú vulkáni fázis áthalmazott szemcséi lehetnek. Figyelemre méltó, hogy a dunántúli középsőeocén alját-közepét alkotó üledékekben nincs nyoma a hullott vagy behordott vulkáni ásványtársaságnak (Sárköziné



7. ábra

A dunántúli (középső-) triász vulkanitok akcesszoriális cirkonkristályainak morfológiai típusai.

- a) Budaörs, Kálvária-domb, zöld ignimbit kavics
 b) Felsőörs, Malom-völgy, 1. tufaréteg
 c) Felsőörs, Malom-völgy, 2. tufaréteg

Fig. 7.
 Zircon typological diagrams of some Middle Triassic trachitic volcanics.

- a). Budaörs, Kálvária Hill, green ignimbit pebble.
 b). Felsőörs, Malom Valley, 1st tuff layer.
 c). Felsőörs, Malom Valley, 2nd tuff layer.

Fazekas, 1964; Radócné Komáromy, 1971). Minden bizonnyal a bauxittelepek befedődése előtti, és a későlutéciaiban kezdődő vulkanizmus között szünet állt be.

Az eocén fedős telepeken található magas ilmenit- és cirkontartalom (Mindszenty et al., 1986/87) összefügg, az ilmenitszemcsék nagy része is a cirkonnal együtt, vulkáni úton került a bauxitba.

A bevezetőben felsorolt szerzők által az eocén fedős telepekre jellemzőnek ítélt kromit nem kapcsolódik a cirkont is szolgáltató mészkalkáli vulkanizmushoz, behordódása törmelékes úton, a metamorfitok mállástermékeivel együtt történt.

C/ Az idősebb, részben 200-260 millió év közé eső FT korú cirkonpopulációkról a következők állapíthatók meg:

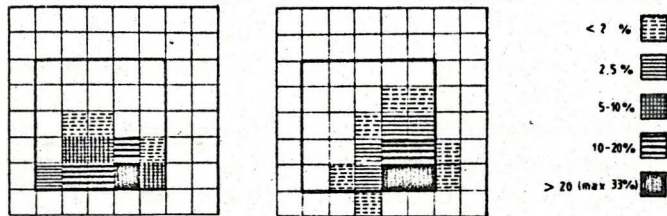
- Az idős kort szolgáltató kristályok egy része idiomorf és a fission track korok tartománya megegyezik a középsőtriász tufák és vulkanitok

cirkon FT korával (Dunkl, 1990). Ez esetleg Szabó és Ravasz (1970) elképzelését támasztja alá, a szerzők szerint a 0-1 Bakony lepusztulása során a ladini "pietra verde" is bauxit anyagként szolgált.

- A ladini tufákból való származást a cirkon morfológia is alátámasztja.

A mintákban a színük alapján egyértelműen csoportosíthatók voltak a cirkonszemcsék. Általában egy világos-sárgás és egy sötétrózsaszín-vörös típust lehetett elkülöníteni. A rákhegyi minta idiomorf, vörös kristályainak morfológiai diagramja az 5. ábrán tanulmányozható. Mivel a szín mélyülése a nukleáris sérülések mennyiségének növekedését, s így a kor idősödését jelenti, biztosak lehetünk abban, hogy a morfológiai diagramok S-23-24-25 mezejébe eső (jobb alsó) maximuma az idősebb szemcséket reprezentálja.

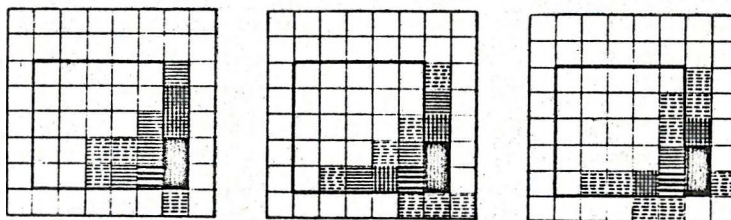
A középsőtriász vulkanitok trachandezites összetétele (Szabó és Ravasz, 1970; Ravasz, 1973) és az idős cirkonkristályok S-23-24-25 mezőkbe eső morfológiai súlypontja összhangban



8. ábra

Mórányi granitoidok akcesszorikus cirkonkristályainak morfológiai diagramjai (Gbelský és Határ, 1982 munkájából átvéve).

Fig. 8.
Zircon typological diagrams of some anatectic granitoid rocks of Moragy area (Gbelský and Határ, 1982).



9. ábra

Velencei-hegységi gránitminták akcesszorikus cirkonkristályainak morfológiai diagramjai (Gbelský és Határ, 1982 munkájából átvéve).

Fig. 9.
Zircon typological diagrams of some granite samples from Velence Hills (Gbelský and Határ, 1982).

áll, mert az ilyen alakú kristályok Pupin szerint trachandezitokban is előfordulnak. A Dunántúli-középhegység triász vulkanitjai egy részének cirkon morfológiai súlypontja a trachitos összetételnek megfelelően valóban az S-25-ös mezőbe esik (7/a, 7/b ábra). Azonban a kérdés bonyolultságára utal, hogy a felsőorszi triász szelvény 2. tufarétegét S-21-es súlypontú cirkon populáció jellemzi, amely típusú kristályok a vizsgált bauxitmintákban nem fordulnak elő (7/c ábra).

- A morfológiát ez esetben nem lehet peridöntő érvként felhasználni, mert ilyen típusú cirkon szemcséket tartalmaznak az anatektikus eredetű granitoidok is. Erre példa Gbelský és Határ (1982) munkájában található, akik a mórággyi granitoidokon hasonló eloszlást kaptak (8. ábra). Természetesen a mecseki pásztából való származás kizárt, hiszen a paleocén-eocénben a Bakony egység és a Mecsek a jelenleginél lényegesen messzebb helyezkedtek el egymástól. Azonban a Déli-Alpokban, Bressanone (Brixen) környékén ismertek anatektikus, variszkuszi korú granitoidok, amelyek a Periadriai-lineamentumtól délre, attól kis távolságra helyezkednek el (Del Moro és Visoná, 1982). A Kázmér-Kovács-féle elmélet szerint (1985) a Bakony-egység a paleocén-középsőeocénben elfoglalt helyzete közel van a Brixen környéki granitoidokhoz. Az innen, dél felől történt törmelékanyag beszállítás feltételezése összhangban áll a középhegységi, D-i pásztában elhelyezkedő bauxittelepekre kimutatott, délről eredő törmelék szolgáltatással (Antal, 1973; T. Gecse, 1982; Mindszenty, 1984). A D-Alpokból eredő törmelékbehordódás és a hazai bauxitok kromittartalma is kapcsolatba hozható, ugyanis Del Moro és Visoná (1982) gabbró-nóritot is leírtak a területről, amely képződmények potenciális kromitforrások lehetnek.
- A kristályalak elemzés során eddig nem kerültek elő velencei-hegységi eredetre utaló szemcsék. Ugyanis a velencei gránitban a cirkonkristályok gyökeresen más alakúak, a morfológiai súlypont az alkáli karakterű összletekre jellemző P-4-5 mezőbe esik, ld. 9. ábra (Gbelský és Határ, 1982; valamint saját vizsgálataim).
- Az idős kristályok egy része kerekített, ami nagy valószínűséggel variszkuszi lehűlésű paramorfotokra utal.

D/ A nézsai mintákban talált rendkívül nagy mennyiségű idiomorf cirkonkristály a kor és a morfológia alapján a dunántúli bauxitok fiatal kristályaival rokon: vulkáni eredetű. A mintákban nem sikerült mérhető korú idős kristályt találni. A dunántúlinál fiatalabb FT kor arra utal, hogy a nézsai telep lefedődése később következett be, a felsőeocénben és esetleg az alsóoligocénben is történt vulkáni anyag hozzákeveredés. Az oligocén klímát általában nem tartják alkalmasnak a bauxitképződésre (Dudich és Komlóssy, 1969), ezért valószínűbb a felsőeocén kor. A dunántúli, tengeri környezetbe hullott piroklasztikum a középsőeocén végén glaukonitos rétegeket, a felsőeocénben tufarétegeket hozott létre, míg a nézsai területen, szárazföldi környezetben bauxitosodott.

Lehetséges, hogy a nézsai telepnek csak a felső része tartalmazza a vulkanogén anyag nyomait. Ugyanis Kiss (1952) a fekü kaolinos bauxit cirkonkristályait autoradiográfiával kevésbé radioaktívnak találta, mint a telepből származó cirkon szemcséket. Ez genetikai különbségre enged következtetni, amit a későbbiekben a fission track módszerrel fel lehet deríteni.

Az eredmények összegzése

- A Bakonyban, a lutéciai transzgressziót megelőzően a szárazföldi térszínre hullott a paleogén vulkanizmus első kitérőeseinek tufája. A rövid szállítódáson átesett piroklasztikum hozzájárult a bauxitképződéshez (az eredmények Gedeon (1952) feltételezését igazolták).
- A vulkáni anyag andezites, esetleg riolitos összetételű lehetett.
- A nézsai telepbe a felsőeocén során is keveredett tufaanyag, amelynek bauxitosodásához a feltételek még megfelelőek voltak.
- A középsőtriász trachit tufák is anyaközetül szolgáltak.
- Lehetséges, hogy egyes Délalpi anatektikus granitoidok mállásterméke is hozzájárult a bauxitképződéshez.
- A Velencei-hegység gránitjának jellegzetes cirkonkristályai nem fordultak elő a vizsgált bauxitokban.
- A korábbi feltételezésekkel összhangban variszkuszi (para-)metamorfotokra utaló, idős, kerekített cirkonkristályok is megtalálhatóak a bauxitmintákban.

Köszönetnyilvánítás

A bauxitmintákat Kiss János (ELTE), valamint Szantner Ferenc, Tóth Kálmán és Horváth István (Bauxitkutató Vállalat) bocsátották rendelkezésemre, iszapolt preparátumok formájában, amelyeket tovább tisztítottam. A nézsai mintákat Kázmér Miklós segítségével gyűjtöttem. A cirkon korsztenderdeket C. W. Naeser (Denver) készítette. A besugárzásokat néhai Bérczi János és Keömley Gábor (Budapesti Műszaki Egyetem) jóindulata tette lehetővé. A kéziratot Mindszenty Andrea látta el tanácsaival. Köszönöm szíves segítségüket.

I R O D A L O M

- Antal S. (1973): Micromineralogical and textural features in relation to the genesis of bauxite of Iszkaszentgyörgy. *Acta Min. Petr.*, 21, 3-16, Szeged
- Báldiné Beke M. (1974): A csabrendeki Tüskésmajor II. számú bauxitlencsében talált nannoplankton vizsgálata. *Földt. Közl.*, 104, 446-457
- Báldiné Beke M. (1984): A dunántúli paleogén képződmények nannoplanktonja. *Geologica Hungarica, Ser. Paleont.*, 43, 307 p.
- Barnabás K. (1966): A bauxit. In: Jantsky B. (szerk.) *Ásványtelepeink földtana*. Műszaki Kiadó, Budapest, 143-178 p.
- Bárcossy Gy. (1961): A magyar bauxit összetételének és keletkezésének kérdései. *MÁFI Évkönyv*, 49/4, 815-823
- Bárdossy Gy. (1977): *Karsztbauxitok*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 413 p.
- Bárdossy Gy., Pantó Gy. (1973): Trace mineral and element investigation in bauxites by electron-probe. *ICSOBA 3. CONGRESS Nice*, 47-53
- Bárdossy Gy., Pantó Gy., Várhegyi Gy. (1976): Rare metals of Hungarian bauxites and conditions of their utilization. *Travaux*, 13, 221-231, Zagreb
- Bignot, G., Blondeau, A., Guernet, C., Perreau, M., Poignant, A., Renard, M., Riveline, J., Gruas, C., Dudich E., Kázmér M., Kopek G. (1985): Age and characteristics of the Eocene transgression at Gánt (Vértes Mts, Transdanubia, Hungary). *Acta Geol. Hung.*, 28, 29-48
- Boldizsár T. (1948): Bauxitok és más ásványgélek keletkezése kolloid diszperz rendszerekből. *Bány. Koh. Lapok*, 81, 231-237
- Brokés F. (1976): A Nagytárkány-Tüskésmajor II. sz. bauxitlencse mikropaleontológiai problematikumainak üledékföldtani vizsgálata. *MÁFI Évi Jel.* 1973-ról, 415-445
- Császár G. (1986): Dunántúli-középhegységi középső-kréta formációk rétegtana és kapcsolata a bauxitképződéssel. *Geologica Hungarica, Ser. Geol.*, 23, 295 p.
- Davidáné Tichy M. (1988): Az eocén képződmények elterjedése és jellegei a Balatonfő-velencei-hegység körzetében. Kézirat, MÁFI, Budapest, 77 p.
- Deák M. (1960): A Bakony-hegység bauxittelepeinek palynológiai vizsgálata. *Földt. Közl.*, 90, 125-131
- Del Moro, A., Visoná, D. (1982): The epiplutonic Hercynian complex of Bressanone (Brixen, Eastern Alps, Italy) - Petrographic and radiometric data. *N. Jb. Miner. Abh.*, 145, 66-85
- De Weisse J.G. (1948): Les bauxites de l'Europe centrale. *Mém. Soc. Vaud. Sci. Nat.*, 9/58, Lausanne
- Dudich E. (1981): Regional effects on the development of theories on bauxite genesis. *Acta Geol. Hung.*, 24, 247-255
- Dudich E., Komlóssy Gy. (1969): Ősföldrajzi-szerkezeti szempontok a magyar bauxit kerkérdésében. *Földt. Közl.*, 99, 155-165
- Dunkl I. (1990): A fission track módszer és alkalmazása geokronológiai kérdések megoldásában. Kézirat, MTA Geokémiai Kutatólaboratórium, Budapest, 177 p.
- Dunkl I., Nagymarosy A. (1990): Új adatok az eocén/oligocén határkérdéshez: fission track kormeghatározások az alsóoligocén Tardi Agyag tufarétegein. (ebben a kötetben)
- Embey-Isztin A. (1971): Contribution to the mineralogy of the bauxites from Nézsza (North-Hungary). *Ann. Hist-Nat. Mus. Nat. Hung.*, 63, 5-12
- Földvári A. (1933): A Dunántúli középhegység eocén előtti karsztja. *Földt. Közl.*, 63, 49-56
- Gbelský J., Határ J. (1982): Zircon from some granitoid rocks of the Velence and Mecsek Mountains (Hungary). *Geologický Zborník*, 33, 343-363
- Gedeon T. (1952): The possibility of bauxite formation. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 1, 65-77

- Góczán F. (1973): Comparative palynology and the paleoclimate of bauxite formation. *Űslénytani Viték*, 21, 51-63
- György A. (1923): Bauxittelep Halimbán és környékén Veszprém vármegyében. *Bány. Koh. Lapok*, 71, 57-77
- Haas J., Jocháné Edelényi E., Gidai L., Kaiser M., Kretzoi M., Oravec J. (1984): Sümeg környékének földtani felépítése. *Geologica Hungarica*, Ser. Geol., 20, 353 p.
- Hidasi J. (1986): Role of carbonate rocks in the genesis of bauxite. *Ann. Univ. Eötvös, Budapest, Sect. Geol.*, 26, 179-188
- Hurford, A.J., Fitch, F.J., Clarke, A. (1984): Resolution of the age structure of the detrital zircon populations of two Lower Cretaceous sandstones from the Weald of England by fission track dating. *Geol. Mag.*, 121, 269-277
- Jaskó S. (1953): Jelentés az 1952-53 évben Magyarországon, a nagygyézházi bauxitelőforduláson végzett kutatómunkálatok és készletszámítás eredményeiről. Kézirat, BKV Adattár, Balatonalmádi
- Kázmér M. (1984): A Bakony horizontális elmozdulása a paleogénben. *Ált. Földt. Szle.*, 20, 53-101
- Kázmér M., Kovács S. (1985): Permian-Paleogene paleogeography along the Eastern part of the Insubric-Periadriatic lineament system: Evidence for continental escape of the Bakony-Drauzug Unit. *Acta Geol. Hung.*, 28, 71-84
- Kiss J. (1952): La constitution mineralogique de la bauxite de Nézsza. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 1, 113-132
- Kiss J. (1953): Űsmeradvány a gánti bauxitban. *Földt. Közl.*, 83, 68-69
- Kiss J. (1955): Recherches sur les bauxites de la Hongrie. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 3, 45-88
- Kiss J., Vörös I. (1965): La bauxite lignitifère du mont Bagolyhegy (Gánt) et le mécanisme de la sédimentation de la bauxite. *Ann. Univ. Eötvös, Budapest, Sect. Geol.*, 8, 67-90
- Komlóssy Gy. (1967): Contribution a la connaissance de la genése des bauxites hongroises. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 11, 477-489
- Komlóssy Gy. (1970): The Iszkaszentgyörgy bauxite (SE Bakony Mts, Hungary): Problems of genesis and mineral formation. *Ann. Inst. Geol. Hung.*, 54/3, 347-358
- Mindszenty A. (1970): Kísérlet a bauxitos ilmenit keletkezésének és bomlásának fizikai-kémiai értelmezésére. *Földt. Közl.*, 100, 382-387
- Mindszenty A. (1984): The lithology of some Hungarian bauxites. A contribution to the palaeogeographic reconstruction. *Acta Geol. Hung.*, 27, 441-455
- Mindszenty A., Gálné Solymos K. (1988): A halimbai bauxit extrakraklasztjaiak földtani jelentősége. *MÁFI Évi Jel. 1986-ról* 451-467
- Mindszenty A., D'Argenio, B., Bognár L. (1986/87): Cretaceous bauxites of Austria and Hungary: Lithology and paleotectonic implications. *Travaux ICSOBA 16-17*, 13-31, Zagreb
- Mindszenty A., Szintai M., Tóth K., Szantner F., Nagy T., Gellai M., Baross G. (1988): Sedimentology and depositional environment of the Csabpuszta bauxite (Paleocene/Eocene) in the South Bakony Mts (Hungary). *Acta Geol. Hung.*, 31, 339-370
- Nemecz E., Varjú Gy. (1967): Relationship between "flintclay" and bauxite formation. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 11, 453-473
- Oravec J. (1965): Szilur kőzetkavicsok földtörténeti szerepe törmelékes összleteinkben. *Földt. Közl.*, 95, 401-405
- Pantó Gy. (1980): Ritkaföldfémek geokémiája és néhány alkalmazási területe. *Akadémiai doktori értekezés, Budapest*
- Pávai-Vajna F. (1948): A bauxit keletkezéséről. *Bány. Koh. Lapok*, 81, 194-195
- Pupin, J.P. (1976): Signification des caracteres morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la methode typologique applications. *Thése Doct. es Sc. Univ. Niace (France)*, 394 p.
- Pupin, J.P. (1980): Zircon and granite petrology. *Contr. Min. Petr.*, 73, 207-220
- Radóczné Komáromy E. (1971): Az É-Bakony eocén képződményeinek mikromineralógiai vizsgálata. *MÁFI Évi Jel. 1969-ról*, 133-139
- Rákosi L. (1977): A nagygyézházi terület bauxit- és áthalmazott dolomitösszletének kormeghatározása palinológiai alapon. *MÁFI Évi Jel. 1975-ról*, 283-293
- Ravasz Cs. (1973): Mineralogical-petrographical studies on Middle Triassic tuffs of the Transdanubian Central Mountains, Hungary. *Acta Min. Petr.*, 21, 123-139, Szeged

- Sárköziné Farkas E. (1967): A Tokod környéki eocén képződmények üledékközzettani vizsgálata. MÁFI Évi Jel. 1962-ről, 237-246
- Szabó E. (1976): A dunántúli karsztbauxittelepek genetikai kérdései. Ált. Földt. Szle., 9, 21-66
- Szabó I., Ravasz Cs. (1970): Investigation of the Middle Triassic volcanics of the Transdanubian Central Mountains, Hungary. Ann. Hist. Nat. Mus. Nat. Hung., 62, 31-51
- Szantner F. Szabó E. (1970): The structural-geological conditions and history of development of Hungarian bauxite deposits. Ann. Inst. Geol. Hung., 54/3, 109-129
- Szantner F., Knauer J., Mindszenty A. (1986): Bauxitprognózis. VEAB-kiadvány, Veszprém, 463 p.
- T. Gecse É. (1982): A nagygyházi bauxittelep mikromineralógiai vizsgálata. MÁFI Évi Jel. 1980-ról, 435-448
- Telegdi-Roth K. (1927): Die Bauxitlager des Transdanubischen Mittelgebirges in Ungarn. Földtani Szemle, Budapest, 1, 33-45
- Vadász E. (1946): A magyar bauxitelőfordulások földtani alkata. MÁFI Évkönyv 37/2, 173-234
- Vadász E. (1951): Bauxitföldtan. Akadémiai Kiadó, 127 p.
- Vadász E. (1956): Bauxit és terra rossa. Földt. Közl., 86, 115-119
- Vendel M., Kisházi P., Boldizsár I. (1971): A Dunántúli Középhegység bauxitelőfordulásainak genetikája. Bány. Kut. Int. Közl., 15, 7-43
- Vörös I. (1958): Iszkaszentgyörgyi bauxitszelvények mikromineralógiai és nyomelem vizsgálata. Földt. Közl., 88, 48-56
- Vörös I., T. Gecse É. (1976): Micromineralogical and sedimentological study of some Hungarian bauxites. Travaux ICSOBA, 13, 175-183, Zagreb
- Zaun, P.E., Wagner, G.A. (1985): Fission-track stability in zircon under geological conditions. Nuclear Tracks, 10, 303-307