

A mecseki toarci feketepala Réka-völgyi szelvényének előzetes petrográfiai és nehézasvány-vizsgálati eredményei

VARGA Andrea¹, MIKES Tamás², RAUCSIK Béla³

¹8200 Veszprém, Kőhid u. 3, e-mail: raucsikvarga@freemail.hu

²Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Abt. Sedimentologie/Umweltgeologie, Goldschmidtstr. 3, D–37077 Göttingen, Németország, e-mail: tamas.mikes@geo.uni-goettingen.de

³Pannon Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10, e-mail: raucsik@almos.vein.hu

The petrography and heavy minerals of the Toarcian black shale of the Réka Valley section of the Mecsek Hills: a pilot study

Abstract

The results of a pilot petrographic and heavy mineral study of Lower Jurassic (H. falciferum Zone) organic-rich sedimentary rocks are presented from the Mecsek Hills (black shale interval, Réka Valley section, Óbánya Siltstone Formation). The studied succession comprises laminated to thin-bedded black shales with intercalations of fine- to coarse-grained turbidite beds of mixed carbonate–siliciclastic composition. Translucent heavy mineral spectra consist of zircon and tourmaline and some garnet, apatite, rutile and staurolite. Lack of grain rounding suggests that the role of sediment recycling was not significant. A terrigenous sediment component of the Óbánya Siltstone was sourced from a mature, felsic continental crust made up of low- to medium-grade metapelites (e.g. gneiss, micaschist) and granitoids exposed to erosion in the Early Jurassic. Such rocks are rather characteristic for the Görcsöny Ridge, which is thus a likely source candidate for the Óbánya Siltstone Formation. Sedimentary provenance data from the Mecseknádasd Sandstone Formation illustrate that a comparable rock association had already been eroded in the Pliensbachian. The latter, however also comprised minor proportions of amphibolite facies and metabasic rocks.

Keywords: hybrid arenite, black shale, heavy minerals, provenance, Toarcian, Óbánya Siltstone Formation, Mecsek Hills

Összefoglalás

Tanulmányunkban a mecseki alsó-jura (H. falciferum zóna) szerves anyagban gazdag üledékes kőzeteinek (Óbányai Aleurolit Formáció, Réka-völgyi feketepala) előzetes petrográfiai és nehézasvány-vizsgálati eredményeit mutatjuk be. A vizsgált rétegsort laminált és vékonyréteges feketepala építi fel, amelyben apró–durvaszemcsés, kevert biogén karbonát-, illetve terrigén anyagú homokkő (turbidit)-közbetelepülések találhatók. Az áttetsző nehézasvány-együttest cirkon és turmalin, valamint alárendelten gránát, rutil, staurolit és apatit alkotja. A koptatatlan ásványszemcsék arra utalnak, hogy idősebb üledékes kőzetek lepusztulása nem játszott számottevő szerepet a forrásterületen. Az Óbányai Aleurolit Formáció terrigén üledékanyaga kis–közepes fokú metapelitéből (gneisz, csillámpala) és granitoidokból álló, érett, felzikus összetételű kontinentális kéreg kora-jura eróziójából származik. A forrásterület valószínűleg a Görcsönyi-hátsággal, vagy rokon területtel azonosítható. A fekvő Mecseknádasdi Homokkő Formáció (pliensbachi) lehordási területe nagyon hasonló, azonban ez kis mennyiségben metabázitok (amfibolit±eklogit) törmelékanyagát is tartalmazza.

Tárgyszavak: hibrid arenit, feketepala, nehézasványok, lehordási terület, toarci, Óbányai Aleurolit Formáció, Mecsek

Bevezetés

Az alsó-toarci feketepala („halaspala” vagy „börpala”; Óbányai Aleurolit Formáció) a Keleti-Mecsek jellegzetes, kis vastagságú (9–12 m) képződménye; amelyet a Réka-völgyi szelvényben zagárüledékként értelmezett homokkő és átkovásozott crinoideás mészkő betelepüléseit tartalmazó, sötétbarna–fekete színű, laminált pala alkot (FORGÓ et al. 1966, GALÁCS 1991, DULAI et al. 1992,

NÉMEDI VARGA 1998). DULAI et al. (1992) megfigyelései szerint a gradált homokkővek finomszemcsés, agyagos–limonitos alapanyagba ágyazódott, szögletes kvarc- és kalcium-szemcséket tartalmaznak, azonban a gravitációsan átülepített rétegek részletes szöveti jellemzését nem végezték el.

Az Óbányai Aleurolit lepusztulási területére vonatkozó első nehézasvány-vizsgálati eredményeket DULAI et al. (1992) közölték. A sósavval előkészített minták 125–250 µm közötti szemcseméret-tartományában a feketepala

nehézsúlyainak elkülönítése nem vezetett eredményre. A homokkő-közbetelepülésben a következő együttest azonosították: biotit (27%), klorit (26%), pirit (17%), limonit (11%), turmalin (7,5%), gránát (6%), hematit (3%), rutil (1,5%) és ilmenit (1%). Értelmezésük szerint a cirkon hiánya, valamint a biotit és a klorit túlsúlya alapján metamorf vagy savanyú magmás lefordási terület valószínűsíthető.

Munkánkban az Óbányai Aleurolit Formáció Réka-völgyi szelvényéből származó kőzetminták petrográfiai leírását és előzetes nehézsúlyvizsgálati eredményeit közöljük. A képződmény ásványos összetételének, illetve szöveti jellemzőinek pontosítása a lepusztulási terület földtani felépítésének, továbbá a kora-toarci üledékképződési környezet lehetséges ősföldrajzi kapcsolatainak felvázolását teszi lehetővé.

A vizsgált szelvény, mintagyűjtés

A mecseki Réka-völgyi típus-szelvényben (1. ábra) jól tanulmányozható a Mecseknádasdi Homokkő (plienbach-i rész) és az Óbányai Aleurolit (toarci) Formáció üledékfolytonos rétegsora. A feltárásban finomszemcsés, hemipelágikus háttérüledékek (bioturbált mészmárga és lemez agyagmárga rétegpárok) és kevert karbonátos–sziliciklasztos turbiditek fordulnak elő (GALÁCS 1991, DULAI et al. 1992, NÉMEDI VARGA 1998, VARGA et al. 2007). A szelvény kora-toarci — az óceáni anoxikus eseménynek megfelelő — részét pelites üledékképződés jellemzi (2. ábra, a). Ammonitesek (*Hildaites* cf. *siemensii*, *H.* cf. *levisoni*, *H.* cf. *gyralis*) alapján a kb. 10–12 m vastagságú, szerves anyagban gazdag feketepalát tartalmazó kőzetegyüttes képződése a *Harpoceras falciferum* zónára tehető (GALÁCS 1991). BALDANZA et al. (1995) mészvázú nannofossziliák alapján azonban azt feltételezik, hogy a

feketepala-összlet alsó része még a *Dactylioceras tenuicostatum* zónát képviseli. Annak ellenére, hogy a zónajelző nannofossziliák (pl. *Carinolithus superbus* és *Discorhabdus striatus*) hiányoznak a Réka-völgyi rétegsor ősmaradvány-együtteséből (MATTIOLI 2007, szóbeli közlés), a legújabb mikropaleontológiai eredmények megerősítik BALDANZA et al. (1995) korbesorolását: MATTIOLI (2007, szóbeli közlés) vizsgálata alapján az Fp–15 minta a *C. poulabronei* mészvázú nanнопlankton egy példányát tartalmazza (2. ábra, a), amely számos alsó-toarci szelvényben a *C. superbus* nannofossziliával közel egyidőben fordul elő (MATTIOLI & ERBA 1999). Az Fp–59 minta *Watznaueria fossacincta* és *W. colacicchii* fossziliákat tartalmaz (MATTIOLI 2007, szóbeli közlés); amelyek megjelenése általában a zónajelző *Discorhabdus striatus* első előfordulásával korrelálható (MATTIOLI & ERBA 1999). Ezek az adatok azt sugallják, hogy az Fp–15 és az Fp–59 minták közé eső szakasz a *C. superbus* nanнопlankton-zónával (BOWN 1987) párhuzamosítható (2. ábra, a).

A feketepala-szelvény alsó szakaszán szerves anyagban gazdag, gyengén bioturbált, vékonyréteges agyagmárga, illetve laminált agyagmárga váltakozása figyelhető meg. A szelvény aljától 4,2 m-re oldalirányban folytonos, világosszürke, pasztikus agyagréteg települ közbe kb. 5 cm vastagságban. Ezt követően egy karbonát-konkrécióban gazdag szint figyelhető meg. A szelvény felső részén bioturbációra utaló üledékes bélyegek nem jelentkeznek. A laminált agyagmárga viszonylag kisméretű (1–25 cm vastagságú), csatornaszerű turbidit-betelepüléseket tartalmaz, amelyeket rendszerint lencsésen kiemelkedő, eróziós bázis és sík fedő réteglap határol (2. ábra, b). A háttérüledékekhez képest — a durvább szemcseméret miatt — a szürke, barnásszürke homokkőpadok szelektív kovásodása általános, ezért a talajosodási folyamatoknak ellenálló, kipreparálódó rétegek könnyen felismerhetők. A turbiditek belső szerkezete gyakran síklaminált, ritkábban normál gradáció is megfigyelhető. A hemipelágikus háttérüledékek közé települő kevert karbonátos–sziliciklasztos rétegek mélyebb medencébe történő, gyakori üledékát-halmozásra utalnak.

Az Óbányai Aleurolit Formáció nehézsúlyainak újravizsgálatát 4 turbiditmintán (Tu–1–4) és egy feketepalamintán (R–1) végeztük, amelyeket a Réka-völgyi típus-szelvényben gyűjtöttünk (2. ábra, a). A turbiditek közül a Tu–1, illetve a Tu–3 minta DULAI et al. (1992, 71. oldal, 4. ábra) „H” jelű, illetve „J” jelű homokkőpadjával párhuzamosítható (VARGA et al. 2007, RAUCSIK & VARGA 2008a). Összehasonlítás céljából az óbányai Farkas-árból — a Mecseknádasdi Homokkő Formáció felső-plienbach-i részéből (RAUCSIK & MERÉNYI 2000, RAUCSIK & VARGA

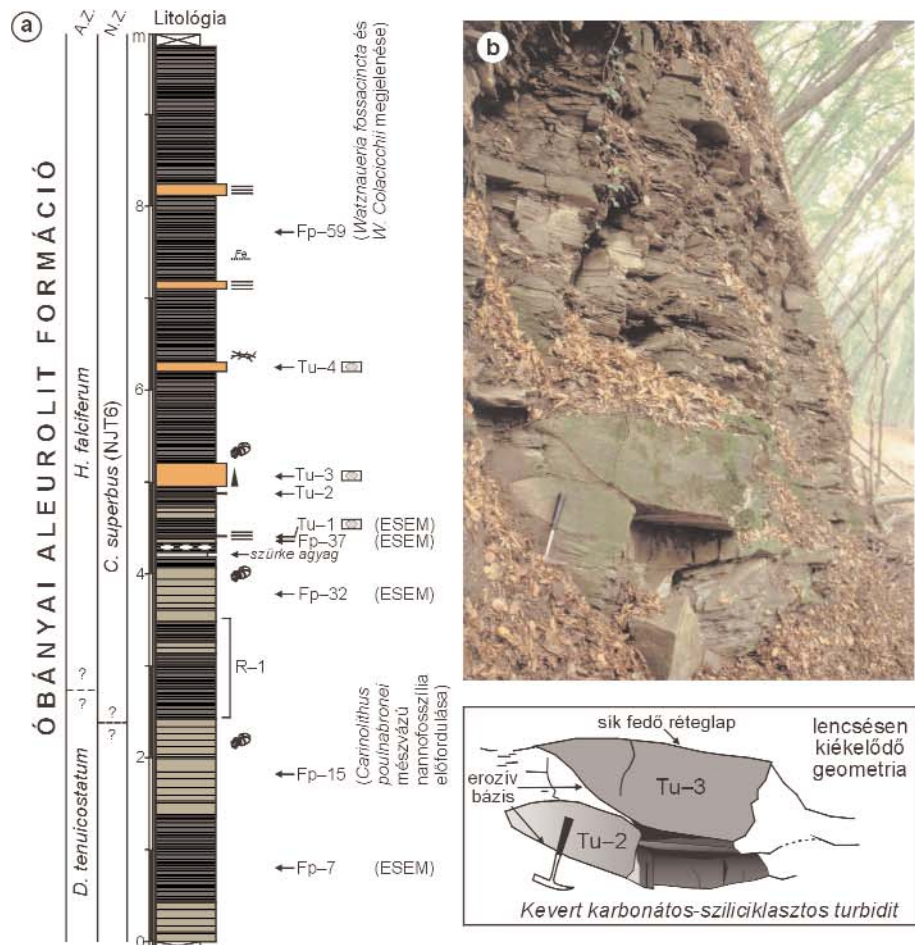


1. ábra. A vizsgált szelvény földrajzi elhelyezkedése

1 – patak; 2 – turistaút; 3 – műút; 4 – település

Figure 1. Location map of the examined section

1 – creek; 2 – foot-path; 3 – road; 4 – settlement



2. ábra. a) Az alsó-toarci fekete-pala (Óbányai Aleurolit Formáció, Mecsek hegység) Rékavölgyi szelvényének egyszerűsített rétegsora a mintavételi pontok feltüntetésével. A biosztratiográfiai tagolás GALÁ CZ (1991), BALDANZA et al. (1995) és MATTIOLI (2007, szóbeli közlés) munkáin alapul

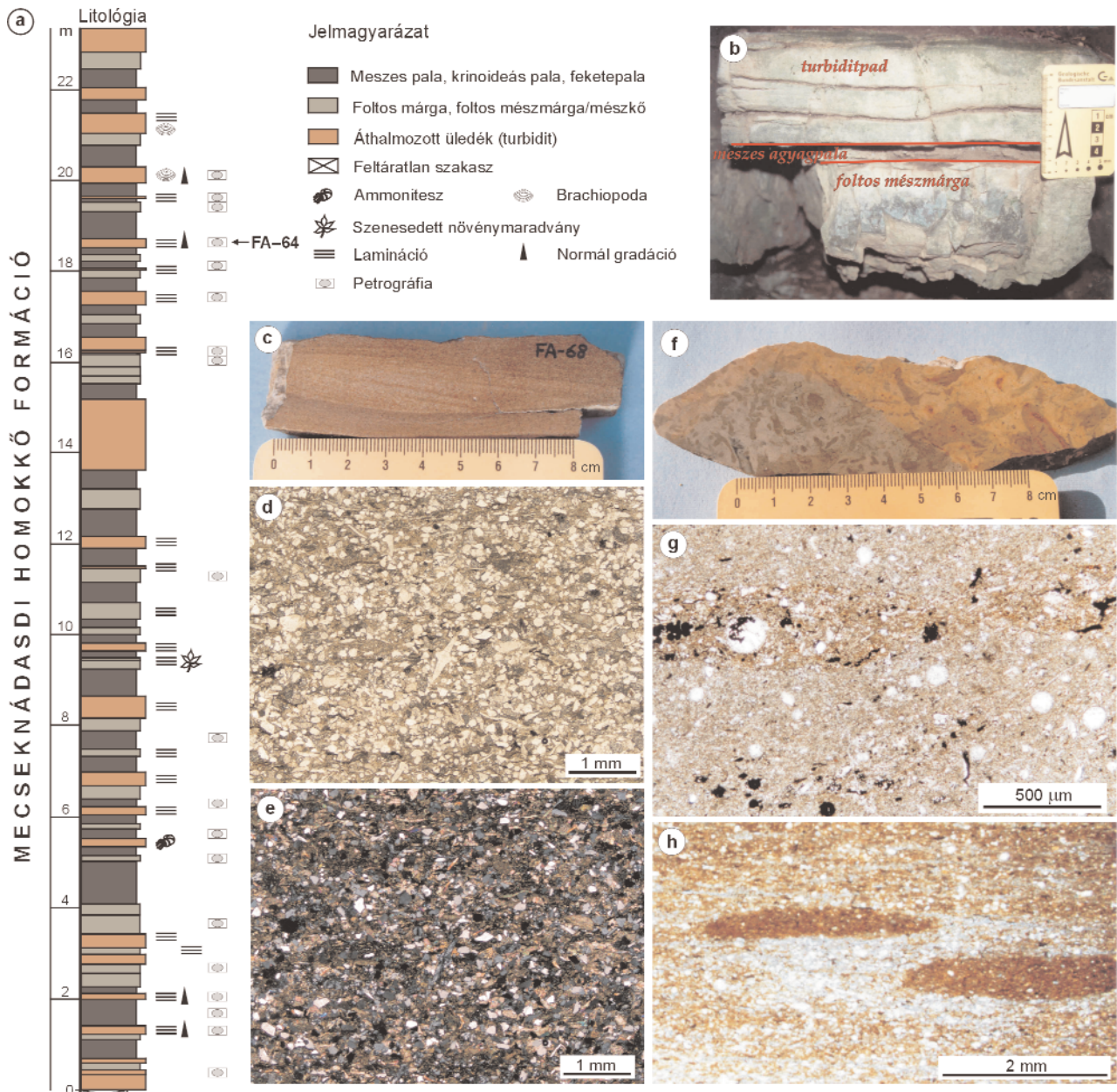
A.Z. = ammonites zóna; N.Z. = nannoplankton zóna; b) A turbidit-betelepülések geometriája; c) Finomaprózszemcsés hibrid arenit, Tu-1 minta (1N); d) Pásztázó elektronmikroszkópi (SEM) felvétel a diagenetikus pirítkristályokról, visszaszórt elektronkép (BSEI), Tu-1 minta; e-f) Rosszul osztályozott, közepszemcsés hibridarenit bioklaszt- (echinoder-mata, bivalvia, foraminifera) és törmelékes kvarc-szemcsékkel, Tu-3 minta (1N)

Figure 2. a) Simplified lithological column with the sampling points of the Réka Valley section of the Lower Toarcian black shale (Óbánya Siltsone Formation, Mecsek Hills). Biostratigraphy from GALÁ CZ (1991), BALDANZA et al. (1995) and MATTIOLI (2007, pers. commun.)

A.Z. = Ammonite Zone; N.Z. = Nannofossil Zone; b) Geometry of the intercalated turbidites; c) Very fine- to fine-grained hybrid arenite, sample Tu-1 (plane polarized light); d) Scanning electron microscope (SEM) micrograph illustrating the diagenetic pyrite crystals, back-scattered electron image (BSEI), sample Tu-1; e-f) Poorly sorted, medium-grained hybrid arenite with coeval bioclast (echinoderms, bivalvia shell fragments and foraminifera) particles and detrital quartz grains, sample Tu-3 (plane polarized light)

Jelmagyarázat

- Laminált fekete-pala
- Vékonyréteges fekete-pala
- Hibrid arenit (turbidit)
- Plasztikus szürke agyag
- ⊠ Karbonátkonkréción
- ⊠ Feltáratlan szakasz
- ≡ Síklamináció
- ▲ Normál gradáció
- 🐚 Ammonitesz
- ✂ Kalciteres zóna
- Fe Limonitos szint
- 📐 Petrográfia



3. ábra. a) A felső-pliensbachi rétegsor (Mecseknádasdi Homokkő Formáció, Mecsek hegység) farkas-árki szelvényének (alsó szakasz) egyszerűsített rétegsora a mintavételi pont feltüntetésével (RAUCSIK & VARGA 2008b); b) Turbiditpad a háttérüledékekkel; c) Hybrid arenit, polírozott felület; d-e) Aprószemcsés hybrid arenit bioklaszt- (szivacsstü, echinodermata), muszkovit- és kvarcsemmekkel, FA-64 minta (1N és +N); f) Bioturbált, „foltos” mészmárga, polírozott felület; g) Bioturbált „spotted” calcareous marl, polírozott felület; h) Bioturbált, meszes agyagpala vékonycsiszolati képe radiolária moldokkal és szivacsstüekkel (1N)

Figure 3. a) Simplified lithological column (lower part) with the sampling point of the Farkas Ravine section of the Upper Pliensbachian succession (Mecseknádasd Sandstone Formation, Mecsek Hills; RAUCSIK & VARGA 2008b); b) Turbidite bed with background sediments; c) Hybrid arenite, polished surface; d-e) Fine-grained hybrid arenite with bioclast (sponge spicules, echinoderms) particles, muscovite and quartz grains, sample FA-64 (plane polarized light and cross polarized light); f) Bioturbated 'spotted' calcareous marl, polished surface; g) Microphotograph of bioturbated calcareous marl with radiolarian moulds and sponge spicules (plane polarized light); h) Microphotograph of bioturbated calcareous shale (plane polarized light)

2008b) — egy kevert sziliciklasztos-karbonátos turbidit-rétegből származó hybridarenit-mintát (FA-64) szintén megvizsgáltunk (3. ábra). A Mecseknádasdi Homokkő Formáció kőzettípusainak petrográfiai jellegzetességeiről RAUCSIK & VARGA (2002) munkája nyújt rövid áttekintést; ebben a tanulmányban — terjedelmi okból — kizárólag az FA-64 minta leírását közöljük.

Vizsgálati módszerek

A kőzetminták petrográfiai leírását az Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézetének Kőzettan–Geokémiai Tanszékén polarizációs mikroszkópos, továbbá a Pannon Egyetem Mérnöki Karának Szilikát- és Anyagmérnöki Tanszékén környezeti pásztázó elektronmikroszkópos (ESEM) vizsgálattal

végeztük. A szekunder elektronképeket (SEI) és a visszaszórt elektronképeket (BSEI) Philips XL30 ESEM készülékkel, nagyvákuumú üzemmódban, 20 kV-os gyorsítófeszültséggel készítettük. A vázalkotó szemcsék félmennyiségi összetételét energiadiszperzív röntgen-analizátorral (EDAX), 20 kV-os gyorsítófeszültség mellett, környezeti üzemmódban pontszerű elemzéssel határoztuk meg, amely kb. 5 µm térbeli felbontást tett lehetővé.

A nehézasvány-kémiai vizsgálatokat a Göttingeni Egyetemen végeztük. A nehézasványok szemcsemérete általában kisebb a kőzet vázalkotó szemcséinél, ezért a DULAI et al. (1992) munkájában kiválasztott mérettartomány (125–250 µm) az Óbányai Aleurolit finomszemű kőzetein nem alkalmazható a sikerrel. A kiválasztott mintákból aprítás, 5%-os ecetsavas és 5%-os hidrogén-peroxidos kezeléssel, végül ultrahangos dezaggregálás után nedves szitálással a 40–125 µm-es szemcsemérettartományt különítettük el (az FA-64 mintából a 63–250 µm-es tartományt). A nehézasványok leválasztásához forró, 2,88 g/cm³ sűrűségű nehézfolyadékot (LST) alkalmaztunk. A kristályok átesőfényes mikroszkópi vizsgálatát 1,66-os törésmutatójú optikai gyantába ágyazva végeztük. Az ásványkémiai elemzéseket hullámhossz-diszperzív spektrométerekkel felszerelt JEOL JXA 8900RL típusú elektronmikroszondával készítettük műgyantába ágyazott, polírozott ásványszemcse-preparátumon (turmalin: 20 kV gyorsítófeszültség, 15 nA sugár-áram; gránát: 15 kV, 20 nA; mindkét ásványnál ZAF-korrekció). A Tu-3 mintából 9, az R-1 mintából 14 és az FA-64 mintából 47 turmalin, illetve a Tu-3 mintából 19, az R-1 mintából 4 és az FA-64 mintából 33 gránátkristály lokális kémiai összetételét határoztuk meg (*I–V. melléklet*). A turmalin B₂O₃-tartalmának számolásakor (B₂O₃*) a szerkezeti képletben 3 B-atomot vettünk alapul, a kationarányokat 24,5 O-atomra vonatkoztatva, T+Z+Y=15 alapján számoltuk (HENRY & DUTROW 1996). A gránát összetételének számításánál MUHLING & GRIFFIN (1991) módszeréhez igazodtunk.

Vizsgálati eredmények

Petrográfiai megfigyelések

A kevert karbonátos–siliciklasztos turbiditek kőzettani szempontból a hibrid arenitek csoportjába sorolhatók, ezért jellemzésüknek ZUFFA (1980) nevezéktanát alkalmaztuk, továbbá CRITELLI et al. (2007) munkáját vettük figyelembe. A vizsgált alsó-jura kőzetek vázalkotó szemcséi között a nem karbonátos, medencén kívüli (NCE: noncarbonate extrabasinal); a karbonátos, medencén belüli (CI: carbonate intrabasinal) és a nem karbonátos, medencén belüli (NCI: noncarbonate intrabasinal) típusok jelentek meg (ZUFFA 1980).

Az Óbányai Aleurolit Formációt képviselő apró-középszemcsés homokkővekben a mátrixot és a cementet

egyaránt mikrites kalcit, limonit és agyagásványok alkotják. Az aprószemcsés, laminált homokkőben a szemcsék közepesen osztályozottak, továbbá a nyúlt szemcsék (pl. muszkovitlemezkek, kagyló-, illetve brachiopoda-héjtöredékek) az üledékes lemezességnek megfelelően irányítottak. A durvább szemcseméretű, gradált homokkővek rosszul osztályozottak. A vázalkotó szemcsék közül az NCE csoport elsősorban kvarcból, alárendelten káliföldpátból (kb. 180 µm), metamorf kőzettörmelék-ből, rétegszilikátokból (muszkovit, kloritosodó biotit), akceszszóriákból, továbbá terrigén eredetű, szenesedett vagy kovásodott növénymaradványokból áll (2. ábra, c, e–f). A szögletes vagy gyengén koptatott, monokristályos (Qm) és polikristályos (Qp) kvarcsemmék mérete 50–500 µm között változik, átlagosan 150 µm. A Qp általában több, szutúrás érintkezésű alkristályból áll; alárendelten mikrokristályos tűzkőszemcsék is előfordulnak. Az átlagos szemcseméret csökkenésével megnövekszik a Qm mennyisége (Qm>>Qp). A kvarcból és szericitből álló, valószínűleg metamorf eredetű (kvarcit?) kőzettörmelék-semmék mérete 80–160 µm. Az akceszszorikus ásványok között rutil, turmalin és cirkon (20–80 µm) ismerhető fel. A CI csoportot bioklasztok alkotják: uralkodnak az echinodermata-vázelemek (elsősorban crinoidea-nyéltagok, ritkábban echinoidea-tüske) amelyek mérete átlagosan 250–350 µm, maximálisan 600–1500 µm, továbbá az 50–100 µm széles, maximálisan 2 mm hosszú kagyló-, illetve brachiopoda-héjtöredékek (2. ábra, e–f). A további vázelemeket a változó mennyiségben, de általánosan megjelenő foraminiferák (2. ábra, f) és ostracodák (260–450 µm), valamint a rossz megtartású bryozoa-töredékek alkotják. Az átkristályosodott szivacsstűk besorolása (CI vagy NCI, esetleg mindkettő) nem egyértelmű, noha belső szerkezetük helyenként felismerhető; a peremi részen, illetve a központi csatornában rendre kova – pátos kalcit, kova – mikrites kalcit, pátos kalcit – mikrites kalcit, esetleg piritkitöltés különíthető el. Az NCI csoportba a bioklasztokban üregkitöltőként, apró framboidális halmozokban, illetve 20–100 µm-es sajátalakú kristályok formájában megjelenő autigén opakásványok (pirit) sorolhatók (2. ábra, d).

A Mecseknádasdi Homokkő Formációt képviselő aprószemcsés homokkőben a mátrixot és a cementet szintén mikrites kalcit, limonit és agyagásványok alkotják. A szemcsék közepesen osztályozottak (3. ábra), továbbá a laminációnak megfelelően orientáltak. Az NCE csoport elsősorban kvarcból, alárendelten káliföldpátból (mikroklin, 240–300 µm), poliszintetikus anklasztikus plagioklaszból, metamorf kőzettörmelék-ből, muszkovitból, akceszszóriákból, továbbá terrigén növénymaradványokból áll. A szögletes vagy gyengén koptatott Qm és Qp szemcsék (Qm>Qp) mérete 100–300 µm között változik. A Qp általában sok, szutúrás érintkezésű alkristályból áll, azonban alárendelten egyensúlyi kristályosodást jelző (egyenes határvonalú alszemcsék, 120°-os érintkezési szögekkel) Qp is előfordul. Az akceszszorikus ásványokat sajátalakú, koptatatlan turmalin (kb. 80 µm), rutil, sajátalakú

(gyakran törött) vagy közepesen koptatott, barnás árnyalatú, zónás cirkon és gránát képviseli. A CI csoportban uralkodnak a szelektíven kovásodott szivacsstűk (átmérőjük 40–160 μm), amelyek belső szerkezete gyakran felismerhető; kisebb mennyiségben echinodermata-vázlemek (elsősorban crinoidea-nyéltagok), kagyló-, illetve brachiopoda-héjtöredékek, foraminiferák és ostracodák fordulnak elő. Az NCI csoportot a hintetten, továbbá bioklasztokban üregkitöltőként, sajátalakú kristályok formájában megjelenő autigén opakásványok (pirit), illetve limonitos pseudomorfozák képviselik. Az autigén pirit mennyisége jóval kevesebb, mint az Óbányai Aleurolit Formációból vizsgált hibrid arenitekben.

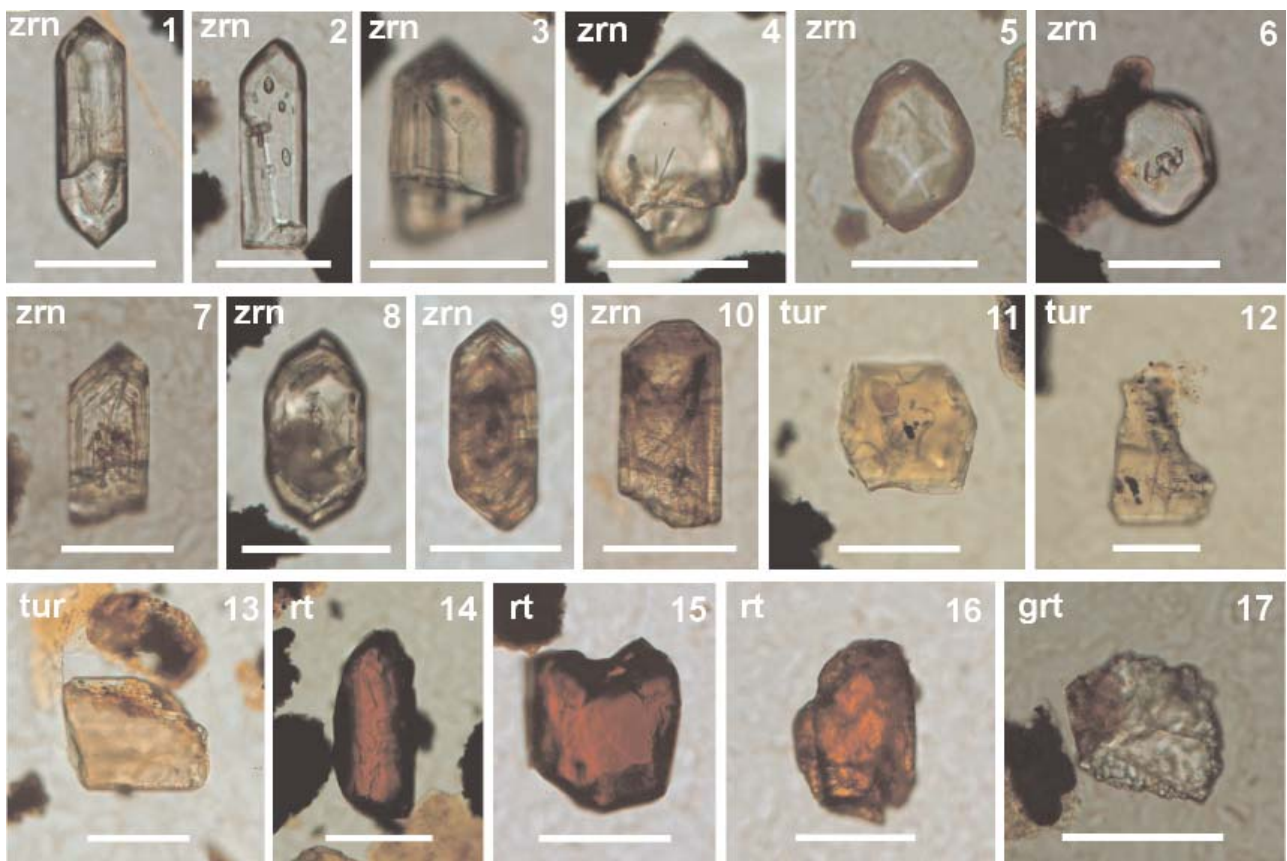
Nehézsúlyvizsgálati eredmények

Kevert karbonátos – sziliciklasztos turbiditek

Az Óbányai Aleurolit Formációból származó hibrid arenitek (nehézsúly-tartalom <1%) átlátszó nehézsúlynyai között a cirkon, a turmalin és az apatit mennyisége a

meghatározó. A cirkonkristályok között szintelen, sajátalakú, koptatatlan szemcsék és kristálytöredékek, zárványdús kristályok, illetve közepesen koptatott szemcsék egyaránt előfordulnak (4. ábra, 1–6. kép), azonban a sajátalakú, zavaros rózsaszínű, „idős” cirkonzemcsék mennyisége az uralkodó. Ezek a szemcsék gyakran zónás belső szerkezetűek, továbbá kerekített, olykor „rostos” felszínű idősebb magot tartalmaznak (4. ábra, 7–10. kép). A homogén belső szerkezetű turmalinszemcsék között optikailag elkülöníthetők a magmás (nagy méretű, prizmás természetű, rózsásbarna–zöldes pleokroizmusú), illetve metamorf eredetre utaló (kisméretű, szintelen–barnás pleokroizmusú, szerves zárványokat tartalmazó) szemcsék (vö. KRYNINE 1946). Koptatott (áthalmazott eredetre utaló) szemcsét nem találtunk (4. ábra, 11–13. kép). Alárendelten rutil, gránát és staurolit szintén előfordul (4. ábra, 14–17. kép).

A Mecseknádasdi Homokkő Formációt képviselő FA-64 minta nehézsúly-tartalma 0,28%; az autigén opak szemcsék (pirit utáni vasoxid-ásványok) mennyisége 20–30%, terrigén eredetű opak szemcséket nem találtunk. Az átlátszó nehézsúlynyai között a cirkon, a turmalin, a gránát és a rutil

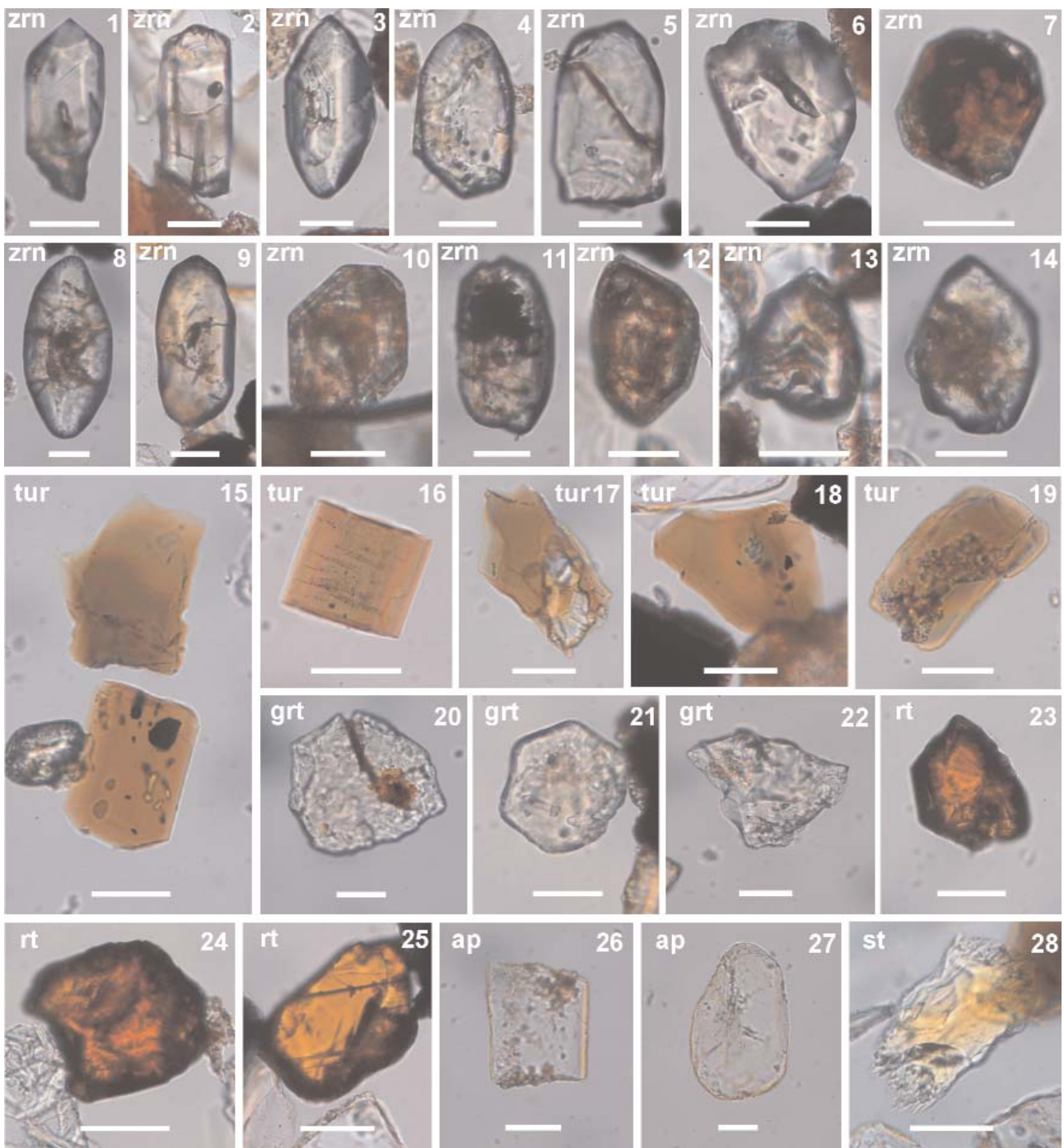


4. ábra. Nehézsúlynyak az Óbányai Aleurolit Formáció alsó-toarci szakaszából, hibridarenit-minták (átesőfényes mikroszkópi képek, immerzió, $n=1,66$; a skála 100 μm -nek felel meg)

Cirkon (zrn): 1, 3, 4 – sajátalakú szemcse, 2 – zárványdús sajátalakú szemcse, 5, 6 – szemcse kissé lekerekített élekkel, 7–10 – rózsaszínű cirkon oszcillációs zónákkal; turmalin (tur): 11, 12 – sajátalakú, prizmás természetű szemcse zárványokkal, 13 – ép, sajátalakú szemcse; rutil (rt): 14, 15 – vörösbarna szemcse, 16 – narancssárga szemcse; 17 – gránát (grt)

Figure 4. Heavy minerals occurring in the Lower Toarcian part of the Óbánya Siltstone Formation, hybrid arenite samples (optical photomicrographs, immersion, $n=1.66$, scale bar = 100 μm)

Zircon (zrn): 1, 3, 4 – euhedral grain, 2 – euhedral grain with numerous inclusions, 5, 6 – moderately rounded grain, 7–10 – pink zircon with oscillatory internal zoning; tourmaline (tur): 11, 12 – euhedral, prismatic grain with numerous inclusions, 13 – euhedral grain; rutile (rt): 14, 15 – reddish-brown grain, 16 – yellowish-orange grain; 17 – garnet (grt)



5. ábra. Nehézszárványok a Mecseknádasdi Homokkő Formáció felső-pliensbachi szakaszából, hibrid arenit, FA-64 minta (átesőfényes mikroszkópi képek, immerzió, $n=1,66$; a skála 50 μm -nek felel meg)

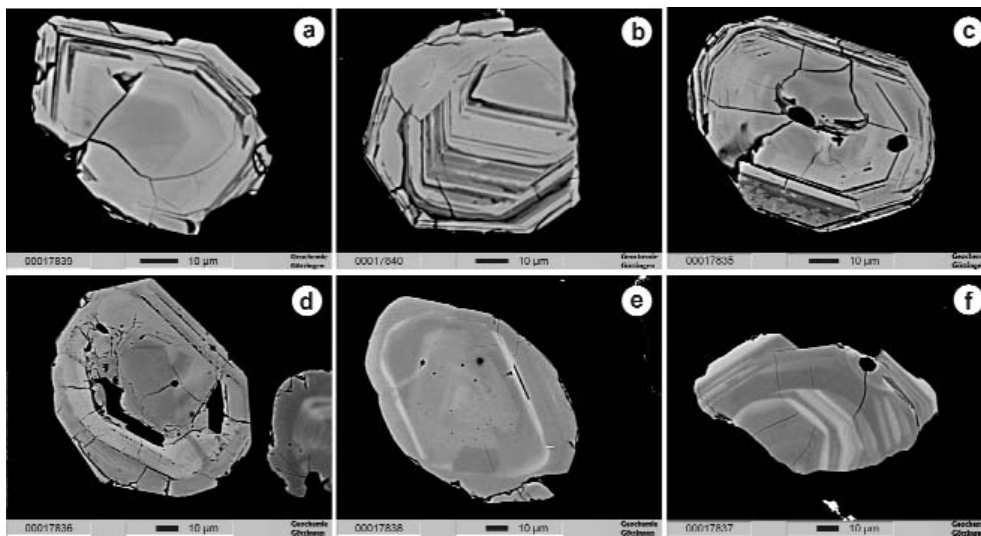
Cirkon (zrn): 1, 2 – sajátalakú szemcse zárványokkal, 3–6 – közepesen kerekített szemcse, 7–14 – vörös vagy rózsaszínű cirkon oszcillációs zónákkal metamiktosodott mag körül; *turmalin (tur):* 15–18 – koptatatlan prizmás szemcse zárványokkal, 19 – koptatott szemcse; *gránát (grt):* 20–22 – koptatatlan szemcse; *rutil (rt):* 23, 24 – vörös szemcse, 25 – narancssárga szemcse; *apatit (ap):* 26 – koptatatlan szemcse, 27 – közepesen koptatott szemcse; 28 – staurolit (st)

Figure 5. Heavy minerals occurring in the Upper Pliensbachian part of the Mecseknádasd Sandstone Formation, hybrid arenite, sample FA-64 (optical photomicrographs, immersion, $n=1,66$, scale bar = 50 μm)

Zircon (zrn): 1, 2 – euhedral grain with inclusions, 3–6 – moderately rounded grain, 7–14 – red or pinkish zircon with oscillatory internal zoning, overgrowing a metamict core; *tourmaline (tur):* 15–18 – unrounded prismatic grain with numerous inclusions, 19 – rounded grain; *garnet (grt):* 20–22 – unrounded grain; *rutile (rt):* 23, 24 – red grain, 25 – yellowish-orange grain; *apatite (ap):* 26 – unrounded grain, 27 – moderately rounded grain; 28 – staurolite (st)

mennyisége a meghatározó (5. ábra, 1–25. kép). Kisebbségben apatit, staurolit (5. ábra, 26–28. kép) és monacit is előfordul. A sajátalakú vagy közepesen lekerékített, gyakran zárványokat tartalmazó cirkonkristályok nyúltsága 1:8 és 1:3 között változik. Egyes vörös vagy rózsaszínű kristályok idősebb, helyenként metamiktisedett magból és továbbnövekedési zónákból épülnek fel (5. ábra, 7–14. kép). A BSE képek alapján a cirkonkristályokat elsődlegesen oszcillációs zónásság jellemzi, e belső szerkezetek azonban gyakran társulnak éles vagy elmosódott határvonalú, széles, halvány, többnyire homogén belső felépítésű zónákkal (6. ábra). A turmalint zömmel a koptatatlan, szintelen–barnás pleokroizmusú, homogén felépítésű (nem színzónás) kristályok képviselik, a zónás kristályok mennyisége alárendelt (5. ábra, 15–19. kép). A staurolitprizmák végein jellegzetes fűrészfogszerű maratódás ismerhető fel (5. ábra, 28. kép).

2007) — az autigén opak szemcsék mennyisége kiemelkedő (80–90%), amelyeket valószínűleg pirit utáni vasoxid-ásványok alkotnak. Terrigén eredetű opak szemcséket (pl. magnetit, ilmenit) nem találtunk. Ezt erősítik meg a pásztázó elektronmikroszkópos megfigyelések: a feketepalában hintet-ten sajátalakú (oktaédes) kristályok vagy framboidok formájában, illetve a bioturbációra visszavezethető üregekben jelentős mennyiségű autigén pirit mutatható ki (7. ábra). Az átlátszó nehézsúlyok között (a csillámoktól eltekintve) a cirkon részaránya 50–60% közötti. A cirkonkristályok gyakran zárványokat tartalmaznak, éleik rendszerint kissé lekerekítettek, nyúltságuk 1:8 és 1:3 között változik. A teljesen koptatatlan, ép kristályélekkel rendelkező, valamint az erősen kerekített cirkonzemcsék részaránya egyaránt alárendelt (8. ábra, a, 1–5. kép). Egyes kristályok idősebb — koptatott vagy sajátalakú — magból és továbbnövekedési zónából épülnek



6. ábra. A cirkonkristályok jellegzetes belső szerkezete visszaszórt elektron- (BSE) képeken, FA-64 minta

a-b) Sajátalakú cirkonkristályok magmás eredetű, finom oszcillációs zónássággal; c-d) Magmás eredetű oszcillációs zónásság feltehetően metamiktisedett mag körül, amelyre a koncentrikusan futó repedések utalnak; e) Enyhén kerekített cirkonkristály, széles, halvány, sávyszerű zónákkal, melyet egy keskeny, Hf- és U-gazdag zóna, és egy szélesebb, homogén külső zóna szegélyez. A szemcse körvonala és elmosódott zónái metamorf növekedésre vagy átkristályosodásra utalnak; f) Többzónás növekedésre utaló zónás szemcse rezorpcióval és továbbnövekedéssel

Figure 6. Typical internal structure of zircon grains (back-scattered electron images; BSEI), sample FA-64

a-b) Euhedral zircon grains with well-developed magmatic oscillatory zoning; c-d) Grains with magmatic oscillatory zoning, overgrowing a presumably metamict core (note radial pattern of cracks); e) Slightly worn/resorbed zircon grain with broad, faint bands of zoning, rimmed by a narrow concentric bright (U, Hf-rich) zone and a broader homogeneous zone. Grain outline and faint zones suggest growth or recrystallization during metamorphism; f) Zircon with multiple growth episodes revealing resorption and continued growth

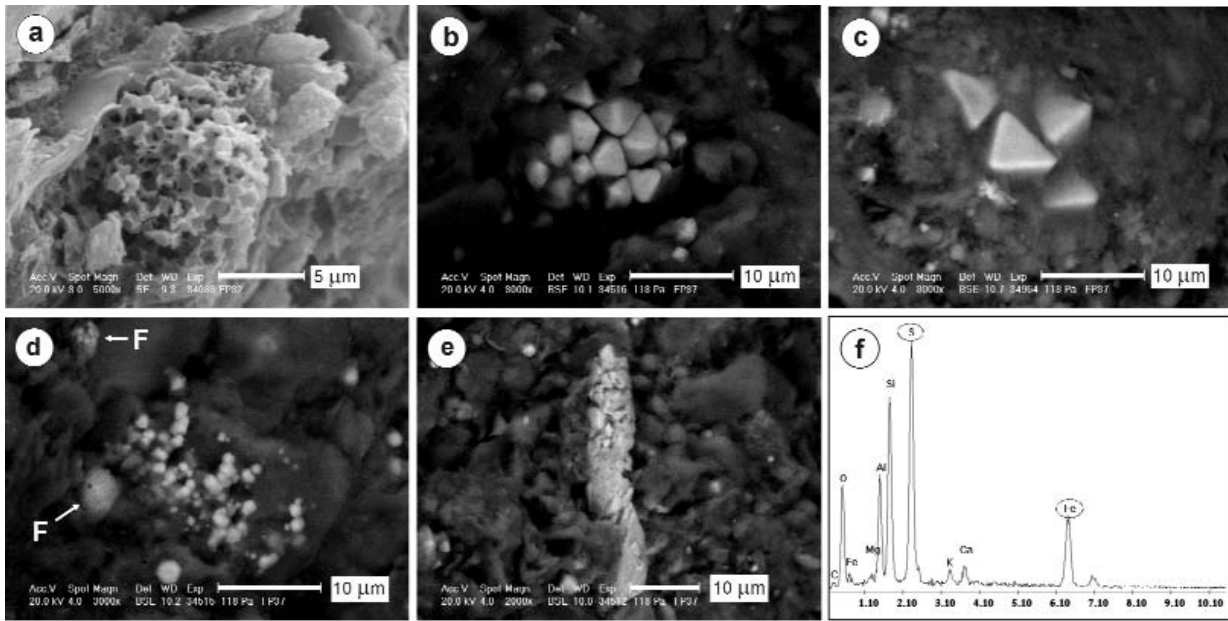
Kémiai összetétele alapján valamennyi vizsgált turmalin-kristály jól leírható a drávit–sörl elegyedési sor tagjaként, de emellett kimutatható mennyiségben épül be rácsukba számos további kation is: Ca^{2+} , K^+ , Ti^{4+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} és V^{3+} (I–II. melléklet). A homogén és a zónás kristályok zöme egyaránt drávitgazdag összetételű tükröz. Az utóbbiak esetében a mag (vagy belsőbb zóna) és a szegély nem mutat lényeges eltérést. A gránát általában almandinban gazdag (60–80%), spessartin-tartalma 2–20% között változik, pirop-, illetve grosszulár-tartalma a 20%-ot ritkán haladja meg (III. és V. melléklet).

Feketepala

A szelvény alsó szakaszából gyűjtött laminált feketepala nehézsúly-tartalma 0,26%. A nehézsúlyok között — a nagy szervesanyag-tartalomnak megfelelően (VARGA et al.

fel (8. ábra, a, 6–9. kép). A BSE képek alapján egyértelműen azonosítható a cirkonkristályok elsődleges oszcillációs zónássága (8. ábra, b); azonban a helyenként megszakadó zónásság (homogén domének), illetve a kissé kerekített kristályokban gyakori széles, halvány zónák utólagos homogenizációt (termális átkristályosodás) tükröznek (8. ábra, c). A feketepalában az apatit kristályainak felszíne gyakran korrodált; ez egyaránt lehet elsődleges, vagy utólagos bélyeg, amit a felszínközeli savas mállás okozhatott (8. ábra, a, 10. kép). A rutil, a turmalin (homogén vagy zónás belső szerkezetű, elsősorban optikailag metamorf eredetű) és a gránát mennyisége alárendelt, míg a kloritoid rendkívül ritka.

A turmalinkristályok kémiai összetétele nagyon hasonló a hibridarenitből szeparált szemcsék összetételéhez, a zónás kristályok magjában (vagy belsőbb zónájában) és szegé-

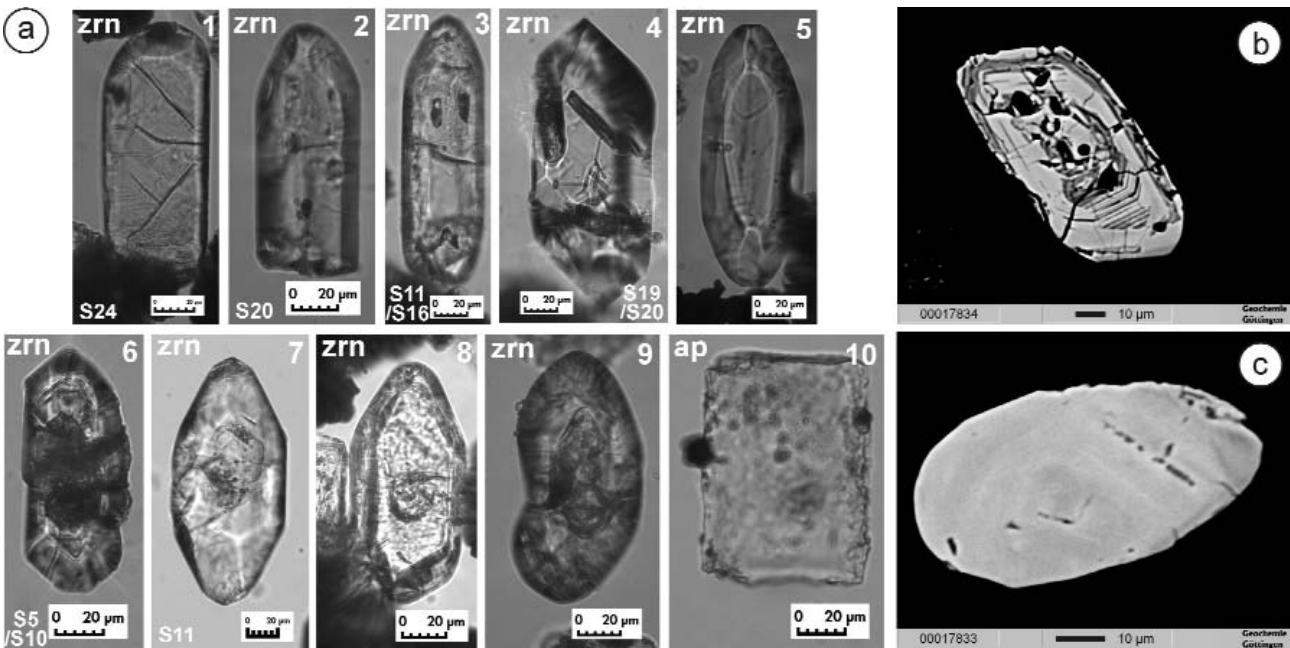


7. ábra. SEM felvételek az autigén piritről

a) Rossz megtartású framboidális pirit, szekunder elektronkép (SEI); b-c) oktaéderes piritkristályok, BSEI felvétel; d) BSEI felvétel a framboidális piritről és a pirit kristályokról. Jól látható a framboidok és az őket alkotó kristallitok változó mérete; e) életnyomot kitöltő piritthalmaz és környezetének BSEI felvétele, továbbá f) energiadiszperzív röntgenspektruma

Figure 7. SEM micrographs illustrating the authigenic pyrite

a) A badly preserved framboid pyrite, secondary electron image (SEI) micrograph; b-c) Octahedral pyrite crystals, BSEI micrograph; d) BSEI micrograph of pyrite framboids (F) and crystals. It is well visible in this frame the different size of the framboids, and of the crystallites composing them; e) a pyrite aggregate infilling the internal porosity of a trace fossil (BSEI) and f) its surroundings with the EDS spectrum



8. ábra. Nehézszványok a feketepalából, Óbányai Aleurolit Formáció alsó-toarci szakasza

a) Átesőfényes mikroszkópi képek (immerzió, n=1,66; a skála 20 µm-nek felel meg). Cirkon (zrn): 1 – sajátalakú szemcse, 2-4 – zárványdús sajátalakú szemcse, 5 – szemcse kissé lekerekített éllel, 6-8 – sajátalakú szemcse idős, gömbölyített maggal, 9 – „S”-típusú mag lekerekített, metamorf továbbnövekedéssel; 10 – apatit (ap)

b) Cirkon helyenként megszakadó, magmás eredetű, finom oszcillációs zónássága urángazdag, átöröklött mag körül (BSE kép)

c) Kissé kerekített cirkonkristály széles, diffúz határvonallal, halvány oszcillációs zónákkal (BSE kép). Homogenizációját a metamorfózis során végbemenő termális átkristályosodás eredményezte

Figure 8. Heavy minerals from the black shale, Lower Toarcian part of the Óbánya Siltstone Formation

a) Optical photomicrographs (immersion, n=1.66; scale bar = 20 µm). Zircon (zrn): 1 – euhedral grain, 2-4 – euhedral grain with numerous inclusions, 5 – moderately rounded grain, 6-8 – euhedral grain with an old rounded core, 9 – zircon with core-rim texture showing metamorphic overgrowths; 10 – apatite (ap)

b) A zircon grain with well-developed, locally truncated magmatic zoning, overgrowing a U-rich metamict core (BSEI)

c) A subrounded zircon grain of faint, broad oscillatory zoning with diffuse zone boundaries typical of zircon subject to thermal recrystallization during metamorphism (BSEI)

lyében meghatározott kémiai összetétel sem mutat lényeges eltérést (I. melléklet). A gránát általában Fe-gazdag ($\text{Alm} > 65\%$), változó Mn- ($\text{Sps} = 2\text{--}25\%$) és kis Ca- ($\text{Grs} = 3\text{--}16\%$), illetve Mg- ($\text{Prp} = 1\text{--}14\%$) tartalommal (IV. melléklet).

Diszkusszió

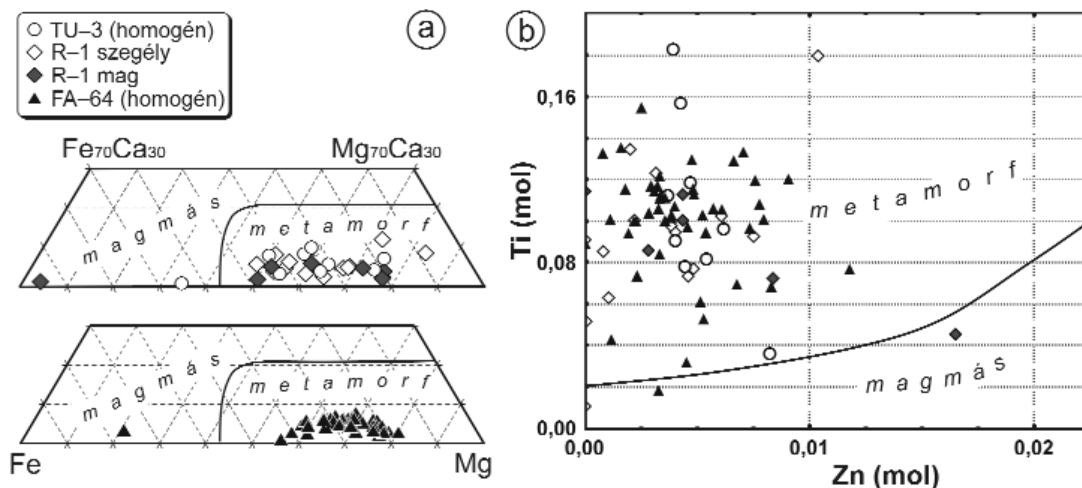
A lehordási terület általános jellemzése

Az Óbányai Aleurolit és a Mecseknádasdi Homokkő Formáció hibrid arenitjeinek vázalkotó szemcséi (nagy mennyiségű szutúrás Qp, metamorf közettörmelék), illetve a muszkovit jelenléte arra utalnak, hogy a lehordási területen végbemenő erózió elsősorban metamorf (metapszammit/metafelzit) kőzetegyütteseket érintett (GÖTZE & ZIMMERLE 2000, GARZANTI & VEZZOLI 2003). Az Óbányai Aleurolit Formáció nehézsúly-együttesét döntően cirkon és turmalin, valamint apatit, rutil, gránát, staurolit és kloritoid alkotja; a Mecseknádasdi Homokkő Formációt cirkon, turmalin, gránát, rutil, apatit, staurolit (monacit) együttes jellemzi. Ezen eredmények azt igazolják, hogy a forrásterület jelentős részét metamorf (döntően metapelites) kőzetek építették fel. A kis mennyiségben megjelenő mikroklín — és feltehetően a monacit és az apatit is — granitoid, illetve gneisz jelenlétére hívja fel a figyelmet a forrásterületen (pl. porfirios monzogranit, Mórágai Formáció; szemesgneisz, Ófalui Formáció; FÜLÖP 1994, CSÁSZÁR 2005).

A cirkonkristályok külső (pl. koptatottság, morfológiai típus) és belső szerkezeti (pl. zónásság, idős mag, továbbnövekedés, átkristályosodás) változatossága több, eltérő fejlődéstörténetű forráskőzet egyidejű lepusztulását valószínűsíti. A kis mennyiségben megjelenő sajátalakú kristályok valószínűleg közvetlenül az elsődleges forráskőzetből szállí-

tódtak a kora-jura üledékgyűjtő medencébe. A változó mértékben (gyengén–közepesen koptatott/rezorbeált szemcsék azonban valószínűleg idősebbek, áthalmazott üledékes, illetve metapelites eredetűek. Az erősen koptatott szemcsék alárendelt mennyisége alapján azonban valószínű, hogy a lepusztulási területen nem volt számottevő elterjedésben törmelékes üledékes kőzet a felszínen. Az oszcillációs zónásság általában a magmás kőzetekben kristályosodó cirkon jellegzetessége, (PIDGEON 1992; VAVRA 1993, 1994; CORFU et al. 2003), azonban azok a cirkonzemcsék, amelyekben a szabályos zónásság reliktumai foltszerű, „felhős” doménekkel együtt jelennek meg, az eredetileg magmás kristály metamorf körülmények közötti átalakulását jelzik (PIDGEON 1992, VAVRA et al. 1996). A lehordási terület kőzettani összetételének pontosítását és a két formáció összehasonlítását a továbbiakban a turmalin- és a gránátkristályok kémiai összetételére támaszkodva végezzük el.

Valamennyi vizsgált mintában a turmalinszemcsék uralkodóan koptatatlan jellege arra utal, hogy ezek a szemcsék nem szenvedtek üledékes áthalmazást, és forráskőzeteik közvetlen eróziójából származnak. A sörl–drávit sorozatnak megfelelő kémiai összetételük alapján granitoid (általában sörl típus) vagy metamorf forráskőzet (drávit típus) valószínűsíthető (HENRY & GUIDOTTI 1985, HENRY & DUTROW 1996). A zónás turmalinkristályok mag- és szegélyösszetétele közötti különbség nem számottevő, ami arra utal, hogy kristályosodásuk stabil metamorf körülmények között zajlott (vö. HENRY & DUTROW 1996). A turmalinszemcsék kémiai összetétele a Ca–Fe–Mg mezőre vetítve (9. ábra, a; HENRY & GUIDOTTI 1985) mind az Óbányai Aleurolitot képviselő Tu–3 és R–1 minták, mind a Mecseknádasdi Homokkőből származó FA–64 minta esetében metamorf eredetet bizonyít. A metamorf keletkezést támasztják alá a Zn- és Ti-koncentráció-értékek is (VIATOR 2003), a magmás eredetű turmalin aránya nem számottevő (9. ábra, b).

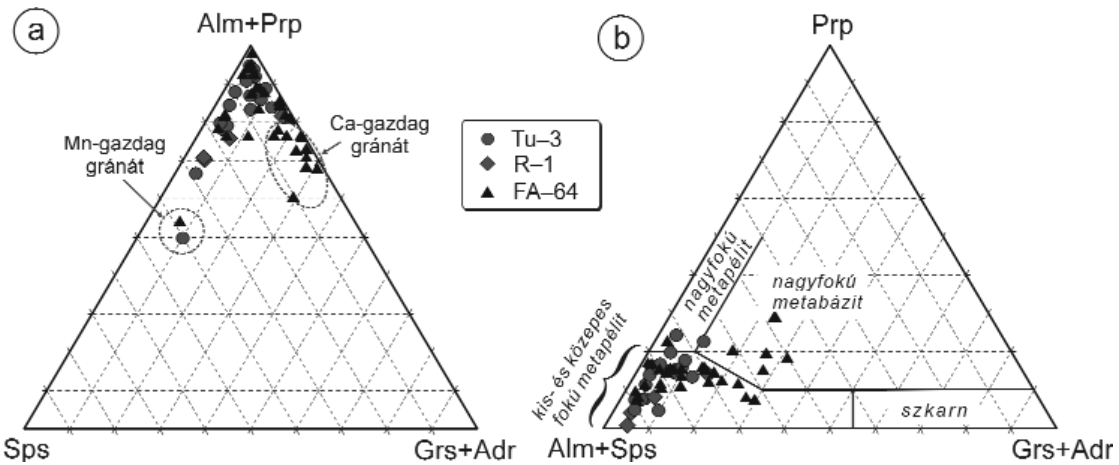


9. ábra. A turmalinkristályok kémiai összetétele és forráskőzete közötti kapcsolat

a) A szemcsék Ca-ban szegény, Mg-ban gazdag összetétele metamorf eredetet tükröz (HENRY & GUIDOTTI 1985 után, egyszerűsítve); b) A nyomelem-eloszlás, különösen az alacsony Zn-tartalom, szintén metamorf forrást valószínűsít (VIATOR 2003)

Figure 9. Source rock assignment of detrital tourmaline based on its chemistry

a) Ca-poor, Mg-rich compositions of the crystals point to their metamorphic origin (simplified after HENRY & GUIDOTTI 1985); b) Trace element patterns confirm this assignment; Zn-poor compositions at variable Ti levels are particularly characteristic for metamorphic tourmaline (VIATOR 2003)



10. ábra. a) A vizsgált gránátzemcsék összetétele a Sps-(Alm+Prp)-(Grs+Adr) háromszögdiagramban; b) A gránátkristályok főelemösszetétele és metamorf forrásközeete közötti kapcsolat (MORTON et al. 2003)

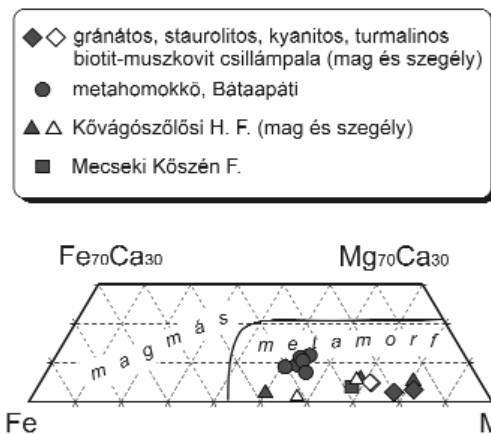
Figure 10. a) Compositions of studied garnets in the Sps-(Alm+Prp)-(Grs+Adr) ternary plot; b) Metamorphic source rock characteristics of garnet as deciphered from its major element chemistry (MORTON et al. 2003)

A gránátkristályok között valamennyi képződményben az Alm-gazdag összetételűek uralkodnak, a Sps-molekula részaránya azonban változó és elérheti a 40%-ot (10. ábra, a; III–V. melléklet). A Mecseknádasdi Homokkőben — kis mennyiségben — Ca-ban és Mg-ban gazdag gránát szintén kimutatható (Grs=22–28%; Prp=15–29%; 10. ábra). Az almandinggazdag gránát széles körülmények között kristályosodik — az alsó amfibolit fáciesig terjedő metamorfitek, illetve esetenként peraluminios granitoidok kőzetalkotó ásványa (pl. MORTON et al. 2003) — ezért a lehordási terület értelmezéséhez csak korlátozottan használható fel. A Mg-gazdag gránát egyaránt köthető magmás vagy kisérték metamorf kőzetekhez, mindamellett a regionális metamorfitekben származó gránát Mn-tartalma általában kisebb, mint a granitoidok és kontakt metamorfitek gránátjának Mn-tartalma (pl. KIRÁLY & TÖRÖK 2003 és a benne hivatkozott irodalmak). A vizsgált gránátkristályok főelemösszetétele és metamorf forrásközeete közötti kapcsolat feltárására az (Alm+Sps)-Prp-(Grs+Adr) diagramot (MORTON et al. 2003) alkalmaztuk (10. ábra, b). Az elemzett szemcsék többsége Barrow-típusú, kis-, illetve közepes fokú metapelitek lepusztulásából származhat; a forráskőzet gránátos csillámpala, gneisz és/vagy amfibolit lehetett. Nagyfokú metamorf (metabázit) eredetű túlközösítő (Prp- és Grs-molekulában gazdagabb) gránátkristályokat — kis mennyiségben — csak a Mecseknádasdi Homokkő tartalmaz (10. ábra, b). A nagyfokú metamorf körülmények között keletkezett gránát jellegzetessége a növekvő Mg-tartalom (MIYASHIRO 1953, MIYASHIRO & SHIDO 1973), a 20–30%-nál nagyobb Prp-tartalmú kristályok amfibolit (esetleg granulit) fáciesű forráskőzethez kapcsolhatóak.

Előzetes eredményeink alapján megállapítható, hogy a pliensbachi–alsó-toarci rétegsor terrigen komponense érett, felzikus összetételű kontinentális kéreg eróziójából származik. A lehordási terület felépítésében elsősorban Barrow-típusú kis-, illetve közepes fokú parametamorfitek, valamint — kisebb arányban — nagyfokú metabázitok (Mecseknádasdi Homokkő Formáció) és granitoidok vehettek részt.

Potenciális forrásközeetek

A Dél-Dunántúl kristályos aljzatát felépítő kőzetek ásványkémiai adatai közül turmalinelemzési eredményeket — ismereteink szerint — kizárólag TÖRÖK (1986) publikált. Ezen túlmenően a vizsgált terület metapelites és üledékes öszleteiben szórványos adatok állnak csak rendelkezésre a törmelékes turmalinkristályok kémiai összetételéről (SZTANÓ et al. 1988, DANI et al. 1991, HORVÁTH et al. 2003b). A korábbi adatokat a Ca–Fe–Mg összetételi mezőben ábrázolva megállapítható, hogy valamennyi szemcsé kémiai összetétele metamorf eredetű tükröz (11. ábra). A turmalinkristályokat általában a Mg-gazdag



11. ábra. A Dél-Dunántúlról származó metamorf, illetve törmelékes eredetű turmalinkristályok korábban publikált összetétele (HENRY & GUIDOTTI 1985 után, egyszerűsítve)

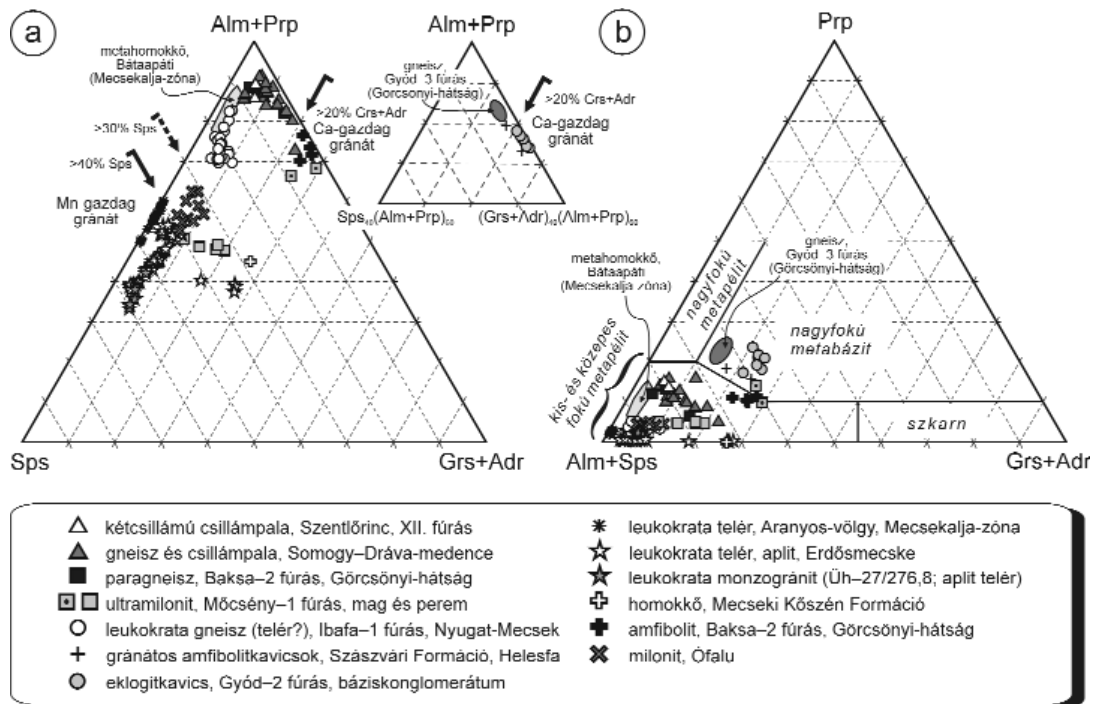
A feltüntetett kőzetek: csillámpala, XII. szerkezeti fűrés, Szentlőrinc (TÖRÖK 1986); metahomokkő, Bataapáti, Ba-4/2 (HORVÁTH et al. 2003b); Kővágószőlősi Homokkő Formáció, törmelékes turmalin (SZTANÓ et al. 1988); Mecseki Kőszén Formáció, pécsbányai külfejtés, É-i bányaudvar É-i része, homokkő, törmelékes turmalin (DANI et al. 1991)

Figure 11. Previously published data of metamorphic and detrital tourmalines from southern Transdanubia (simplified after HENRY & GUIDOTTI 1985)
Indicated rocks: mica schist, borehole No. XII, Szentlőrinc (Török 1986); metasandstone, Bataapáti, borehole Ba-4/2 (Horváth et al. 2003b); Kővágószőlős Sandstone Formation, detrital tourmaline (SZTANÓ et al. 1987); Mecsek Coal Formation, Pécsbánya quarry (northern part), sandstone, detrital tourmaline (DANI et al. 1991)

(drávit szélsőtághoz hasonló) összetétel jellemzi. A bátaapáti metahomokkőből származó szemcsék Ca-tartalma a legnagyobb, azonban a rendelkezésre álló kevés adat miatt ez a különbség nem tekinthető meghatározó jellemzőnek.

A gránát kémiai összetételét széles körben alkalmazták a dél-dunántúli metamorf (TÖRÖK 1986, 1990, 1992; ÁRKAI et al. 1999; LELKES-FELVÁRI et al. 2000; KIRÁLY 2002; HORVÁTH et al. 2003a), illetve magmás (KIRÁLY 2002, HORVÁTH et al. 2003b, KIRÁLY & TÖRÖK 2003) befoglaló kőzetek képződési körülményeinek a feltárására, ezért — a teljesség igénye nélkül — viszonylag nagy összehasonlító adatbázis állt rendelkezésünkre. A Dél-Dunántúlról származó kőzetek gránátjainak összetétele a Sps-(Alm+Prp)-(Grs+Adr) diagramban három fő csoportba sorolható (12. ábra, a). Az első csoportot az Alm+Prp csúcs közelében elhelyezkedő, Mn- és/vagy Ca-szegény gránátot tartalmazó kőzetek alkotják. Ide sorolhatók a Babócsai- és a Baksai-szubterrénium (Szlávóniai-Drávai-terrénium, Babócsai és Baksai Komplexum,

illetve Görgetegi és Görcsönyi Kristályospala; FÜLÖP 1994, CSÁSZÁR 2005) — alapvetően Barrow-típusú metamorfotokból felépülő — kristályos aljátat képviselő minták (gneisz és csillámpala; TÖRÖK 1986, 1990, 1992; ÁRKAI et al. 1999; KIRÁLY 2002). A Sps-(Alm+Prp)-(Grs+Adr) összetételi síkban ezekre a mintákra a 10%-nál kisebb Sps-, illetve a 20%-nál kisebb (Grs+Adr)-tartalom a jellemző. Önálló alcsoportként különülnek el a nyugat-mecseki gneiszből és a Mecsekalja-zónából, metahomokkőből származó Ca-szegény gránatkristályok (<10% Grs+Adr), amelyek Sps-tartalma általában 10–20% közötti (KIRÁLY 2002). A második csoportba a Baksai Komplexumból származó amfibolit- és eklogitminták gránatkristályai sorolhatók, amelyeket kb. 20%-nál nagyobb (Grs+Adr)-tartalom és 10%-nál kisebb Sps-tartalom jellemez (HORVÁTH et al. 2003a, M. TÓTH 2007, publikálatlan adatok). Hasonló összetételű továbbá a Mecsekalja-zónából származó ultramilonit gránatkristályainak a magja (LELKES-FELVÁRI et al. 2000). A harmadik fő csoportot a Mn-gazdag gránátot tartalmazó kőzetek

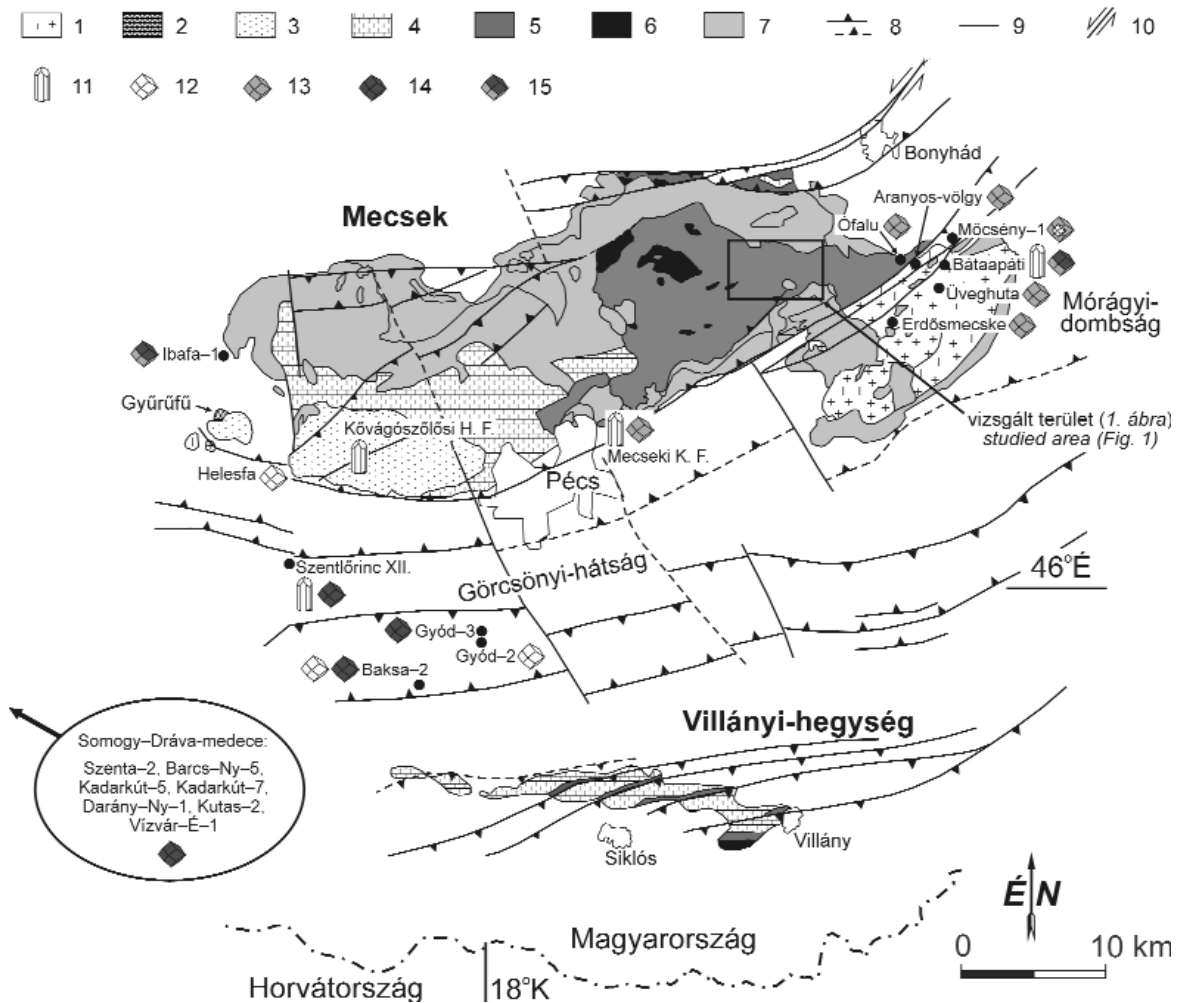


12. ábra. A Dél-Dunántúlról származó gránatkristályok összetétele. A szélsőtághoz meghatározásánál MUHLING & GRIFFIN (1991) módszerét követtük. a) A gránátösszetétel a Sps-(Alm+Prp)-(Grs+Adr) háromszögdiagramban; b) A gránatkristályok főelemösszetétele és metamorf forráskőzete közötti kapcsolat (MORTON et al. 2003)

A feltüntetett kőzetek: csillámpala, XII. szerkezeti fúrás, Szentlőrinc (TÖRÖK 1986); gneisz és csillámpala, Somogy-Dráva-medence (TÖRÖK 1990, 1992); paragneisz, Baksa-2 fúrás (ÁRKAI et al. 1999); ultramilonit, Mőcsény-1 fúrás (LELKES-FELVÁRI et al. 2000); metahomokkő (Bátaapáti), gneisz, Győd-3 és Ibafa-1 fúrás (KIRÁLY 2002); gránátos amfibolit- és eklogitkavics (HORVÁTH et al. 2003a); leukokrata telér (aplit, mórági granitoid), Aranyos-völgy és Erdősmecke (KIRÁLY 2002); leukokrata monzogranit (aplit telér), Üvegputa (HORVÁTH et al. 2003b); Mecseki Kőszén Formáció, pécsbányai külfejtés, É-i bányaudvar É-i része, homokkő, törlemelés gránát (DANI et al. 1991); amfibolit (Baksa-2 fúrás) és ófalui milonit (M. TÓTH 2007, publikálatlan adatok)

Figure 12. Compositions of garnets from southern Transdanubia. End-member assignment follows MUHLING & GRIFFIN (1991). a) Compositions of garnets in the Sps-(Alm+Prp)-(Grs+Adr) ternary plot; b) Metamorphic source rock characteristics of garnet as deciphered from its major element chemistry (MORTON et al. 2003)

Indicated rocks: mica schist, borehole No. XII, Szentlőrinc (TÖRÖK 1986); gneiss and mica schist, Somogy-Dráva basin (TÖRÖK 1990, 1992); paragneiss, borehole Baksa-2 (ÁRKAI et al. 1999); ultramylonite, borehole Mőcsény-1 (LELKES-FELVÁRI et al. 2000); metasandstone (Bátaapáti), gneiss, boreholes Győd-3 and Ibafa-1 (KIRÁLY 2002); garnet amphibolite and eclogite pebbles (HORVÁTH et al. 2003a); aplitic dyke rocks of the Mórág granitoid near Aranyos valley and Erdősmecke (KIRÁLY 2002); leucocratic monzogranite (aplitic dyke), Üvegputa (HORVÁTH et al. 2003b); Mecsek Coal Formation, Pécsbánya quarry (northern part), sandstone, detrital garnet (DANI et al. 1991); amphibolite (borehole Baksa-2) and mylonite (Ófalu) (M. TÓTH 2007, unpublished data)



13. ábra. A Mecsek egyszerűsített földtani térképe NAGY (1968) alapján, CSONTOS et al. (2002) szerkezetföldtani adatainak felhasználásával. Jelmagyarázat: 1 – gránit; 2 – permiai riolit (Győrűfű); 3 – perm; 4 – triász; 5 – jura; 6 – kréta; 7 – neogén; 8 – térképezett/feltételezett áttolódás; 9 – transzformvető; 10 – oldaleltolódás; 11 – metamorf, illetve törmelékes eredetű turmalinkristályok korábban publikált összetétele (l. 11. ábra); 12–15 – publikált gránátösszetételek (l. 12. ábra): 12 – Ca-gazdag gránát; 13 – Mn-gazdag gránát; 14 – Fe-gazdag gránát, 15 – Fe-Mn-gazdag gránát

Figure 13. Simplified geological map of the Mecsek Hills, modified after NAGY (1968) with structural geological data of CSONTOS et al. (2002)

Legend: 1 – granite; 2 – Permian rhyolite (near Győrűfű); 3 – Permian; 4 – Triassic; 5 – Jurassic; 6 – Cretaceous; 7 – Neogene; 8 – thrust mapped/supposed; 9 – transfer fault; 10 – strike slip fault; 11 – previous published data of metamorphic and detrital tourmalines (see Figure 11); 12–15 – previous published data of garnets (see Figure 12): 12 – Ca-rich garnet; 13 – Mn-rich garnet; 14 – Fe-rich garnet; 15 – Fe-Mn-garnet

alkotják (12. ábra, a). Ezen belül a Mecsekalja-zónából származó milonitot és ultramilonitot (gránát perem) képviselő gránátok (LELKES-FELVÁRI et al. 2000, M. TÓTH 2007, publikálatlan adatok) Sps-tartalma a Sps-(Alm+Prp)-(Grs+Adr) összetételei síkban 30–40% közötti; míg a Mecsekalja-zónából és a mórágymérségi régióból, apatitokból származó gránátot általában 40% feletti Sps-tartalom jellemzi (KIRÁLY 2002, HORVÁTH et al. 2003b).

Az (Alm+Sps)-Prp-(Grs+Adr) diagramban (MORTON et al. 2003) mind a Mn- és/vagy Ca-szegény, mind a Mn-gazdag gránátot tartalmazó csoport mintái a kis- és közepes fokú metapelit forrásközetnek megfelelő mezőbe esnek. A viszonylag nagy Ca-tartalmú és kis Mn-tartalmú minták (amfibolit, eklogit, gneisz a Gyód-3 fúrásból) nagyfokú metabázis eredetnek megfelelő összetételt tükröznek (12. ábra, b).

A vizsgált alsó-jura képződmények forrásterületének lokalizációja

A pliensbachi–alsó-toarci rétegsorból származó minták nehézasványainak és a potenciális forrásközetek jellegzetes ásványainak kémiai összetételét összehasonlítva feltételezhető (9–13. ábra), hogy — mind a Mecseknádasdi Homokkő, mind az Óbányai Aleurolit képződményeinek felhalmozódásakor — a lehordási területen elsősorban gneisz és csillámpala eróziója zajlott. A nehézasvány-együttesben ezt a cirkon (kerekített, metamorf átkristályosodást jelző, illetve idősebb magot tartalmazó szemcsék), a turmalin, a Mn- és/vagy Ca-szegény gránát és a staurolit (± apatit és rutil) jelzi. Az alárendelten mindkét formációban megjelenő Mn-gazdag gránát granitoid közettípusok (pl. peraluminiumos gránitok, illetve késői differenciátumok, apatitellerek) lepusztulására utal, de származhat kisfokú retrográd metamorfotokból is. A

granitoidokhoz kapcsolható a sajátalakú cirkonkristályok és a monacit (\pm apatit) megjelenése, de ezen ásványok szintén származtathatók regionális metamorfítokból. A pliensbachi Mecseknádasdi Homokkő Formáció nagyfokú, metabázisos forrásközetre utaló gránátpopulációt tartalmaz, ami rokonítható a Görcsönyi-hátság területéről ismert amfibolit–eklogit kőzetegyüttesrel (13. ábra). Figyelemre méltó, hogy az Óbányai Aleurolit Formáció alsó-toarci részének nehézasvány-együttesében ez a gránátpopuláció nem jelenik meg, ami egyrészt a fiatalabb képződmény disztális jellegének következménye lehet (a távolabbi üledékgyűjtő medencébe nem jutott el), másrészt a nagyfokú metamorfítok teljes eróziójával, vagy a vízgyűjtő-üledékszállító rendszer mintázatában a kora-toarcira bekövetkezett változással magyarázható.

A korábbi kutatások összefoglaló eredményei alapján a Görcsönyi Kristályospala (Baksai Komplexum, fontosabb kőzettípusok: kétsillámú gneisz, kétsillámú csillámpala, kloritpala, márvány, dolomárvány, eklogit; CSÁSZÁR 2005) kifejlődési területén a mikroklinkképződéssel társult gránitosodás is aktív volt, illetve a késő orogén aplit benyomulásával kapcsolatos kontaktmetamorfózis a karbonátos kőzetekben grosszulárt és diopszidot tartalmazó szaruszirt zónát hozott létre (FÜLÖP 1994). Figyelembe véve (1) a koptatatlan nehézasványok (pl. turmalin) alapján feltételezhető kis szállítási távolságot; (2) a kora-kretában biztosan (CSÁSZÁR 2005) és a kora-jurában is nagy valószínűséggel a mecseki üledékgyűjtőtől — jelen orientáció szerint — délre elhelyezkedő, kristályos képződményekből felépülő szárazulatot (CSÁSZÁR et al. 2007), továbbá (3) az alsó-toarci rétegsor lerakódása során feltételezett intenzív kontinentális mállást (RAUCSIK & VARGA 2008a, 2008b), a vizsgált minták viszonylag stabil ásványokból álló nehézasvány-együttese a Görcsönyi-hátság irányából, illetve ahhoz hasonló összetételű terület eróziójából származhat.

Következtetések

Eredményeink alapján a mecseki pliensbachi–alsó-toarci rétegsor zagyárüledékekkel váltakozó, hemipelágikus kőzetegyüttesének (Mecseknádasdi Homokkő, illetve Óbányai Aleurolit Formáció) terrigén komponense érett, felzikus összetételű kontinentális kéreg eróziójából szár-

mazik. A lehordási terület felépítésében elsősorban Barrow-típusú, kis-, illetve közepes fokú parametamorfítok, valamint — kisebb arányban — granitoidok vehettek részt. A Mecseknádasdi Homokkő Formáció nehézasvány-együttese alapján a lepusztulási térszínen nagyfokú metabázit eróziója szintén kimutatható. A sziliciklasztos törmelekmény — jelen orientáció szerint — délies irányból, a Görcsönyi-hátság irányából, illetve ahhoz hasonló összetételű területről érkezhetett a kora-jura (késő-pliensbachi–kora-toarci) üledékgyűjtőbe. A lepusztulási terület kőzetegyütteseit döntően gneisz és csillámpala (amelyek a Görcsönyi Kristályospala Formációval rokoníthatók), alárendelten késői granitoid differenciátumok, továbbá amfibolit–eklogit alkotották.

A rendelkezésünkre álló kisszámú összehasonlító adat alapján tágabb ősföldrajzi következtetések levonására egyelőre nincs lehetőség. Előzetes eredményeink azonban felhívják a figyelmet arra, hogy nagyobb mintaszám esetén az alsó-jura rétegsor nehézasvány-együttesének minőségi és mennyiségi összetételének vizsgálatával (pl. gránatkémiai adatok összehasonlítása) lehetőség nyílik a mecseki üledékgyűjtő ősföldrajzi kapcsolatának feltárására, továbbá a lehordási terület jellegében bekövetkező ősföldrajzi és öskörnyezeti változások követésére.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka anyagi háttérét az OTKA T 047195 (témavezető: RAUCSIK Béla) és T 062468 (témavezető: CSÁSZÁR Géza) nyilvántartási számú témák biztosították. A mészvázú nanofossziliák meghatározásáért a szerzők Emanuela MATTIOLINAK mondanak köszönetet. A környezeti pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokban ORAVETZ Dezső nyújtott segítséget.

Az üveghutai granitoid képződmények ásványkémiai vizsgálata során a metahomokkőből származó turmalin, továbbá a monzogranitból származó gránát kémiai összetételi eredményeit a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság engedélyével használtuk fel. A szerzők köszönetet mondanak BALLA Zoltánnak, KIRÁLY Editnek, KOROKNAI Balázsnak, M. TÓTH Tivadarnak és SZAKMÁNY Györgynek a munka különböző fázisai során nyújtott segítségükért.

Irodalom — References

- ÁRKAI, P., HORVÁTH, P. & NAGY, G. 1999: A Clockwise P-T Path from the Variscan Basement of the Tisza Unit, Pannonian Basin, Hungary. — *Geologica Croatica* **52/2**, 109–117.
- BALDANZA, A., BUCEFALO PALLIANI, R. & MATTIOLI, E. 1995: Lower Jurassic calcareous nanofossils and dinoflagellate cysts of Hungary and their comparison with assemblages from Central Italy. — *Palaeopelagos* **5**, 161–174.
- BOWN, P. R. 1987: Taxonomy, evolution, and biostratigraphy of Late Triassic – Early Jurassic calcareous nanofossils. — *Special Papers in Palaeontology* **38**, 1–118.
- CORFU F., HANCHAR J. M., HOSKIN, P. W. O. & KINNY, P. 2003: Atlas of zircon textures. — In: HANCHAR, J. M. & HOSKIN, P. W. O. (eds) *Zircon*. — *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **53**, 469–495.
- CRITELLI, S., LE PERA, E., GALLUZZO, F., MILLI, S., MOSCATELLI, M., PERROTTA, S. & SANTANTONIO, M. 2007: Interpreting siliciclastic-carbonate detrital modes in foreland basin systems: An example from Upper Miocene arenites of the central Apennines, Italy. — In:

- ARRIBAS, J., CRITELLI, S. & JOHNSON, M. J. (eds): Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry. — *Geological Society of America Special Paper* **420**, 107–133.
- CSÁSZÁR G. 2005: Magyarország és környezetének regionális földtana, I. Paleozoikum–paleogén. — Egyetemi tankönyv, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 328 p.
- CSÁSZÁR G., GÖRÖG Á., GYURICZA GY., SIEGLNÉ FARKAS Á., SZENTE, I. & SZINGER B. 2007: A Vasasi Márga földtani, őslénytani és üledékföldtani jellegei a Zsibrik és Ófalu közötti területen. — *Földtani Közlöny* **137/2**, 193–226.
- CSONTOS, L., BENKOVICS, L., BERGERAT, F., MANSY, J. & WÖRUM, G. 2002. Tertiary deformation history from seismic section study and fault analysis in a former European Tethyan margin (the Mecsek–Villány area, SW Hungary). — *Tectonophysics* **357**, 81–102.
- DANI Z., GERMÁN J. & HALMÓCZKI SZ. 1991: A Mecseki Kőszén Formáció kőszéntelepei között települő homokkövek vizsgálata a Karolina-völgyben és a pécsbányai külfejtésben. — Terepgyakorlati jelentés, ELTE, Budapest, 23 p.
- DULAI A., SUBA ZS. & SZARKA A. 1992: Toarci (alsójura) szervesanyagdús fekete pala a mecseki Réka-völgyben. — *Földtani Közlöny* **122/1**, 67–87.
- FORGÓ L., MOLDVAY L., STEFANOVITS P. & WEIN GY. 1966: Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához. L–34–XIII. Pécs. — MÁFI kiadvány, Budapest
- FÜLÖP J. 1994: Magyarország geológiája. Paleozoikum II. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 275–321.
- GALÁCS A. 1991: A Mecsek-hegységi toarci fekete pala őslénytani vizsgálata. — *Kézirat* *jelentés*, ELTE Őslénytani Tanszék, 1–32. (I–V. tábla)
- GARZANTI, E. & VEZZOLI, G. 2003: A classification of metamorphic grains in sands based on their composition and grade. — *Journal of Sedimentary Research* **73/5**, 830–837.
- GÖTZE, J. & ZIMMERLE, W. 2000: Quartz and silica as guide to provenance in sediments and sedimentary rocks. — *Contributions to Sedimentary Geology* **21**, 1–91.
- HENRY, D. J. & GUIDOTTI, C. V. 1985: Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine. — *American Mineralogist* **70**, 1–15.
- HENRY, D. J. & DUTROW, B. L. 1996: Metamorphic tourmaline and its petrologic applications. — In: ANOWITZ, L. & GREW, E. (eds.): Boron: Mineralogy, Petrology and Geochemistry. — *Mineralogical Society of America* **33**, 503–557.
- HORVÁTH, P., KOVÁCS, G. & SZAKMÁNY, GY. 2003a: Eclogite and garnet amphibolite pebbles from Miocene conglomerates (Pannonian Basin, Hungary): implications for the Variscan metamorphic evolution of the Tisza Megaunit. — *Geologica Carpathica* **54/6**, 355–366.
- HORVÁTH P., NAGY G., DEMÉNY A. & ÁRKAI P. 2003b: Kutatási jelentés az „Üveghutai granitoid képződményekből készült vékonycsiszolatok ásványfajtáinak elektron mikroszondás vizsgálatáról”. — Kézirat, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, Tekt. 961.
- KIRÁLY E. 2002: A Nyugat-Mecsek, a Göröcsönyi-hátság, a Mecsekalja-zóna és a Mórágai régió amfibol-tartalmú kőzeteinek fejlődéstörténete vékonycsiszolatos, elektron-mikroszondás és geokémiai vizsgálatok alapján. — Doktori értekezés, Kézirat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 182 p.
- KIRÁLY, E. & TÖRÖK, K. 2003: Magmatic garnet in deformed aplite dykes from the Mórágai granitoids, SE-Transdanubia, Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **46/3**, 239–254.
- KRYNINE, P. D. 1946: The tourmaline group in sediments. — *Journal of Geology* **54/2**, 65–87.
- LELKES-FELVÁRI, GY., ÁRKAI, P., FRANK, W. & NAGY, G. 2000: Late Variscan ultramylonite from the Mórágai Hills, SE Mecsek Mts., Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **43/1**, 65–84.
- MATTIOLI, E. & ERBA, E. 1999: Synthesis of calcareous nannofossil events in tethyan Lower and Middle Jurassic successions. — *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* **105/3**, 343–376.
- MIYASHIRO, A. 1953: Calcium-poor garnet in relation to metamorphism. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* **4**, 179–208.
- MIYASHIRO, A. & SHIDO, F. 1973: Progressive compositional change of garnet in metapelite. — *Lithos* **6**, 13–20.
- MORTON, A. C., ALLEN, M., SIMMONS, M., SPATHOPOULOS, F., STILL, J., HINDS, D., ISMAIL-ZADEH, A. & KROONENBERG, S. 2003: Provenance patterns in a neotectonic basin: Pliocene and Quaternary sediment supply to the South Caspian. — *Basin Research*, **15**, 321–337.
- MUHLING, J. R. & GRIFFIN, B. J. 1991: On recasting garnet analyses into end-member molecules — revisited. — *Computers & Geosciences* **17/1**, 161–170.
- NAGY, E. 1968: A Mecsek hegység triász időségi képződményei. — *MÁFI Évkönyv* **51/1**, 198 p.
- NÉMEDI VARGA Z. 1998: A Mecsek- és a Villányi egység jura képződményeinek rétegtana. — In: BÉRCZI I. & JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*, MOL Rt. és MÁFI kiadvány, Budapest, 319–336.
- PIDGEON, R. T. 1992: Recrystallisation of oscillatory zoned zircon, some geochronological and petrological implications. — *Contributions to Mineralogy and Petrology* **110**, 463–472.
- RAUCSIK, B. & MERÉNYI, L. 2000: Origin and environmental significance of clay minerals in the Lower Jurassic formations of the Mecsek Mts, Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **43/4**, 405–429.
- RAUCSIK, B. & VARGA, A. 2002: Facies types, provenance and controls on the deposition of a mixed carbonate–siliciclastic sequence, Pliensbachian, Mecsek Mts. (Hungary). — *6th International Symposium on the Jurassic System, Mondello, Italy, Abstracts and Program*, 149–150.
- RAUCSIK B. & VARGA A. 2008a: Az alsó-toarci feketepala Réka-völgyi szelvényének ásványtani jellemzése (Óbányai Aleurolit Formáció, Mecsek hegység): ősségajlattani következtetések. — *Földtani Közlöny* **138/2**, 133–146.
- RAUCSIK, B. & VARGA, A. 2008b: Climato-environmental controls on clay mineralogy of the Hettangian–Bajocian successions of the Mecsek Mountains, Hungary: an evidence for extreme continental weathering during the early Toarcian oceanic anoxic event. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **265**, 1–13.

- SZTANÓ, O., BODÓ, K., BARTHA, A. & GÁL-SOLYMOS, K. 1988: Electron microprobe analysis of tourmaline grains, Mecsek Mountains, Hungary. — *Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged* **29**, 27–33.
- TÖRÖK K. 1986: Adatok a Dél-Dunántúl kristályos aljzatának felépítéséhez. — Diplomadolgozat, ELTE Kőzettani és Geokémiai Tanszék, Budapest, 75 p.
- TÖRÖK, K. 1990: New data on the geothermometry and geobarometry of the Somogy–Dráva Basin, SW Transdanubia, Hungary. — *Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged* **31**, 13–23.
- TÖRÖK K. 1992: A Somogy–Dráva-medence kristályos aljzatának kőzettani-geokémiai vizsgálata. — Kandidátusi értekezés, ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 140 p.
- VARGA A., RAUCSIK B., HÁMORNÉ VIDÓ M. & ROSTÁSI Á. 2007: Az Óbányai Aleurolit Formáció fekete palájának izotópgeokémiai és szénhidrogén-genetikai jellemzése. — *Földtani Közlemények* **137/4**, 449–472.

Mellékletek — Appendix

I. melléklet. Törmelékes turmalinkristályok kémiai elemzési eredményei (%) és számolt képlete, Óbányai Aleurolit Formáció

Appendix I. Chemical composition (wt%) and structural formula of detrital tourmaline, Óbánya Siltstone Formation

Minta	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃ *	ZnO	FeO	MnO	V ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
TU3tur-1	35,03	0,77	31,06	10,40	0,05	4,67	0,00	0,04	8,96	0,66	2,52	0,04	94,20
TU3tur-2	34,21	0,90	34,13	10,46	0,03	6,60	0,03	0,09	6,07	1,20	1,39	0,04	95,16
TU3tur-3	34,82	0,29	35,47	10,41	0,07	9,77	0,04	0,00	2,88	0,08	1,40	0,03	95,27
TU3tur-4	34,22	0,95	33,70	10,43	0,04	5,75	0,02	0,04	6,64	0,78	1,99	0,02	94,58
TU3tur-5	33,45	1,45	33,86	10,37	0,03	7,84	0,00	0,10	5,12	1,10	1,73	0,07	95,13
TU3tur-6	35,07	0,72	31,48	10,47	0,03	4,03	0,01	0,02	9,31	1,16	2,25	0,02	94,57
TU3tur-7	34,41	0,65	34,49	10,43	0,04	7,28	0,03	0,04	5,19	0,41	1,97	0,04	95,00
TU3tur-8	34,11	1,25	33,09	10,44	0,03	6,55	0,03	0,15	6,57	1,49	1,41	0,05	95,18
TU3tur-9	34,98	0,62	31,53	10,39	0,04	6,89	0,04	0,05	7,26	0,59	2,56	0,04	94,98
R1tur-1	34,61	0,82	32,49	10,43	0,05	5,63	0,01	0,04	7,54	0,69	2,37	0,02	94,70
R1tur-2c	35,47	0,58	31,39	10,49	0,07	4,43	0,01	0,04	9,19	0,31	2,82	0,02	94,83
R1tur-2r	35,38	0,62	31,61	10,53	0,04	4,48	0,00	0,04	9,32	0,37	2,80	0,02	95,21
R1tur-3c	34,08	0,91	34,30	10,38	0,00	7,43	0,03	0,07	4,95	0,64	1,83	0,04	94,68
R1tur-3r	34,10	0,58	34,86	10,39	0,04	7,26	0,03	0,04	4,92	0,47	1,75	0,03	94,47
R1tur-4	35,00	0,41	32,99	10,38	0,00	6,80	0,02	0,06	6,20	0,43	1,96	0,03	94,28
R1tur-5	34,17	1,41	30,85	10,28	0,08	8,79	0,01	0,01	6,12	1,29	2,00	0,08	95,10
R1tur-6	34,90	0,80	33,19	10,44	0,02	6,13	0,00	0,03	6,59	0,32	2,27	0,00	94,70
R1tur-7c	34,47	0,79	33,35	10,33	0,04	8,26	0,04	0,03	4,82	0,22	2,08	0,04	94,47
R1tur-7r	33,57	1,06	33,55	10,27	0,02	8,25	0,03	0,02	4,79	0,77	1,81	0,05	94,17
R1tur-8	33,69	0,50	31,94	10,37	0,01	1,61	0,02	3,07	8,90	1,22	1,97	0,07	93,36
R1tur-9c	33,19	0,35	33,44	10,05	0,13	15,33	0,15	0,00	0,31	0,12	2,00	0,04	95,11
R1tur-9r	34,10	0,99	34,54	10,48	0,03	6,37	0,04	0,08	5,98	1,10	1,37	0,05	95,12
R1tur-10	34,83	0,73	32,22	10,37	0,06	8,03	0,02	0,06	6,05	0,67	1,92	0,02	94,97
R1tur-11c	34,99	0,68	31,80	10,43	0,02	5,03	0,00	0,04	8,42	0,71	2,32	0,01	94,47
R1tur-11r1	35,04	0,76	31,46	10,47	0,03	4,22	0,01	0,04	9,23	0,60	2,76	0,03	94,65
R1tur-11r2	34,44	0,72	32,92	10,42	0,00	5,27	0,02	0,05	7,62	0,73	2,16	0,02	94,38
R1tur-12c	34,34	0,90	33,74	10,42	0,04	6,33	0,02	0,06	6,17	0,81	1,81	0,04	94,68
R1tur-12r	34,97	0,69	33,89	10,55	0,01	5,02	0,00	0,05	7,13	0,67	2,21	0,06	95,25
R1tur-13	34,95	0,08	31,08	10,29	0,00	8,27	0,03	0,06	6,54	1,01	2,26	0,02	94,60
R1tur-14	35,07	0,79	31,79	10,54	0,03	3,73	0,00	0,06	9,39	2,05	1,68	0,06	95,19

A B koncentrációját számolással határoztuk meg, 3 B-atomot véve alapul az egységnyi képletben. A képleteket 24,5 O-atomra vonatkoztatva, T+Z+Y=15 alapján számoltuk (HENRY & DUTROW 1996). Az összes vas mennyiségét a Fe²⁺-ionhoz rendeltük. Rövidítések: TU3 = hibrid arenit; R1 = feketepala; c = mag; r = szegély

B₂O₃ concentration was calculated assuming 3 B atoms per formula unit (apfu). All analyses were recalculated on the basis of 24.5 O apfu, assuming T+Z+Y=15 (HENRY & DUTROW 1996). All Fe was assigned to Fe²⁺. Abbreviations: TU3 = hybrid arenite; R1 = black shale; c = core; r = rim. Note: decimal commas were used.

- VAVRA, G. 1993: A guide to quantitative morphology of accessory zircon. — *Chemical Geology* **110**, 15–28.
- VAVRA, G. 1994: Systematics of internal zircon morphology in major Variscan granitoid types. — *Contributions to Mineralogy and Petrology* **117**, 331–344.
- VAVRA, G., GEBAUER, D., SCHMID, R. & COMPSTON W. 1996: Multiple zircon growth and recrystallization during polyphase Late Carboniferous to Triassic metamorphism in granulites of the Ivrea Zone (Southern Alps): an ion microprobe (SHRIMP) study. — *Contributions to Mineralogy and Petrology* **122**, 337–358.
- VIATOR, D. B. 2003: Detrital tourmaline as an indicator of provenance: a chemical and sedimentological study of modern sands from the Black Hills, South Dakota. — MSc Thesis, Louisiana State University, Baton Rouge, 139 p.
- ZUFFA, G. G. 1980: Hybrid arenites: Their composition and classification. — *Journal of Sedimentary Petrology* **50**, 21–29.
- Kézirat beérkezett: 2008. 08. 18.

I. melléklet. folytatás

Appendix I. continuation

Minta	B	Si	^T Al	^Z Al	V	^Y Al	Ti	Zn	Fe _t ²⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	^x Total
TU3tur-1	3,000	5,868	0,132	5,994	0,006	0,007	0,097	0,006	0,654	0,000	2,237	0,119	0,819	0,008	0,946
TU3tur-2	3,000	5,715	0,285	5,988	0,012	0,446	0,113	0,004	0,922	0,004	1,512	0,214	0,451	0,009	0,675
TU3tur-3	3,000	5,843	0,157	6,000	0,000	0,857	0,036	0,008	1,371	0,006	0,721	0,015	0,457	0,007	0,479
TU3tur-4	3,000	5,740	0,260	5,994	0,006	0,407	0,119	0,005	0,807	0,002	1,660	0,139	0,648	0,005	0,792
TU3tur-5	3,000	5,653	0,347	5,987	0,013	0,412	0,184	0,004	1,109	0,000	1,290	0,200	0,567	0,015	0,782
TU3tur-6	3,000	5,844	0,156	5,997	0,003	0,029	0,091	0,004	0,561	0,001	2,313	0,207	0,725	0,003	0,936
TU3tur-7	3,000	5,769	0,231	5,995	0,005	0,590	0,082	0,005	1,021	0,005	1,297	0,073	0,641	0,008	0,722
TU3tur-8	3,000	5,717	0,283	5,979	0,021	0,275	0,158	0,004	0,918	0,004	1,641	0,267	0,460	0,011	0,738
TU3tur-9	3,000	5,877	0,123	5,994	0,006	0,126	0,078	0,004	0,969	0,005	1,818	0,106	0,833	0,009	0,948
R1tur-1	3,000	5,798	0,202	5,995	0,005	0,218	0,103	0,006	0,788	0,001	1,884	0,125	0,770	0,005	0,899
R1tur-2c	3,000	5,886	0,114	5,994	0,006	0,029	0,072	0,008	0,615	0,002	2,274	0,056	0,906	0,004	0,966
R1tur-2r	3,000	5,845	0,155	5,993	0,006	0,006	0,077	0,005	0,618	0,000	2,295	0,065	0,896	0,004	0,966
R1tur-3c	3,000	5,752	0,248	5,990	0,010	0,585	0,116	0,000	1,049	0,004	1,247	0,116	0,600	0,008	0,725
R1tur-3r	3,000	5,739	0,261	5,995	0,005	0,660	0,074	0,005	1,022	0,004	1,235	0,085	0,571	0,006	0,662
R1tur-4	3,000	5,886	0,114	5,992	0,008	0,433	0,052	0,000	0,957	0,003	1,555	0,077	0,638	0,007	0,722
R1tur-5	3,000	5,815	0,185	5,998	0,002	0,004	0,181	0,010	1,251	0,001	1,553	0,235	0,661	0,017	0,912
R1tur-6	3,000	5,841	0,159	5,996	0,004	0,395	0,101	0,002	0,858	0,001	1,644	0,058	0,737	0,000	0,795
R1tur-7c	3,000	5,839	0,161	5,996	0,004	0,501	0,101	0,004	1,170	0,006	1,217	0,041	0,683	0,009	0,733
R1tur-7r	3,000	5,723	0,277	5,997	0,003	0,467	0,136	0,002	1,176	0,004	1,216	0,140	0,600	0,010	0,749
R1tur-8	3,000	5,691	0,309	5,584	0,416	0,465	0,063	0,001	0,227	0,003	2,241	0,220	0,647	0,014	0,881
R1tur-9c	3,000	5,764	0,236	5,999	0,001	0,609	0,045	0,017	2,226	0,021	0,081	0,023	0,674	0,009	0,706
R1tur-9r	3,000	5,688	0,312	5,989	0,011	0,491	0,124	0,003	0,888	0,006	1,488	0,197	0,444	0,010	0,651
R1tur-10	3,000	5,858	0,142	5,992	0,008	0,251	0,093	0,008	1,129	0,002	1,517	0,121	0,626	0,005	0,752
R1tur-11c	3,000	5,845	0,155	5,995	0,005	0,112	0,086	0,003	0,703	0,000	2,097	0,127	0,752	0,001	0,881
R1tur-11r1	3,000	5,837	0,163	5,994	0,006	0,019	0,095	0,004	0,588	0,001	2,293	0,108	0,890	0,006	1,004
R1tur-11r2	3,000	5,766	0,234	5,993	0,007	0,268	0,091	0,000	0,737	0,003	1,901	0,132	0,701	0,004	0,837
R1tur-12c	3,000	5,764	0,236	5,992	0,008	0,447	0,114	0,004	0,888	0,003	1,544	0,146	0,588	0,009	0,743
R1tur-12r	3,000	5,809	0,191	5,994	0,006	0,450	0,086	0,001	0,698	0,000	1,765	0,120	0,713	0,013	0,847
R1tur-13	3,000	5,932	0,068	5,992	0,008	0,157	0,010	0,000	1,173	0,004	1,655	0,184	0,743	0,005	0,932
R1tur-14	3,000	5,824	0,176	5,993	0,007	0,055	0,099	0,004	0,519	0,000	2,324	0,364	0,541	0,013	0,918

II. melléklet. Törmelékes turmalinkristályok kémiai elemzési eredményei (%) és számolt képlete, Mecseknádasdi Homokkő Formáció

Appendix II. Chemical composition (wt%) and structural formula of detrital tourmaline, Mecseknádasd Sandstone Formation

Minta	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃ *	ZnO	FeO	MnO	V ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
FA64tur-1	34,79	0,93	32,27	10,45	0,02	5,23	0,00	0,04	7,87	1,00	2,07	0,03	94,70
FA64tur-2	34,41	0,89	32,87	10,41	0,03	6,11	0,00	0,02	6,92	0,78	2,25	0,04	94,72
FA64tur-3	35,34	0,56	31,52	10,50	0,06	4,69	0,00	0,03	9,18	0,28	2,86	0,02	95,04
FA64tur-4	34,91	0,85	31,40	10,47	0,03	4,72	0,00	0,05	9,06	0,92	2,48	0,02	94,90
FA64tur-5	34,40	0,96	32,06	10,40	0,07	5,57	0,01	0,04	7,91	0,87	2,26	0,04	94,59
FA64tur-6	34,36	0,84	32,66	10,42	0,05	5,21	0,00	0,03	7,83	0,92	2,15	0,04	94,50
FA64tur-7	34,68	0,90	32,67	10,44	0,03	5,20	0,00	0,03	7,60	0,82	2,17	0,01	94,56
FA64tur-8	34,53	0,75	32,69	10,41	0,04	5,78	0,02	0,05	7,23	0,99	2,04	0,02	94,57
FA64tur-9	35,18	0,82	31,56	10,49	0,03	4,44	0,00	0,05	8,95	0,87	2,51	0,04	94,96
FA64tur-10	35,02	0,26	33,39	10,39	0,04	7,67	0,04	0,04	5,49	0,07	2,25	0,04	94,68
FA64tur-11	34,62	0,59	33,85	10,49	0,02	5,04	0,00	0,05	7,24	0,73	2,05	0,02	94,70
FA64tur-12	34,37	1,03	33,67	10,41	0,04	6,64	0,02	0,03	5,79	0,55	2,11	0,04	94,70
FA64tur-13	35,45	0,55	31,34	10,50	0,07	4,23	0,00	0,02	9,48	0,41	2,81	0,01	94,88
FA64tur-14	34,67	0,88	32,89	10,44	0,03	5,88	0,03	0,08	6,98	0,68	2,16	0,04	94,75
FA64tur-15	34,65	0,86	32,94	10,48	0,03	5,33	0,01	0,05	7,63	0,89	2,03	0,03	94,94
FA64tur-16	34,99	1,06	30,75	10,43	0,06	5,54	0,00	0,04	8,68	0,76	2,62	0,02	94,96
FA64tur-17	35,08	0,83	32,72	10,54	0,03	5,65	0,01	0,05	7,65	0,91	2,15	0,04	95,67
FA64tur-18	35,02	0,80	32,46	10,51	0,02	4,35	0,02	0,05	8,49	0,62	2,58	0,02	94,95
FA64tur-19	34,37	0,81	34,51	10,50	0,01	5,77	0,05	0,00	6,34	0,83	1,84	0,04	95,07
FA64tur-20	35,32	0,35	35,03	10,57	0,01	6,21	0,02	0,02	5,69	0,25	1,92	0,03	95,40
FA64tur-21	34,51	0,83	33,64	10,48	0,02	5,87	0,01	0,03	6,77	0,73	2,12	0,04	95,07
FA64tur-22	34,62	1,07	31,38	10,39	0,01	6,02	0,01	0,03	7,98	0,91	2,28	0,05	94,76
FA64tur-23	35,33	0,81	32,07	10,52	0,07	5,05	0,00	0,04	8,26	0,75	2,29	0,03	95,21
FA64tur-24	34,59	0,80	33,26	10,49	0,03	4,83	0,00	0,09	7,73	1,12	1,79	0,01	94,74
FA64tur-25	35,38	0,62	31,50	10,49	0,10	3,74	0,00	0,02	9,53	0,35	2,81	0,06	94,59
FA64tur-26c	35,28	0,95	31,01	10,43	0,08	4,59	0,02	0,02	8,85	0,16	2,95	0,04	94,39
FA64tur-26r	34,72	0,79	32,98	10,41	0,02	6,11	0,01	0,03	6,71	0,52	2,10	0,02	94,41
FA64tur-27	35,15	0,77	30,95	10,45	0,04	4,48	0,00	0,02	9,46	0,66	2,63	0,03	94,63
FA64tur-28	35,02	0,90	30,70	10,42	0,04	5,38	0,01	0,03	8,87	0,94	2,43	0,04	94,78
FA64tur-29	34,39	0,93	33,40	10,45	0,03	5,98	0,01	0,03	6,89	0,74	2,06	0,03	94,94
FA64tur-30	34,09	0,42	35,01	10,30	0,04	11,73	0,11	0,00	1,79	0,33	1,57	0,05	95,45
FA64tur-31	35,32	0,68	32,95	10,56	0,03	4,38	0,00	0,05	8,28	0,60	2,31	0,01	95,19
FA64tur-32	34,85	1,23	30,82	10,39	0,02	5,16	0,00	0,03	8,60	0,78	2,53	0,05	94,45
FA64tur-33	34,77	0,75	32,94	10,46	0,02	6,01	0,03	0,05	7,06	0,86	1,99	0,05	94,98
FA64tur-34	34,81	0,92	31,42	10,42	0,04	5,50	0,00	0,03	8,21	0,95	2,43	0,05	94,77
FA64tur-35	35,32	0,77	31,87	10,45	0,06	5,34	0,01	0,03	8,00	0,37	2,38	0,05	94,65
FA64tur-36	33,94	1,05	33,23	10,35	0,01	6,70	0,03	0,02	6,17	0,77	2,08	0,04	94,40
FA64tur-37	34,63	0,71	33,53	10,45	0,00	5,40	0,02	0,04	7,00	0,64	2,05	0,02	94,49
FA64tur-38	35,24	0,96	31,34	10,46	0,06	4,31	0,01	0,01	8,96	0,35	2,85	0,03	94,58
FA64tur-39	34,59	0,91	33,07	10,45	0,03	5,84	0,02	0,04	7,03	0,76	2,02	0,04	94,80
FA64tur-40	34,77	1,02	31,08	10,37	0,05	6,16	0,01	0,04	7,83	0,66	2,65	0,05	94,69
FA64tur-41	35,54	0,15	33,70	10,54	0,03	5,15	0,04	0,01	7,24	0,53	2,04	0,03	95,01
FA64tur-42	34,53	0,49	33,97	10,46	0,04	6,72	0,04	0,01	6,25	0,55	2,12	0,02	95,20
FA64tur-43	34,52	0,84	33,16	10,38	0,05	7,37	0,04	0,01	5,86	0,32	2,14	0,01	94,69
FA64tur-44	34,63	0,92	32,46	10,43	0,01	6,51	0,00	0,04	7,12	0,87	2,05	0,02	95,05
FA64tur-45c	35,58	0,53	31,46	10,54	0,11	3,29	0,00	0,07	10,04	0,32	2,87	0,05	94,86
FA64tur-45r	34,68	0,82	32,81	10,49	0,04	5,15	0,03	0,07	7,85	0,92	2,14	0,03	95,04
FA64tur-46	35,35	0,86	30,86	10,45	0,06	4,87	0,00	0,05	8,98	0,44	2,79	0,04	94,74
FA64tur-47	34,84	0,97	31,83	10,43	0,03	5,50	0,00	0,02	7,96	0,62	2,45	0,04	94,68

A B koncentrációját számolással határoztuk meg, 3 B-atomot véve alapul az egységnyi képletben. A képleteket 24,5 O-atomra vonatkoztatva, T+Z+Y=15 alapján számoltuk (HENRY & DUTROW 1996). Az összes vas mennyiségét a Fe²⁺-ionhoz rendeltük. Rövidítések: c = mag; r = szegély

B₂O₃ concentration was calculated assuming 3 B apfu (atoms per formula unit). All analyses were recalculated on the basis of 24.5 O apfu, assuming T+Z+Y=15 (Henry & Dutrow 1996). All Fe was assigned to Fe²⁺. Abbreviations: c = core; r = rim

II. melléklet. folytatás

Appendix II. continuation

Minta	B	Si	^T Al	^Z Al	V	^Y Al	Ti	Zn	Fe _i ²⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	^X Total
FA64tur-1	3,000	5,819	0,181	5,995	0,005	0,185	0,117	0,003	0,731	0,000	1,963	0,178	0,672	0,006	0,856
FA64tur-2	3,000	5,781	0,219	5,997	0,003	0,293	0,112	0,004	0,859	0,000	1,732	0,141	0,732	0,009	0,881
FA64tur-3	3,000	5,852	0,148	5,996	0,004	0,008	0,069	0,007	0,650	0,000	2,266	0,050	0,918	0,005	0,973
FA64tur-4	3,000	5,814	0,186	5,970	0,007	0,007	0,106	0,003	0,657	0,000	2,250	0,165	0,800	0,004	0,968
FA64tur-5	3,000	5,768	0,232	5,995	0,005	0,110	0,121	0,009	0,781	0,001	1,978	0,156	0,734	0,009	0,899
FA64tur-6	3,000	5,755	0,245	5,996	0,004	0,205	0,106	0,006	0,729	0,000	1,954	0,165	0,699	0,008	0,871
FA64tur-7	3,000	5,807	0,193	5,996	0,004	0,258	0,113	0,003	0,728	0,000	1,897	0,148	0,705	0,002	0,856
FA64tur-8	3,000	5,797	0,203	5,994	0,006	0,273	0,095	0,005	0,812	0,003	1,811	0,178	0,665	0,005	0,849
FA64tur-9	3,000	5,856	0,144	5,993	0,007	0,054	0,103	0,004	0,618	0,000	2,221	0,155	0,811	0,007	0,974
FA64tur-10	3,000	5,886	0,114	5,995	0,005	0,505	0,032	0,005	1,078	0,005	1,375	0,013	0,732	0,009	0,754
FA64tur-11	3,000	5,769	0,231	5,994	0,006	0,423	0,074	0,002	0,702	0,000	1,798	0,131	0,664	0,004	0,799
FA64tur-12	3,000	5,788	0,212	5,996	0,004	0,473	0,131	0,005	0,934	0,003	1,453	0,100	0,689	0,008	0,796
FA64tur-13	3,000	5,873	0,127	5,989	0,003	0,003	0,069	0,008	0,586	0,000	2,341	0,072	0,903	0,003	0,978
FA64tur-14	3,000	5,808	0,192	5,989	0,011	0,313	0,111	0,003	0,824	0,004	1,744	0,122	0,700	0,009	0,832
FA64tur-15	3,000	5,774	0,226	5,994	0,006	0,247	0,108	0,004	0,743	0,002	1,896	0,159	0,655	0,006	0,821
FA64tur-16	3,000	5,853	0,147	5,910	0,006	0,006	0,134	0,007	0,774	0,000	2,164	0,136	0,851	0,005	0,992
FA64tur-17	3,000	5,817	0,183	5,993	0,007	0,218	0,103	0,004	0,784	0,001	1,890	0,162	0,692	0,009	0,863
FA64tur-18	3,000	5,821	0,179	5,993	0,007	0,186	0,100	0,002	0,605	0,003	2,103	0,110	0,831	0,005	0,946
FA64tur-19	3,000	5,730	0,270	6,000	0,000	0,510	0,102	0,001	0,805	0,007	1,575	0,148	0,594	0,009	0,751
FA64tur-20	3,000	5,848	0,152	5,997	0,003	0,688	0,043	0,001	0,860	0,002	1,405	0,044	0,615	0,005	0,664
FA64tur-21	3,000	5,761	0,239	5,996	0,004	0,385	0,105	0,003	0,820	0,001	1,686	0,131	0,686	0,009	0,826
FA64tur-22	3,000	5,809	0,191	5,996	0,004	0,020	0,135	0,002	0,844	0,002	1,997	0,164	0,742	0,010	0,916
FA64tur-23	3,000	5,865	0,135	5,995	0,005	0,145	0,101	0,008	0,701	0,000	2,045	0,133	0,738	0,007	0,878
FA64tur-24	3,000	5,762	0,238	5,988	0,012	0,303	0,101	0,004	0,673	0,000	1,919	0,200	0,577	0,001	0,778
FA64tur-25	3,000	5,871	0,129	5,997	0,003	0,033	0,077	0,012	0,519	0,000	2,358	0,062	0,903	0,012	0,977
FA64tur-26c	3,000	5,902	0,098	5,997	0,003	0,018	0,119	0,010	0,643	0,003	2,208	0,029	0,956	0,008	0,993
FA64tur-26r	3,000	5,828	0,172	5,996	0,004	0,359	0,100	0,002	0,858	0,001	1,679	0,093	0,683	0,003	0,779
FA64tur-27	3,000	5,852	0,148	5,922	0,002	0,002	0,097	0,005	0,624	0,000	2,347	0,117	0,849	0,005	0,972
FA64tur-28	3,000	5,859	0,141	5,906	0,004	0,004	0,113	0,005	0,752	0,001	2,213	0,168	0,789	0,008	0,966
FA64tur-29	3,000	5,745	0,255	5,996	0,004	0,326	0,117	0,003	0,836	0,001	1,717	0,133	0,667	0,005	0,806
FA64tur-30	3,000	5,793	0,207	6,000	0,000	0,805	0,053	0,005	1,667	0,016	0,453	0,061	0,518	0,011	0,590
FA64tur-31	3,000	5,839	0,161	5,993	0,007	0,266	0,084	0,003	0,606	0,001	2,039	0,107	0,741	0,002	0,850
FA64tur-32	3,000	5,856	0,144	5,955	0,004	0,004	0,155	0,002	0,725	0,000	2,154	0,141	0,823	0,012	0,975
FA64tur-33	3,000	5,810	0,190	5,994	0,006	0,302	0,095	0,002	0,839	0,004	1,758	0,154	0,646	0,010	0,810
FA64tur-34	3,000	5,839	0,161	5,995	0,005	0,056	0,116	0,005	0,771	0,000	2,053	0,172	0,789	0,010	0,971
FA64tur-35	3,000	5,891	0,109	5,997	0,003	0,160	0,097	0,007	0,745	0,002	1,989	0,067	0,771	0,010	0,847
FA64tur-36	3,000	5,737	0,263	5,997	0,003	0,360	0,133	0,001	0,947	0,004	1,555	0,140	0,682	0,009	0,831
FA64tur-37	3,000	5,792	0,208	5,995	0,005	0,406	0,090	0,000	0,756	0,003	1,745	0,114	0,665	0,005	0,784
FA64tur-38	3,000	5,879	0,121	5,998	0,002	0,042	0,120	0,008	0,601	0,001	2,228	0,062	0,920	0,005	0,988
FA64tur-39	3,000	5,785	0,215	5,994	0,006	0,309	0,115	0,003	0,817	0,003	1,754	0,136	0,656	0,009	0,801
FA64tur-40	3,000	5,855	0,145	5,995	0,005	0,029	0,129	0,007	0,867	0,002	1,966	0,119	0,864	0,011	0,994
FA64tur-41	3,000	5,889	0,111	5,999	0,001	0,471	0,019	0,003	0,714	0,005	1,788	0,095	0,655	0,006	0,755
FA64tur-42	3,000	5,759	0,241	5,998	0,002	0,437	0,062	0,005	0,938	0,005	1,553	0,098	0,686	0,004	0,788
FA64tur-43	3,000	5,805	0,195	5,999	0,001	0,377	0,106	0,006	1,037	0,005	1,469	0,058	0,697	0,003	0,758
FA64tur-44	3,000	5,792	0,208	5,995	0,005	0,197	0,116	0,002	0,910	0,000	1,776	0,155	0,664	0,004	0,823
FA64tur-45c	3,000	5,871	0,129	5,981	0,009	0,009	0,066	0,013	0,454	0,000	2,469	0,056	0,918	0,011	0,986
FA64tur-45r	3,000	5,773	0,227	5,991	0,009	0,221	0,103	0,005	0,717	0,004	1,949	0,164	0,692	0,007	0,863
FA64tur-46	3,000	5,897	0,103	5,958	0,006	0,006	0,108	0,008	0,679	0,000	2,235	0,079	0,901	0,008	0,988
FA64tur-47	3,000	5,833	0,167	5,997	0,003	0,116	0,122	0,003	0,770	0,000	1,988	0,112	0,796	0,009	0,916

IV. melléklet. Törmelékes gránatkristályok kémiai összetétele, Óbányai Aleurolit Formáció, feketepala

Appendix IV. Chemical compositions of detrital garnets, Óbánya Siltstone Formation, black shale sample

kristály #	03	07	11	13
SiO ₂	36,77	36,79	36,05	37,55
TiO ₂	0,00	0,07	0,01	0,04
Al ₂ O ₃	20,57	20,90	20,09	21,39
FeO tot	29,43	29,96	30,25	30,31
MnO	10,96	7,33	10,76	1,00
MgO	1,01	2,02	0,22	3,54
CaO	1,43	2,54	1,62	5,66
Total	100,18	99,60	99,01	99,49
FeO*	29,24	29,78	29,75	30,31
Fe ₂ O ₃ *	0,21	0,19	0,55	0,00
Total, új	100,20	99,62	99,06	99,49
Si	3,003	2,989	2,998	2,994
Ti	0,000	0,004	0,001	0,003
Al	1,980	2,002	1,969	2,010
Fe ²⁺ *	1,997	2,024	2,069	2,021
Fe ³⁺ *	0,013	0,012	0,034	0,000
Mn	0,758	0,504	0,758	0,068
Mg	0,123	0,244	0,027	0,421
Ca	0,125	0,221	0,144	0,483
Prp	4,10	8,17	0,91	14,07
Alm	66,49	67,66	69,00	67,50
Grs	3,51	6,70	3,08	16,08
Sps	25,24	16,85	25,28	2,26
Adr	0,65	0,49	1,71	0,00
Scho	0,01	0,14	0,02	0,08

Kémiai elemzés, oxid %; gránát-összetétel (kationszám), apfu (atoms per formula unit); gránát szélsőtág molekulák, % (MUHLING & GRIFFIN 1991). A kationszámok 12 oxigénatomra vonatkoznak

Chemical analyses, oxides in wt%; garnet formulae, apfu (atoms per formula unit); garnet end-member molecules, % (MUHLING & GRIFFIN 1991). All calculations based on 12 oxygen atoms

kristály #	22	23	24	27	28	29	30	31	32	33	34	36	39	40	41	42
SiO ₂	37,68	37,43	37,48	37,26	37,52	37,40	36,81	37,10	36,84	36,68	37,03	37,48	36,82	37,44	37,58	37,61
TiO ₂	0,05	0,15	0,04	0,01	0,03	0,00	0,05	0,01	0,11	0,01	0,03	0,42	0,01	0,03	0,00	0,08
Al ₂ O ₃	20,98	20,67	21,33	21,13	21,36	21,03	20,61	21,16	20,56	20,92	20,96	20,51	21,11	21,13	21,15	21,26
FeO tot	29,05	27,79	31,85	31,80	30,87	33,00	19,80	29,55	30,22	37,03	32,93	27,55	29,07	36,31	34,84	24,25
MnO	1,76	1,67	0,44	3,00	0,66	1,93	17,35	5,58	8,12	2,53	1,48	1,63	7,68	0,42	1,69	4,71
MgO	3,06	2,85	3,94	3,35	3,63	3,87	2,55	2,66	2,69	2,27	3,76	1,93	2,83	4,20	4,15	1,79
CaO	7,05	8,49	4,92	3,64	6,04	2,45	2,59	4,02	1,32	0,78	3,35	10,06	2,30	0,51	0,81	10,48
Total	99,63	99,06	99,99	100,20	100,11	99,69	99,76	100,08	99,85	100,23	99,54	99,57	99,81	100,04	100,22	100,18
FeO*	28,84	27,24	31,09	30,89	30,01	32,74	18,64	28,82	29,44	36,26	31,83	27,22	28,27	36,24	34,79	23,65
Fe ₂ O ₃ *	0,23	0,61	0,85	1,01	0,95	0,29	1,30	0,81	0,87	0,86	1,23	0,37	0,88	0,07	0,06	0,67
Total új	99,66	99,12	100,08	100,30	100,20	99,71	99,89	100,16	99,94	100,32	99,66	99,61	99,90	100,05	100,22	100,24
Si	3,004	2,997	2,975	2,975	2,972	2,998	2,976	2,975	2,985	2,974	2,970	2,997	2,970	2,999	3,002	2,982
Ti	0,003	0,009	0,002	0,000	0,002	0,000	0,003	0,001	0,007	0,001	0,002	0,025	0,000	0,002	0,000	0,005
Al	1,971	1,950	1,995	1,988	1,995	1,987	1,964	2,000	1,963	1,999	1,981	1,933	2,006	1,995	1,992	1,987
Fe ²⁺ *	1,923	1,824	2,064	2,063	1,989	2,194	1,260	1,933	1,995	2,458	2,135	1,820	1,907	2,427	2,325	1,568
Fe ³⁺ *	0,014	0,037	0,051	0,061	0,057	0,018	0,079	0,049	0,053	0,053	0,074	0,022	0,054	0,004	0,004	0,040
Mn	0,119	0,113	0,029	0,203	0,045	0,131	1,188	0,379	0,557	0,174	0,100	0,111	0,525	0,028	0,114	0,316
Mg	0,364	0,340	0,466	0,399	0,428	0,463	0,307	0,318	0,325	0,275	0,449	0,230	0,340	0,501	0,494	0,212
Ca	0,602	0,729	0,418	0,312	0,513	0,210	0,224	0,345	0,114	0,067	0,287	0,862	0,199	0,044	0,070	0,890
Prp	12,10	11,32	15,66	13,40	14,41	15,43	10,30	10,70	10,88	9,23	15,12	7,65	11,44	16,71	16,46	7,10
Alm	63,97	60,78	69,34	69,33	66,88	73,20	42,32	64,97	66,76	82,26	71,86	60,47	64,21	80,93	77,43	52,55
Grs	19,25	22,20	11,44	7,40	14,33	6,12	3,48	9,13	1,00	0,00	5,88	26,88	3,97	1,19	2,14	27,71
Sps	3,96	3,78	0,99	6,81	1,50	4,37	39,91	12,74	18,65	5,85	3,38	3,67	17,67	0,94	3,80	10,60
Adr	0,62	1,62	2,49	3,05	2,82	0,87	3,91	2,43	2,49	2,23	3,69	0,50	2,70	0,18	0,18	1,90
Scho	0,11	0,30	0,08	0,02	0,06	0,01	0,09	0,02	0,23	0,02	0,07	0,83	0,01	0,06	0,00	0,15