

## Az alsó-toarci feketepala Réka-völgyi szelvényének ásványtani jellemzése (Óbányai Aleurolit Formáció, Mecsek hegység): őszéghajlattani következtetések

RAUCSIK BÉLA<sup>1</sup>, VARGA ANDREA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pannon Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10., e-mail: raucsik@almos.vein.hu

<sup>2</sup> 8200 Veszprém, Kőhíd u. 3., e-mail: raucsikvarga@freemail.hu

---

### *Mineralogy of the Lower Toarcian black shale section from the Réka Valley (Óbánya Siltstone Formation, Mecsek Mountains, Hungary): implications for palaeoclimate*

#### Abstract

In this paper, the results of a high-resolution mineralogical study of the Lower Toarcian black shale section (Óbánya Siltstone Formation, Réka Valley, Mecsek Mountains) are presented. The samples collected from the black shale section and from its underlying beds are predominantly composed of calcite, quartz, kaolinite, illite±muscovite and amorphous substance. Additionally, pyrite, illite/smectite mixed-layer minerals, chlorite, rare plagioclase and K-feldspar are also present. Moreover, there are some secondary minerals such as goethite and gypsum, reflecting outcrop weathering. The samples of the black shale section have significantly higher kaolinite content relative to the underlying beds, indicating a palaeoenvironmental change during the Early Toarcian oceanic anoxic event. The clay mineral assemblages are composed mainly of kaolinite (45–80%) and illite±muscovite (15–55%); random I/S mixed-layers occur in small quantities, sometimes with traces of chlorite. The clay mineral suites of the Réka Valley section reflect the original composition derived from the provenance area and, therefore, may be used for palaeoenvironmental reconstruction of the source area. In the clay fraction of the samples, the dominance of kaolinite (kaolinite/illite>1) indicates a high water-rock ratio in the source area along with a humid-subtropical to tropical climate; this may represent a period of climatically driven, more intense chemical weathering of the source terrains. In the black shale section, levels with high values (i.e. more than 2) of the kaolinite/illite ratio suggest time intervals with an extreme continental weathering rate related to the oceanic anoxic event.

*Keywords: X-ray powder diffraction, black shale, clay mineralogy, palaeoenvironment, intense continental weathering, Toarcian, Mecsek Mts*

---

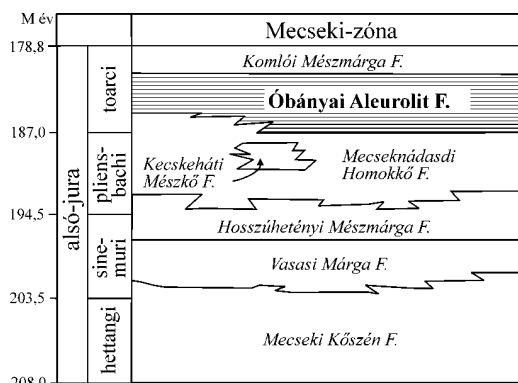
#### Összefoglalás

Munkánkban az alsó-toarci feketepala (Óbányai Aleurolit Formáció, Réka-völgy, Mecsek) nagyfelbontású ásványtani vizsgálati eredményeit mutatjuk be. A feketepala-szelvényből és közvetlen fekvéséből gyűjtött minták legnagyobb mennyiségben kalcitot, kvarcot, kaolinitet, illit±muszkovitot és amorf anyagot tartalmaznak. Alárendelt mennyiségben pirit, illit/szmektit kevert szerkezetű rétegszilikát, klorit, plagioklász és kálicföldpát mutatható ki a mintákban. A másodlagos ásványok jelenléte (pl. goethit és gipsz) az utólagos, felszíni oxidáció hatását tükrözi. A feketepalát tartalmazó szakasz közvetlen fekvéséből származó mintákhoz képest az anoxikus esemény során felhalmozódott kőzetegyüttesben a kaolinit jelentős mennyisége emelhető ki, ami az őskörnyezeti feltételekben bekövetkező változásra utal. A minták agyagásványos összetétele kőzettípustól függetlenül nagyon hasonló: uralkodó mennyiségben a kaolinit (45–80%) és az illit±muszkovit (15–55%) fordul elő. A véletlenszerűen közberétegzett illit/szmektit kevert szerkezetű ásvány és a klorit mennyisége alárendelt. A vizsgált agyagásványtani paraméterek alapján a Réka-völgyi szelvényben az agyagásványok relatív mennyisége a lehordási területéről az üledékgyűjtő medencébe jutó eredeti összetételt tükrözi, ezért őskörnyezeti rekonstrukcióra használható fel. Az agyagfrakcióban a kaolinit uralkodó részaránya (kaolinit/illit>1) nedves szubtrópusi–trópusi klímát, intenzív kémiai mállást és nagy víz/kőzet arányt jelez a forrásterületen. A feketepala-szelvényben a kiugróan nagy kaolinit/illit arányú (≥2) szintek a kontinentális mállási ráta többlépcsős ugrásszerű növekedésére utalnak az óceáni anoxikus esemény során.

*Tárgyszavak: röntgen-pordiffrakció, feketepala, agyagásványtan, őskörnyezet, intenzív kontinentális mállás, toarci, Mecsek hegység*

## Bevezetés

Az Óbányai Aleurolit Formáció (Mecseki-zóna, 1. ábra) definíciója szerint kőzetlisztes, részben bioturbált márga és



1. ábra. A Mecseki-zóna alsó-jura formációinak rétegtani helyzete GYALOG (1996) alapján

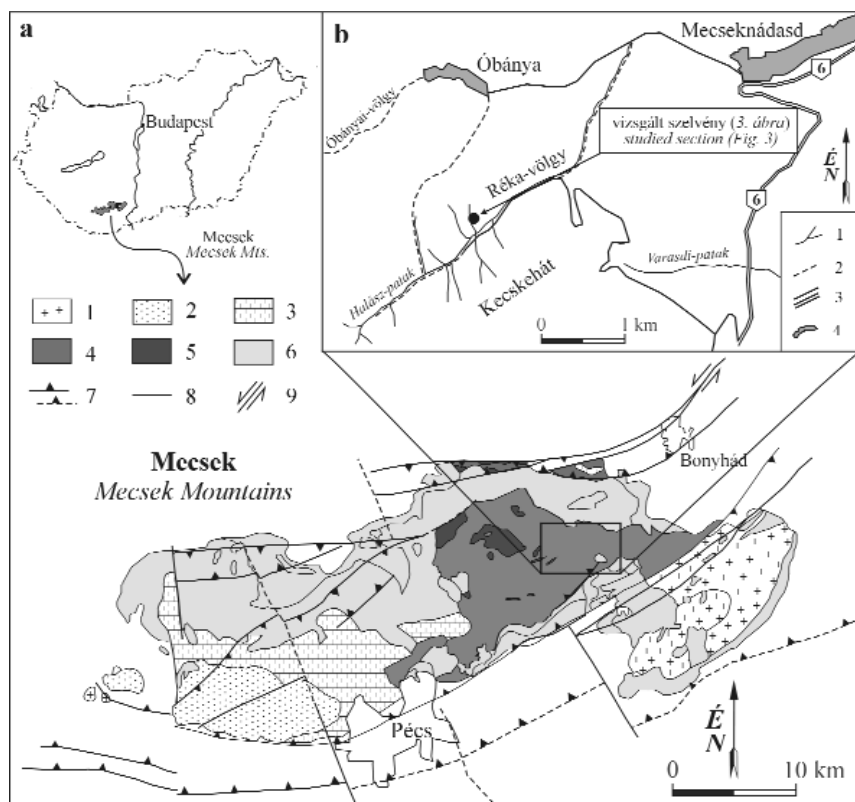
Figure 1. Stratigraphic chart showing the Lower Jurassic formations of the Mecsek Zone (after GYALOG 1996)

„márgás” aleurolit váltakozásával induló, nyíltvízi, sekély bathiális, majd anoxikus viszonyokra utaló, laminált aleurolittal és agyagmárgával folytatódó képződmény. A rétegsort szerves anyagban gazdag, pirités mészkőgumókat

tartalmazó pados márga és mészmárga rétegek zárják („börpala”). A toarci korú képződmény maximális vastagsága 160 m (HETÉNYI in GYALOG 1996, 112. old.).

A formáció, és ezen belül a szerves anyagban gazdag alsó-toarci (*tenuicostatum* zóna felső része és a *falciferum* zóna) feketepala, üledékképződési modelljének bizonytalanságaira VARGA et al. (2007) hívták fel a figyelmet. Tanulmányukban az Óbányai Aleurolit Réka-völgyi szelvényéből származó feketepala-minták Rock–Eval pirolízisének, szerves kőzettani, valamint izotópeokémiai vizsgálatának előzetes eredményeit mutatták be. Összefoglaló következtetésük szerint a karbonát diagenetikus átkristályosodása következtében a  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  és a  $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$  értékek szelvény szerinti változása nem szolgáltat információkat a kora-toarci ökoszisztéma változásokról. A feltárásban a szerves anyag változó mértékű utólagos oxidációja szintén korlátozza a megbízható ökoszisztéma értelmezést. Véleményük szerint a klímaváltozás követésére és az üledékképződési környezet ősföldrajzi viszonyainak pontosítására — többek között — az agyagásványos összetétel vizsgálatával nyílnak lehetőségek.

Annak ellenére, hogy számos külföldi tanulmányban a jura időszakban képződött üledékes kőzetek agyagfrakciójának (<2  $\mu\text{m}$ ) félmennyiségi összetételét sikeresen használták fel a paleoklíma rekonstrukciójára (DUARTE 1998;



2. ábra. a) A Mecsek egyszerűsített földtani térképe NAGY (1968) alapján, CSONTOS et al. (2002) szerkezetföldtani adatainak felhasználásával. b) A vizsgált szelvény földrajzi elhelyezkedése

a) 1 – gránit, 2 – perm, 3 – triász, 4 – jura, 5 – kréta, 6 – neogén, 7 – térképezett/feltételezett áttolódás, 8 – transzform vető, 9 – oldaleltolódás. b) 1 – patak, 2 – turistaút, 3 – műút, 4 – település

Figure 2. a) Simplified geological map of the Mecsek Mts, modified after NAGY (1968) with structural geological data of CSONTOS et al. (2002), b) Location map of the examined section

a) 1 – granite, 2 – Permian, 3 – Triassic, 4 – Jurassic, 5 – Cretaceous, 6 – Neogene, 7 – thrust mapped/supposed, 8 – transform fault, 9 – strike slip fault. b) 1 – creek, 2 – foot-path, 3 – road, 4 – settlement

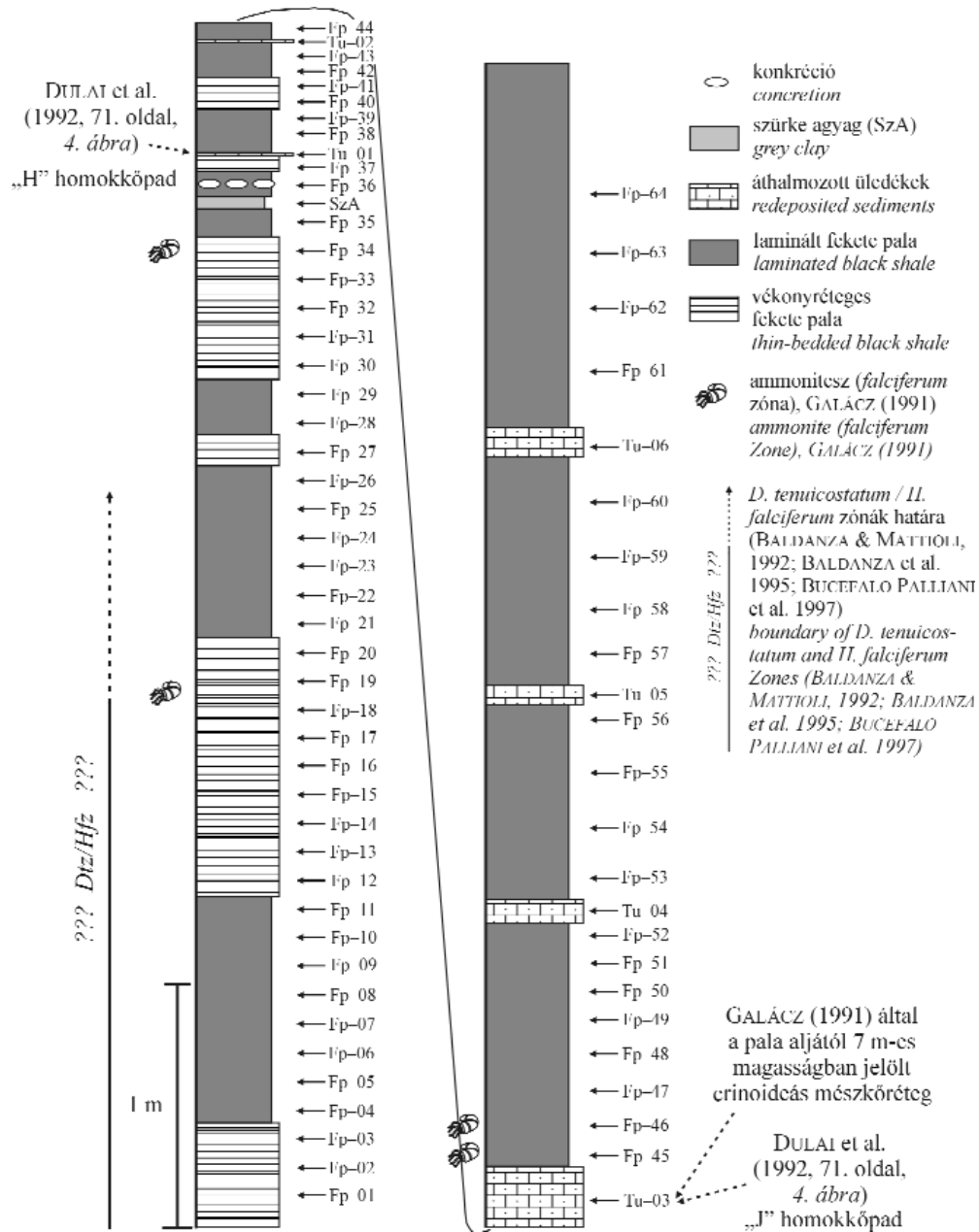
AHLBERG et al. 2003; DECONINCK et al. 2003; FÜRSICH et al. 2005), az Óbányai Aleurolit Formáció képződményeinek részletes agyagásványtani vizsgálata napjainkig nem valósult meg. A mecseki jura formációk teljes köréből meghatározott agyagásvány-együtteséről VICZIÁN (1987, 1995) adott rövid összefoglalót, azonban munkája nem tért ki külön az alsó-toarci feketepalára. DULAI et al. (1992) vizsgálatában röntgen-pordiffrakciós mérés nem szerepelt. Munkájukban egy minta termikus vizsgálata alapján a feketepala jelentős montmorillonit-tartalmát (17,08%) említik. A Réka-völgyi feketepala agyagfrakciójának röntgen-pordiffrakciós vizsgálatáról eddig kizárólag RAUCSIK & MERÉNYI (2000) számolt be, akik pliensbachi–alsó-toarci ökoszisztéma értelmezésükben négy feketepala-minta félmennyiségi ásványos összetételét közlik. Eredményeik alapján a feketepala jelentős mennyiségű kaolinitet tartalmaz, ami humid klímát és intenzív hidrolízist jelez a lehordási területen.

Az utóbbi években számos tanulmány hívta fel a figyelmet arra, hogy az ökoszisztéma változások vizsgálata csak elegendően nagy felbontás

(szelvényenként akár több száz minta) esetén nyújt megbízható eredményt (FRIMMEL et al. 2004; SCHWARK & FRIMMEL 2004, KEMP et al. 2005). Munkánkban ezért az Óbányai Aleurolit Formáció Réka-völgyi szelvényéből származó minták nagyfelbontású röntgen-pordiffrakciós vizsgálatát végeztük el. Célunk — a teljeskörű minták minőségi és félmennyiségi ásványtani jellemzésén túl — az agyagfrakció (<2 µm) relatív összetételében megfigyelt változások értelmezésével az éghajlati viszonyokban bekövetkezett változások feltárása.

**Mintagyűjtés**

Az Óbányai Aleurolit Formáció ásványtani jellemzéséhez a Réka-völgyi feltárást választottuk ki (2. ábra). Munkánk elsődleges célja az alsó-toarci feketepala ~10 m vastagságú típusszelvényének részletes agyag-ásványtani vizsgálata volt. A tanulmányozott szelvény egyszerűsített rétegsorát a 3. ábra mutatja be. A felszíni feltárási kőzetanyagából 68 mintát gyűjtöttünk, ezek közül 64 vékonyréteges (a réteglapok távolsága átlagosan 1–2 cm) vagy laminált (a réteglapok távolsága milliméter nagyságrendű) feketepala, 3 gradált mészhomokkő (tur-



3. ábra. Az alsó-toarci feketepala (Óbányai Aleurolit Formáció, Mecsek hegység) Réka-völgyi szelvényének egyszerűsített rétegsora a mintavételi pontok feltüntetésével

Figure 3. Simplified lithological column with the sampling points of the Réka Valley section of the Lower Toarcian black shale (Óbánya Siltstone Formation, Mecsek Mts)

bidit betelepülés), valamint egy plasztikus, világosszürke agyag. Összehasonlító mintaként a feketepala közvetlen fekéjéből további 4 pados rétegzésű, bioturbált foltos márgát, illetve mészmárgát (Fm jelzésű minták), valamint 5 lemezes agyagmárgát (Lm jelzésű minták) vizsgáltunk meg.

A minták kiválasztásakor törekedtünk arra, hogy a begyűjtött kőzetanyag — a felszínen bekövetkező utólagos mállási, illetve talajosodási (oldódás, oxidáció) folyamatok ellenére — minél üdőbb legyen. VARGA et al. (2007) alapján azonban a szerves anyagban gazdag képződmény ásványos összetételének értelmezésekor a felszíni oxidációs folyamatok utólagos módosító hatását nem szabad figyelmen kívül hagynunk. Ezek a folyamatok elsősorban a pirit oxidációját eredményezik, amellyel párhuzamosan másodlagos ásványok (pl.: goethit, gipsz) jelenhetnek meg a kőzetanyagban.

### Vizsgálati módszerek

A röntgen-pordiffrakciós méréseket a Pannon Egyetem Föld- és Környezettudományi Tanszékén végeztük. A felvételeket Philips PW 1710 típusú készülékkel (generátor: PW 1730/10, goniómeter: PW 1050/70),  $\text{CuK}_\alpha$  sugárforrással, hajlított grafitgykristály-monokromátor és proporcionális számláló detektor alkalmazásával készítettük (csőáram-erősség: 40 mA, csőfeszültség 50 kV, a goniómeter sebessége 0,035°/s, résrendszer: 1°–1°). Munkánk során valamennyi mintáról három különböző pordiffraktogram készült: 1) teljeskőzet, orientálatlan felvétel; 2) <2 μm-es frakció (CaCO<sub>3</sub>-mentesítés után, ülepített, légszáraz minta); 3) a 2. sorozat mintáiról etilén-glikolos kezelést követő felvétel. A mérésorozat célja i) a teljes kőzet ásványos összetételének minőségi és félmennyiségi jellemzése; ii) a <2 μm-es frakció ásványos összetételének meghatározása; iii) a — feltételezett — illit/szmektit kevertszerkezetek duzzadóképeségének megállapítása; valamint iv) a KÜBLER-index (KÜBLER 1968) mérése volt. Az előzőek alapján lehetőség nyílik arra, hogy megbecsüljük a vizsgált rétegsor diagenezisének fokát, felfűtésének mértékét.

A teljeskőzet-minták félmennyiségi összetételének meghatározásakor PETSCHICK et al. (1996) módszerét alkalmaztuk. Belső standardként 1 ml 0,4 g/g%-os, 0,3–0,6 μm átlagos szemcseméretű molibdenit-szuszpenziót használtunk. A földpátok egymáshoz viszonyított arányának becsléséhez a kálföldpát 3,24 Å-nél és az albit 3,19 Å-nél jelentkező 100-as intenzitású 002, illetve 040 csúcsainak, valamint a kálföldpát 4,22 Å-nél, az albit 4,03 Å-nél jelentkező 61-es, illetve 45-ös intenzitású csúcsainak integrált területét vettük figyelembe.

A teljeskőzet-felvételek elkészítése után a mintákat 15 v/v%-os ecetsavoldattal kezeltük, majd pH≈6 értékre dekantáltuk. A <2 μm szemcseméretű frakciót ülepítéssel szeparáltuk, amelyet desztillált vízben, ultrahangos kezelést követően végeztünk. A vizes szuszpenziót pipettával vittük fel a mintatartóra, majd szobahőmérsékleten szárítottuk.

Ezt követően a preparátumok etilén-glikolos kezelése 4 órán keresztül, 80 °C-on történt. A <2 μm-es frakció félmennyiségi analíziséhez a reflexiókhoz tartozó számított integrált területeket és a következő korrekciós faktorokat használtuk fel: kaolinit és klorit: 1; jól kristályos illit±muszkovit: 1,25. Az illit/szmektit kevertszerkezetnél a RISCHÁK & VICZIÁN (1974) által javasolt, az expandálóképesség függvényében 0,5–2 között változó faktorokat alkalmaztuk. Az illit/szmektit kevertszerkezet szmektit hányadának (azaz duzzadóképeségének) meghatározása WATANABE (1981) és ŚRODOŃ (1984) módszere alapján történt. Az ülepített, légszáraz minták vizsgálatával határoztuk meg a 10 Å-ös fázisok féltértékszélességét, valamint a KÜBLER-indexet (KÜBLER 1968; ÁRKAI 1983). Az adott műszeres paraméterek mellett a féltértékszélesség adatok szórása IC=0,448 Δ°2θ esetén s=0,035 Δ°2θ (n=10). Az illit/szmektit közberétegzés rendezettségének mértékét a JAGODZINSKI (1949) által javasolt „Reichweite” (R) értékkel jellemeztük.

A rétegszilikátok jellemzését a Központi Fizikai Kutatóintézet laboratóriumában egy vékonyréteges (Fp–03) és egy laminált (Fp–05) feketepala pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatával egészítettük ki. A szekunder elektronképeket (SEI) JSM–25 SIII típusú SEM készülékkel, 25 kV-os gyorsítófeszültséggel TÓTH Attila készítette.

### A röntgen-pordiffrakciós vizsgálat eredménye

#### A teljes kőzetminták félmennyiségi összetétele

A feketepala közvetlen fekéjéből származó pados, bioturbált foltosmárga- és mészmárgaminták legnagyobb mennyiségben kalcitot tartalmaznak (70–80%), a kvarc és az illit±muszkovit mennyisége 5–10%. Alárendelt mennyiségben kaolinit és illit/szmektit kevertszerkezetű rétegszilikát, nyomokban plagioklász, kálföldpát, pirit és amorf anyag mutatható ki a mintákban (*I. táblázat*). A lemezes agyagmárga minőségi ásványos összetétele hasonló, azonban kalcittartalma — a litológiai különbségnek megfelelően — jóval kevesebb (20–30%), rétegszilikát-tartalma (30–50% illit±muszkovit, 2–10% kaolinit, 2–5% illit/szmektit kevertszerkezetű fázis) és amorfanyag-tartalma (5–10%) jelentősebb, mint a foltosmárgáé (*I. táblázat*).

Az alsó-toarci feketepala típusszelvényéből vett minták (*3. ábra*) minőségi ásványos összetétele lényegesen nem tér el a fekéj összetételétől, az egyes ásványok arányában azonban több eltérés, illetve szabályszerű összefüggés figyelhető meg. A lemezes agyagmárga összetételéhez a feketepala (vékonyréteges és laminált) ásványos összetétele hasonló, amennyiben uralkodó ásványa a kalcit (5–65%), a kaolinit (10–45%), a kvarc (5–20%) és az illit±muszkovit (max. 30%). Járulékos elegyrészként minden feketepalában

**I. táblázat.** Az Óbányai Aleurolit Formáció feketepala-szintjének fekjéből gyűjtött foltos mészmárga (Fm) és lemezes agyagmárga (Lm) teljeskőzetből meghatározott félmennyiségi ásványos összetétele (%)

**Table I.** Semiquantitative mineral composition (%) of the spotted calcareous marl (Fm) and laminated clayey marl (Lm) samples (bulk rock) collected from the underlying beds of the black shale section, Óbánya Siltstone Formation

Minta Sample	cc	q	plg	kfp	pyr	goe	gyp	ill/sme	ill±mus	kao	chl	am
Fm-01	70-75	10	ny	ny	ny	-	-	1	10	2	-	ny
Fm-03	70-75	5-10	ny	-	ny	-	-	1	10-15	2	-	ny
Fm-05	75-80	5-10	ny	-	ny	-	-	ny	10-15	1	-	-
Fm-06	75-80	5-10	ny	ny	ny	-	-	ny	10	1	-	-
Lm-01	20	15-20	ny	-	ny	-	-	2-3	45-50	3-5	-	5-10
Lm-02	20	15-20	ny	ny	ny	-	-	2-3	35-40	5-10	-	5-10
Lm-03	20-25	20	ny	ny	ny	-	-	3-5	30-35	3-5	-	5-10
Lm-04	25-30	15-20	ny	ny	ny	-	-	2-3	30-35	2-3	-	5
Lm-05	20-25	15-20	ny	-	ny	-	-	2-3	40-45	3-5	-	5-10

Rövidítések: cc = kalcit, q = kvarc, plg = albit, kfp = kálföldpát, pyr = pirit, goe = goethit, gyp = gipsz, ill/sme = illit/szmektit kevert-szerkezet, ill±mus = illit±muszkovit, kao = kaolinit, chl = klorit, am = amorf anyag, ny = nyomnyi mennyiség

Abbreviations: q = quartz, plg = plagioclase, kfp = K-feldspar, pyr = pyrite, goe = goethite, gyp = gypsum, ill/sme = illite/smectite mixed-layer, ill±mus = illite±muscovite, kao = kaolinite, chl = chlorite, am = amorphous substance, ny = trace amount

jelen van az illit/szmektit kevert-szerkezet, a plagioklász, a pirit (illetve az átalakulásából származtatható goethit), valamint az amorf anyag. Néhány minta kevés kálföldpátot vagy kloritot tartalmaz. A 3 mintában jelentkező gipsz valószínűleg a felszíni kitértséghez kapcsolódó mállási termék (II. és III. táblázat). A feké lemezes agyagmárga vizsgálati eredményeihez viszonyítva a feketepala kaoli-

nittartalma kiugróan nagy. Az előzetes pásztázó elektronmikroszkópos megfigyelések szerint a vizsgált feketepalában a rétegszilikátok uralkodóan törmelékeny eredetűek (4. ábra). Diagenetikus kaolinitképződésre utaló morfológiai bélyegeket (pl. sajátalakú hatszöges kristályhalmozatok, vermikuláris szerkezetű kaolinitkötegek) nem sikerült azonosítanunk. A turbiditbetelepülések ásványos

**II. táblázat.** Az Óbányai Aleurolit Formáció feketepala szelvényéből gyűjtött vékonyréteges feketepala (Fp), szürke agyag (SzA), konkreció (K) és turbidit (Tu) teljeskőzet-minták félmennyiségi ásványos összetétele (%)

**Table II.** Semiquantitative mineral composition (%) of the bulk rock samples of the thin-bedded black shale (Fp), grey clay (SzA), concretion (K) and turbidite (Tu) samples collected from the black shale section of the Óbánya Siltstone Formation

Minta Sample	cc	q	plg	kfp	pyr	goe	gyp	ill/sme	ill±mus	kao	chl	am
Fp-01	20-25	10-15	ny	-	-	3	-	3	10	40	-	5-10
Fp-02	25-30	10-15	ny	-	5-10	-	-	2	5-10	40	-	5
Fp-03	25-30	10-15	ny	-	-	3	-	2	5-10	40-45	-	5
Fp-12	20-25	10-15	ny	-	-	3	2	2	10	35-40	-	5-10
Fp-13	25-30	10-15	ny	-	-	5	-	3	5-10	30-35	-	5-10
Fp-14	30-35	10-15	ny	-	-	ny	ny	2	5-10	40	-	ny
Fp-15	20-25	10-15	ny	-	-	3	-	3	10	35-40	-	5-10
Fp-16	20-25	10-15	ny	ny	-	3	-	3	5-10	40	-	5-10
Fp-17	30-35	10-15	ny	-	-	ny	-	2	5	35-40	-	5
Fp-18	30-35	10-15	ny	ny	-	ny	-	3	5-10	30-35	-	5-10
Fp-19	30-35	10-15	ny	-	-	3	-	3	5-10	35-40	-	5-10
Fp-20	25-30	10-15	ny	-	-	ny	-	3	10-15	30-35	-	5-10
Fp-27	15-20	10-15	ny	-	-	3	-	3	10-15	40	-	5-10
Fp-30	25-30	15-20	3	-	-	ny	-	3	10-15	25-30	-	5-10
Fp-31	20	15	ny	-	-	4	-	3	10-15	30-35	-	5-10
Fp-32	25	15	ny	-	-	4	-	3	10	35-40	-	5-10
Fp-33	20-25	15	ny	-	ny	ny	-	2	10-15	30-35	-	5-10
Fp-34	5-10	10-15	ny	-	ny	-	-	3	25-30	35	-	10-15
SzA	5-10	10	-	-	10	-	-	-	5-10	40	-	15-20
Fp-36K	70-75	5-10	ny	-	ny	-	-	ny	3-5	10-15	-	ny
Fp-37	20-25	10-15	-	ny	6	-	-	4	15-20	20-25	-	10-15
Fp-40	5	15-20	ny	-	ny	ny	-	4	15-20	35-40	-	10-15
Fp-41	5	15-20	ny	-	-	3	-	4	15-20	35	ny	15
Tu-01	60	15-20	ny	ny	5	-	-	ny	5-10	2-3	-	ny
Tu-03	70	10-15	ny	ny	3	-	-	ny	5-10	2-3	-	ny
Tu-05	60-65	15-20	ny	ny	5	-	-	ny	5	3-5	-	ny

Az ásványok rövidítése megegyezik az I. táblázatban feltüntetetttel.

For the abbreviations of minerals see Table I.

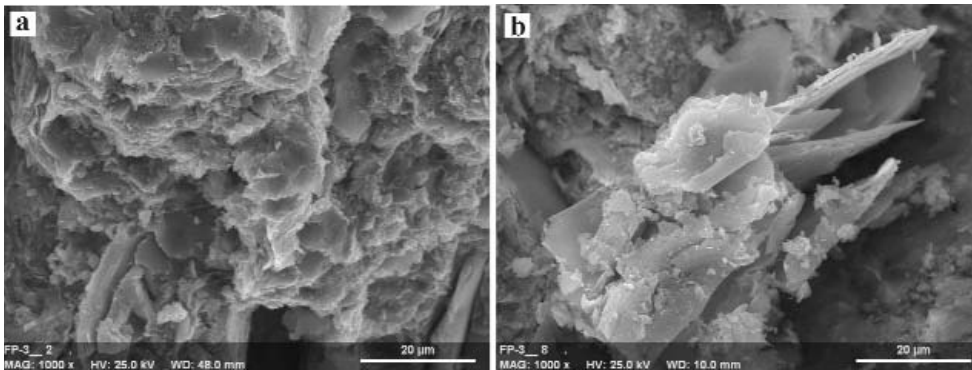
III. táblázat. Az Óbányai Aleurit Formáció feketepala-szelvényből gyűjtött laminált feketepala (Fp) teljeskőzet-minták félmennyiségi ásványos összetétele (%)

Table III. Semi-quantitative mineral composition (%) of the bulk rock samples of laminated black shale (Fp) samples collected from the black shale section of the Óbánya Siltstone Formation

Minta Sample	cc	q	plg	kfp	pyr	goe	gyp	ill/sme	ill±mus	kao	chl	am
Fp-04	25-30	10-15	3-5	-	-	3	-	ny	5	35-40	-	5-10
Fp-05	25-30	10-15	2	-	ny	ny	-	3	15	25-30	-	10
Fp-06	15-20	10-15	ny	ny	ny	ny	-	2	5-10	40-45	-	5-10
Fp-07	20-25	10-15	ny	-	-	ny	-	ny	5-10	40-45	-	5-10
Fp-08	15-20	10-15	2	ny	-	ny	-	3	10-15	40-45	-	10
Fp-09	20-25	15	ny	-	-	3	-	ny	5-10	40-45	-	5-10
Fp-10	25-30	10-15	ny	-	-	ny	-	2	5-10	35-40	-	5-10
Fp-11	10-15	10-15	2	-	-	4	-	3	10-15	35-40	3	10-15
Fp-21	35-40	10-15	ny	-	-	ny	-	2	5	35-40	-	5
Fp-22	25-30	10-15	ny	ny	-	ny	-	3	10-15	30-35	-	5-10
Fp-23	30	10-15	ny	-	-	ny	-	4	20-25	20-25	-	5-10
Fp-24	10-15	10-15	ny	-	-	ny	-	4	20-25	30-35	-	10-15
Fp-25	20-25	10-15	ny	ny	-	ny	-	3	15-20	30-35	-	10
Fp-26	15-20	10-15	ny	-	-	ny	-	4	20-25	25-30	-	10-15
Fp-28	25-30	10-15	ny	-	5-10	-	-	3	10	25-30	-	10
Fp-29	30	10-15	ny	-	-	3	-	3	15-20	25-30	-	5-10
Fp-35	20-25	10-15	ny	ny	5	-	2	4	10-15	25-30	-	10-15
Fp-36	20-25	10-15	ny	ny	6	-	-	3	10-15	30-35	-	5-10
Fp-38	10-15	15-20	ny	-	ny	-	-	4	20	30	-	10-15
Fp-39	20-25	10-15	ny	-	4	-	-	4	15-20	25-30	-	10-15
Fp-42	5	15-20	ny	-	4	ny	-	5-10	50	ny	-	15-20
Fp-43	35-40	10-15	3	-	ny	-	-	10	10	15-20	-	5-10
Fp-44	40-45	10-15	ny	-	-	ny	-	5	10-15	15-20	-	5-10
Fp-45	60-65	10	ny	-	-	ny	-	ny	5-10	15	-	ny
Fp-46	60-65	5-10	ny	-	-	ny	-	ny	3-5	15-20	-	ny
Fp-47	50-55	5-10	ny	-	6	-	-	5-10	5-10	10	-	5
Fp-48	40-45	10-15	ny	-	-	ny	-	5-10	5-10	20	-	5-10
Fp-49	30	10-15	ny	-	-	3	-	3	5-10	30-35	-	5-10
Fp-50	30-35	10-15	ny	-	-	ny	-	2	5-10	30-35	-	5-10
Fp-51	30-35	10-15	ny	-	-	ny	-	2	5-10	30-35	-	5-10
Fp-52	25-30	10-15	ny	-	-	ny	-	3	10	35-40	-	5-10
Fp-53	60	5-10	ny	-	5	-	-	5	ny	10-15	-	5
Fp-54	40	10-15	ny	-	-	5	-	5-10	ny	20	-	10
Fp-55	30-35	10-15	ny	-	-	ny	-	2	5-10	25-30	-	10
Fp-56	30-35	10-15	ny	-	-	4	-	2	10-15	30-35	-	5-10
Fp-57	20-25	10-15	ny	-	-	4	-	2	10-15	30-35	-	5-10
Fp-58	25-30	10-15	ny	-	-	4	-	2	5-10	30-35	-	5-10
Fp-59	25-30	10-15	ny	-	-	5	-	2	15	20-25	-	10
Fp-60	30-35	15-20	ny	-	-	5	-	2	10-15	20-25	-	5-10
Fp-61	45-50	15-20	ny	ny	-	4	-	2	5	15	-	5
Fp-62	35-40	10-15	ny	-	2	-	-	2	5-10	25-30	-	10
Fp-63	35-40	10-15	ny	ny	6	-	-	2	5-10	20-25	-	5-10
Fp-64	30-35	15-20	ny	ny	-	5	-	2	10	20-25	-	5-10

Az ásványok rövidítése megegyezik az I. táblázatban feltüntetettel.

For the abbreviations of minerals see Table I.



4. ábra. A vékonyréteges feketepaláról készült szekunder elektronképek (SEI) (a és b). Autigén eredetre utaló, sajátalakú álhatszögös ásványokból álló, vermiculáris szerkezetű kaolinit kötegek nem figyelhetők meg

Figure 4. Secondary electron image (SEI) micrographs (a and b) of thin-bedded black shale showing matrix of detrital clay minerals. Features of kaolinite authigenesis (i.e. kaolinite booklets with vermicular microstructure) can not be observed

összetétele a fekü foltosmárga és mészmárga összetételével párhuzamosítható; kalcittartalmuk azonban valamivel kisebb (60–70%), kvarctartalmuk (10–20%) és pirittartalmuk (3–5%) nagyobb, mint a foltosmárgáé (I. és II. táblázat). A szürkeagyag-betelepülés jelentős mennyi-

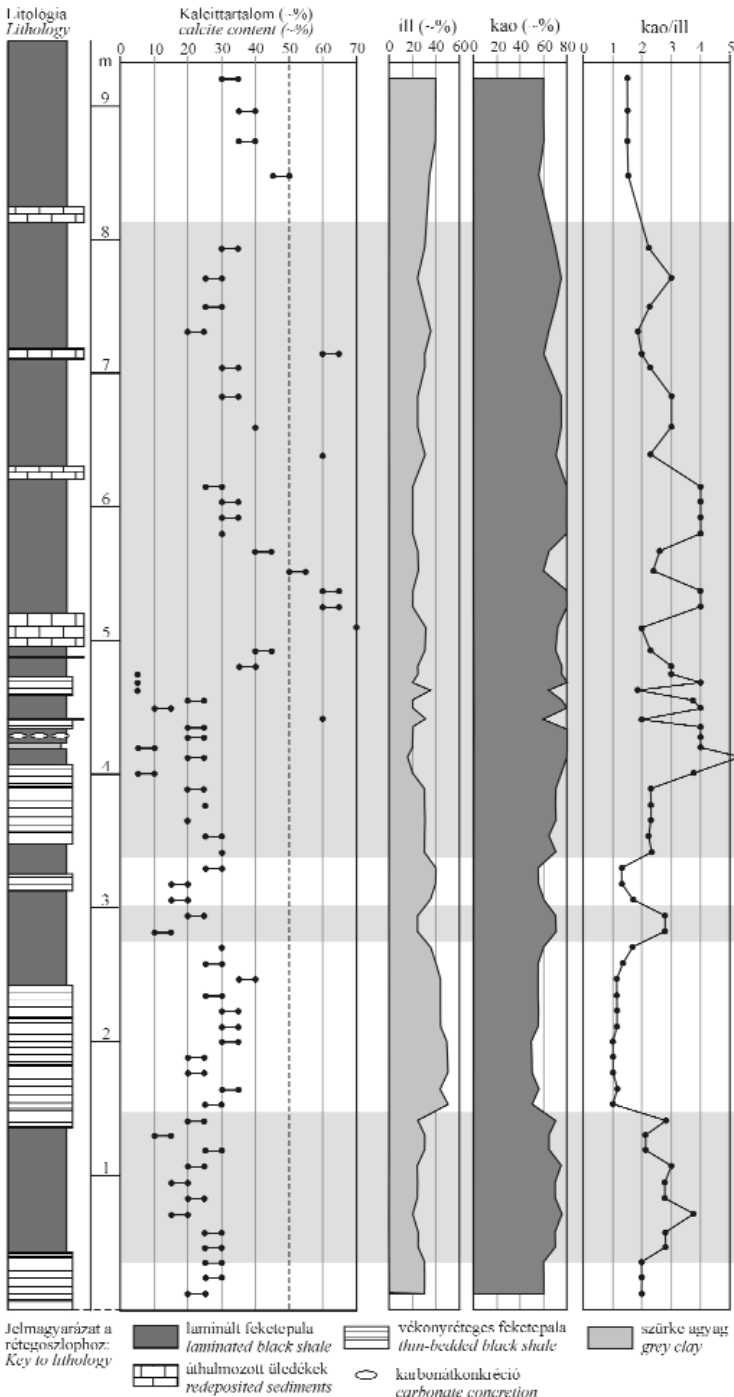
ségű illit±muszkovitot (40%), amorf anyagot (15–20%), piritet (10%), valamint kvarcot, kaolinitet és kalcitot tartalmaz. Az egyetlen vizsgált karbonátkonkréció ásványos összetétele minőségileg nem tér el a feketepalától, csupán a kalcit mennyisége nagyobb (70–75%), ami lecsökkenti a további komponensek arányát (II. táblázat).

A vékonyréteges és a laminált feketepala kalcittartalmában megfigyelhető szabályszerűséget a 5. ábra szemlélteti. A vizsgált szelvény alsó ~5 m-es szakaszán a kalcittartalom fluktuációját figyelhetjük meg. A vékonyréteges feketepala kalcittartalma meghaladja a laminált feketepalát. A szelvény felső részén — ahol a laminált feketepala turbiditrétegekkel változik — a kalcittartalom elsősorban a gravitációsan átülepített karbonát mennyiségétől függ: a turbiditrétegekben éri el a maximumot, majd azoktól távolodva a feketepalában fokozatosan csökken.

#### A minták agyagásványos összetétele (<2 µm-es frakció)

A minták agyagásványos összetétele kőzet-típustól függetlenül nagyon hasonló: a filloszilikátok közül uralkodó mennyiségben a kaolinit (45–80%) és az illit±muszkovit (15–55%) fordul elő (IV–VI. táblázat). A klorit (a fekü foltosmárgában maximum 25%, a feketepalában maximum 5%) és az illit/szmektit kevert szerkezetű ásvány (maximum 10%) mennyisége alárendelt. A kaolinit mennyisége a fekü foltos mészmárgához és lemezes agyagmárgához képest a feketepalában általában nagyobb, az illit mennyisége kisebb (6. és 7. ábra). Ennek megfelelően a kaolinit/illit (kao/ill) arány a feküből származó mintákban 0,8 és 1,9 között változik, a feketepalát feltáró szelvény mintáiban 1,0 és 5,3 közötti (5. ábra).

A klorit kis mennyisége miatt a politípa típusának és a rétegek közi tér domináns kationjának meghatározását nem végeztük el. Az etilén-glikolos kezelés után jelentkező reflexiók helyzete alapján az illit/szmektit kevert szerkezetű ásványfázis véletlenszerűen közberetegzett (R:0), a tiszta szmektit összetételéhez közel álló, erősen duzzadóképes (90–95% szmektittartalom) rétegszilikát. Az egyes minták között a duzzadóképeségben nincs mérhető eltérés. POLLASTRO (1993) és VICZIÁN (1994) értelmezése szerint az R:0 → R:1 átalakulás hőmérséklete a tartós hőhatásnak kitett medencék üledékanyagában 100–110 °C-ra tehető. A minták konzisztens R:0 típusú rendezettsége alapján ezért feltételezhető, hogy felfűtésük nem érte el a 120 °C-ot. A légszáraz felvételeken



5. ábra. Az alsó-toarci feketepala (Óbányai Aleurolit Formáció, Mecsek hegység) Rékavölgyi szelvényének kőzettípusai (jelmagyarázat), félmennyiségi kalcittartalma és agyagásványos összetétele (ill = illit, kao = kaolinit). A három nagy kao/ill arányú (uralkodóan  $\geq 2$ ) szintet világosszürke sávok jelölik

Figure 5. Lithology (see legend), semiquantitative calcite content (%), and clay mineralogy (ill = illite, kao = kaolinite) of the Réka Valley section of the Lower Toarcian black shale (Óbánya Siltstone Formation, Mecsek Mountains, Hungary). Three levels with high values of kao/ill ratio (prevalingly more than 2) are shown by shaded area (light grey)

**IV. táblázat.** A feketepala fekjéből gyűjtött foltos mészmárga (Fm) és lemezes agyagmárga (Lm) <2 µm-es frakciójának félmennyiségi összetétele

**Table IV.** Semiquantitative mineral composition (%) of the <2 µm fraction of the spotted calcareous marl (Fm) and laminated clayey marl (Lm) samples collected from the underlying beds of the black shale section

Minta Sample	ill±mus	chl %	kao	ill/sme	IC °2θ	R	exp %
Fm-01	30	15	<55	ny	0,476	0	95
Fm-03	35	ny	<65	ny	0,429	0	95
Fm-05	50	ny	<50	ny	0,452	0	95
Fm-06	30	25	<45	ny	0,408	0	95
Lm-01	45	ny	<55	ny	0,554	0	95
Lm-02	35	10	<55	ny	0,503	0	95
Lm-03	55	ny	<45	ny	0,496	0	95
Lm-04	35	15	<50	ny	0,488	0	95
Lm-05	40	ny	<60	ny	0,477	0	95

Rövidítések: ill±mus = illit±muskovit, chl = klorit, kao = kaolinit, ill/sme = illit/szmektit kevert-szerkezet, IC = illit kristályossági index KÜBLER (1968) alapján, R = „Reichweite” JAGODZINSKI (1949) alapján, exp = az illit/szmektit kevert-szerkezet duzzadó hányada WATANABE (1981) és ŠRODOŇ (1984) alapján, ny = nyomnyi mennyiség

Abbreviations: ill±mus = illite±muscovite, chl = chlorite, kao = kaolinite, ill/sme = illite/smectite mixed-layer, IC = illite crystallinity index after KÜBLER (1968), R = 'Reichweite' after JAGODZINSKI (1949), exp = expandability of illite/smectite mixed-layer after WATANABE (1981) and ŠRODOŇ (1984), ny = trace amount

**V. táblázat.** A feketepala szelvényéből gyűjtött vékonyréteges feketepala (Fp), szürke agyag (SZA) és turbidit (Tu) <2 µm-es frakciójának félmennyiségi összetétele

**Table V.** Semiquantitative mineral composition (%) of the <2 µm fraction of the thin-bedded black shale (Fp), grey clay, (SZA) and turbidite samples (Tu) collected from the black shale section

Minta Sample	ill±mus	chl %	kao	ill/sme	IC °2θ	R	exp %
Fp-01	30	ny	<60	10	0,450	0	90-95
Fp-02	30	5	<60	10	0,438	0	90-95
Fp-03	30	ny	<60	5	0,462	0	90-95
Fp-12	25	ny	<70	ny	0,454	0	95
Fp-13	50	ny	<50	ny	0,465	0	95
Fp-14	45	ny	<55	ny	0,468	0	95
Fp-15	50	-	<50	ny	0,469	0	95
Fp-16	50	-	<50	ny	0,475	0	95
Fp-17	50	ny	<50	ny	0,465	0	95
Fp-18	45	-	<55	ny	0,465	0	95
Fp-19	45	-	<55	ny	0,456	0	95
Fp-20	45	-	<55	ny	0,458	0	95
Fp-27	40	ny	<55	5	0,452	0	95
Fp-30	30	ny	<65	ny	0,488	0	95
Fp-31	30	-	<70	ny	0,489	0	95
Fp-32	30	-	<70	ny	0,476	0	95
Fp-33	30	-	<70	ny	0,408	0	95
Fp-34	20	-	<75	5	0,422	0	95
SZA	20	ny	<80	-	0,415	-	-
Fp-37	20	-	<80	ny	0,492	0	95
Fp-40	35	ny	<65	ny	0,479	0	95
Fp-41	20	ny	<80	ny	0,475	0	95
Tu-01	30	ny	<60	5-10	0,357	0	95
Tu-03	35	ny	<65	ny	0,365	0	95
Tu-05	30	ny	<60	5-10	0,405	0	95

A további rövidítések megegyeznek a IV. táblázatban megadottakkal.

For the other abbreviations see Table IV.

**VI. táblázat.** A feketepala szelvényéből gyűjtött laminált feketepala (Fp) <2 µm-es frakciójának félmennyiségi összetétele

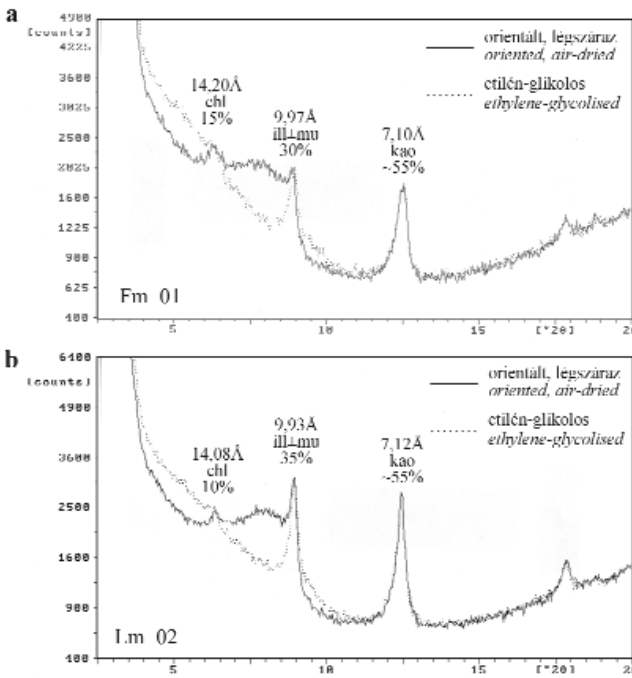
**Table VI.** Semiquantitative mineral composition (%) of the <2 µm fraction of the laminated black shale samples (Fp, Hungarian abbreviation) collected from the black shale section

Minta Sample	ill±mus	chl %	kao	ill/sme	IC °2θ	R	exp %
Fp-04	25	ny	<70	5	0,448	0	90-95
Fp-05	25	ny	<70	5	0,452	0	90-95
Fp-06	20	ny	<75	5	0,446	0	90-95
Fp-07	25	ny	<70	5	0,457	0	90-95
Fp-08	25	ny	<70	5	0,448	0	90-95
Fp-09	25	ny	<75	ny	0,437	0	95
Fp-10	30	ny	<65	ny	0,447	0	95
Fp-11	30	ny	<65	ny	0,455	0	95
Fp-21	45	-	<55	ny	0,453	0	95
Fp-22	40	-	<55	ny	0,469	0	95
Fp-23	35	-	<60	5	0,476	0	95
Fp-24	25	-	<70	5-10	0,469	0	95
Fp-25	25	ny	<70	5-10	0,481	0	95
Fp-26	35	ny	<60	5-10	0,469	0	95
Fp-28	40	ny	<55	ny	0,466	0	95
Fp-29	30	-	<70	ny	0,477	0	95
Fp-35	15	-	<80	5	0,446	0	95
Fp-36	20	ny	<80	ny	0,469	0	95
Fp-38	20	ny	<80	ny	0,490	0	95
Fp-39	20	ny	<75	5	0,470	0	95
Fp-42	25	-	<75	ny	0,463	0	95
Fp-43	25	-	<75	ny	0,455	0	95
Fp-44	30	-	<70	ny	0,432	0	95
Fp-45	20	-	<80	ny	0,423	0	95
Fp-46	20	-	<80	ny	0,411	0	95
Fp-47	25	-	<60	5-10	0,475	0	95
Fp-48	25	-	<65	5-10	0,466	0	95
Fp-49	20	-	<80	ny	0,487	0	95
Fp-50	20	-	<80	ny	0,496	0	95
Fp-51	20	-	<80	ny	0,463	0	95
Fp-52	20	-	<80	ny	0,423	0	95
Fp-53	30	ny	<70	ny	0,457	0	95
Fp-54	25	-	<75	ny	0,507	0	95
Fp-55	25	-	<75	ny	0,515	0	95
Fp-56	30	-	<70	ny	0,514	0	95
Fp-57	35	ny	<65	ny	0,512	0	95
Fp-58	30	-	<70	ny	0,523	0	95
Fp-59	25	-	<75	ny	0,502	0	95
Fp-60	30	-	<70	ny	0,528	0	95
Fp-61	35	-	<55	5-10	0,534	0	95
Fp-62	40	ny	<60	ny	0,524	0	95
Fp-63	40	ny	<60	ny	0,555	0	95
Fp-64	40	ny	<60	ny	0,529	0	95

A további rövidítések megegyeznek a IV. táblázatban megadottakkal.  
The other abbreviations are the same as those in Table IV.

6,5–8,5 Δ°2θ tartományban megfigyelhető rendkívül diffúz jelalak szintén ezt támasztja alá. Az illit kristályossági (IC) értékek viszonylag szűk tartományon belül ingadoznak (IC=0,357–0,555). A legkisebb értékek (IC=0,357–0,405) a turbidit-betelepülésekre jellemzőek; a fekü mészmárga, agyagmárga és a feketepala (vékonyréteges és laminált) IC értékei között nincs lényeges eltérés. Figyelembe véve az irodalomban általánosan elfogadott diagenezis–anchizóna határra jellemző IC értékeket (0,390–0,435; ÁRKAI 1983; WEAVER 1989), a vizsgált minták IC értékei kis részben a két





6. ábra. A feketepalaszint feküjéből vizsgált foltos mészmárga (a) és lemezes agyagmárga (b) minták <2  $\mu\text{m}$ -es frakciójának jellegzetes röntgen-pordiffraktogramjai

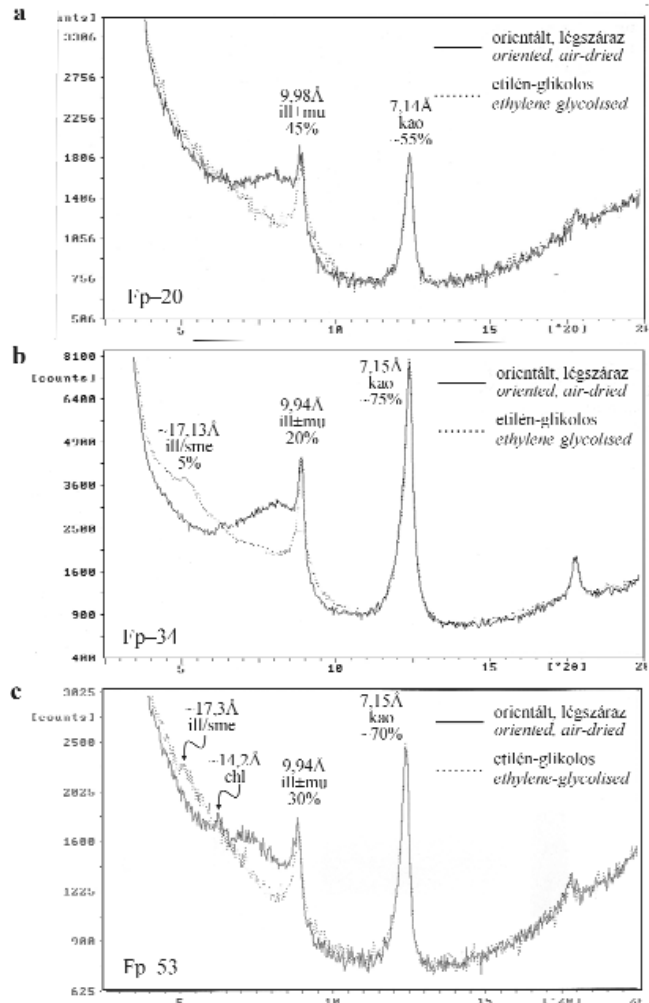
Rövidítések: ill+mu = illit+muskovit, chl = klorit, kao = kaolinit

Figure 6. Typical XRD patterns of the <2  $\mu\text{m}$  fraction of the spotted calcareous marl (a) and laminated clayey marl (b) samples collected from the underlying beds of the black shale

Abbreviations: ill+mu = illite+muscovite, chl = chlorite, kao = kaolinite

zóna határára, döntően azonban a diagenézis tartományába esnek (IV–VI. táblázat). A turbiditok 10 Å-ös fázisainak kisebb IC értékei azzal magyarázhatók, hogy bennük a törmelékes (bizonyára metamorf eredetű) muszkovit diagenetikus illithez viszonyított aránya nagyobb lehet, mint a többi minta esetében.

A nagyfelbontású agyagásványtani vizsgálat alapján az alsó-toarci feketepala Réka-völgyi szelvényében az agyagásványok relatív mennyisége és a rétegtani helyzet között összefüggés figyelhető meg (5. ábra). A vizsgált szelvény alsó részén (alsó ~3,3 m) az agyagban gazdagabb szakaszok (laminált feketepala) kaolinittartalma nagyobb, mint a kalcitban gazdagabb rétegeké (vékonyréteges feketepala); ez utóbbiak viszonylag nagyobb illittartalommal jellemezhetők. A szelvény bázisától mérve ~3,3 m és ~7,7 m között kaolinitben gazdag középső szakasz különíthető el. Ez két további részre tagolható: (1) az alsó részt a kaolinittartalom gyors növekedése jellemzi (maximálisan 80%), (2) a felső részre 35%-nál kisebb illittartalom jellemző. A szelvény felső szakaszán (~7,7 m-től felfelé haladva) az illit relatív mennyisége növekszik, ezzel párhuzamosan a kaolinit mennyisége csökken; ennek megfelelően a kao/ill arány a szelvény felső részén a feketepala közvetlen feküjéből vizsgált képződmények kao/ill arányát közelíti meg (~1,5). A kaolinitben gazdag szakaszok kao/ill aránya a háttérértékhez képest (feküből származó minták) kiugróan nagy ( $\geq 2$ ) (5. ábra).



7. ábra. A vékonyréteges feketepala (a–b) és a laminált feketepala (c) minták <2  $\mu\text{m}$ -es frakciójának jellegzetes röntgen-pordiffraktogramjai

Rövidítések: ill+mu = illit+muskovit, kao = kaolinit, ill/sme = illit/szmektit kevert szerkezet

Figure 7. Typical XRD patterns of the <2  $\mu\text{m}$  fraction of the thin-bedded black shale (a–b) and laminated black shale (c) samples

Abbreviations: ill+mu = illite+muscovite, kao = kaolinite, ill/sme = illite/smectite mixed-layer minerals

## Az eredmények értelmezése

Az Óbányai Aleurolit Formáció Réka-völgyi feltárásából származó minták ásványos összetételét az utólagos, felszíni oxidáció módosította, amelyre a pirit átalakulási termékeként megjelenő goethit és gipsz utal. A feltárásban bekövetkező mállás valószínűleg — kis mértékben — az amorf anyag mennyiségének növekedéséhez is vezetett (pl. limonit), azonban az amorf anyag elsősorban a szerves anyaghoz kapcsolható. A feltárásban végbement utólagos oxidációra — a szerves anyag és a pirit átalakulása alapján — már VARGA et al. (2007) felhívták a figyelmet. Véleményük szerint az átalakulás mértéke általában kicsi, bizonyos minták (pl. Fp-07 és Fp-10) teljesen üdék, ezért a felszíni körülmények között stabilnak tekinthető ásványok relatív mennyiségében megfigyelhető változások elsődleges genetikai információkat hordozhatnak.

A Réka-völgyi szelvényben a feketepala alsó szakaszán a vékonyréteges és a laminált feketepala ásványos összetétele határozott különbséget mutat, amely VARGA et al. (2007) alapján az összes szerves szén (TOC) mennyiségében is tükröződik. A vékonyréteges feketepala (átlagosan 2,8% TOC) kalcit- és illit±muszkovit-tartalma nagyobb, mint a laminált változaté (átlagosan 6,1% TOC), amelyben a kaolinit mennyisége a jelentősebb (5. ábra). Annak ellenére, hogy a szelvény alsó ~5 m-es szakaszán a minták kalcittartalma a nagyfelbontású ásványtani vizsgálat eredménye alapján periodicitást sugall, a félmennyiségi becslési módszer további következtetések levonását nem teszi lehetővé. Értelmezési korlátot jelent továbbá az is, hogy a kora-toarci óceáni anoxikus esemény (OAE; JENKINS 1985, 1988) nyugat-európai szelvényeitől eltérően a Réka-völgyi rétegsor ammonitesz szubzóna szintű tagolása napjainkig nem valósult meg, továbbá radiometrikus korhatározás a szelvényből nem történt, ezért a szedimentációs ráta ismeretlen. Érdemes megjegyezni azonban, hogy KEMP et al. (2005) a toarci OAE-hez kapcsolódó Yorkshire-i (Hawsker Bottoms és Port Mulgrave szelvények) feketepala (Jet Rock) kalcittartalmának szabályszerű változását — a szelvény alsó részén az átlagos hullámhossz 81 cm — a Föld pályaelemeinek periodikus változásával, ezen belül a precessziós ciklussal (~21 ezer év periódusidő), illetve a forgástengely ferdeségének („oblikvitás”) változásával (~40 ezer év periódusidő) hozta összefüggésbe.

A teljeskörűen meghatározott ásványos összetétel figyelembe véve a rétegsor közvetlen fekvéséből származó mintákhoz képest a feketepalában a kaolinit jelentős mennyisége emelhető ki (5. ábra). Ez a lényeges különbség az ökoszisztémái feltételekben bekövetkező változásra utalhat, amely az agyagfrakció (<2 µm) relatív összetételének vizsgálatával tárható fel. Az illit/szmektit kevertszerkezetű ásványok rendezettségének és duzzadó-képességének, valamint az IC értékek alapján a vizsgált alsó-toarci rétegsor a diagenetikus zónánál intenzívebb termikus átalakuláson nem esett át. Ezt támasztja alá DULAI et al. (1992) és VARGA et al. (2007) eredménye is, amely szerint a Réka-völgyi feketepala éretlen, II. típusú kerogént tartalmaz. Figyelembe véve, hogy az agyag-ásvány-együttes a diagenetikus hatásokra kevésbé érzékeny, mint a szerves anyag (WEAVER 1989; DECONINCK et al. 2003), feltételezhető, hogy a vizsgált mintákban az agyag-ásványok relatív mennyisége a lehordási területről az üledékgyűjtő medencébe jutott agyag-ásvány-együttes eredeti összetételét tükrözi. Ez lehetőséget biztosít arra, hogy a Réka-völgyi szelvény agyag-ásványos összetétele segítségével ökoszisztémái és paleoklíma rekonstrukciót végezzünk.

#### *Az agyag-ásványok környezet- és klímajelző szerepe*

Az üledékes kőzetek agyag-ásványos összetétele eredményesen használható a forrásterületen uralkodó ökosz-

isztémái viszonyok jellemzésére (CHAMLEY 1967, 1989, 1997; SINGER 1984; AHLBERG et al. 2003; DECONINCK et al. 2003; FÜRSICH et al. 2005). Az ökoszisztémái kutatások alapját képezi, hogy a törmelékes agyag-ásvány-együttes a forrásterület kőzettani összetételét és az éghajlatot egyaránt tükrözi (BISCAYE 1965). A felső kontinentális kéreg elsősorban plagioklászban és káliföldpátban gazdag kőzetekből, valamint azok mállástermékeiből, a különböző agyag-ásványokból épül fel (NESBITT & YOUNG 1984, 1989; WEAVER 1989). A kémiai mállás folyamatait leegyszerűsítve a fő kőzetalkotó ásványok közül a plagioklász, a káliföldpát, továbbá más alkáli- és alkáliföldfém Al-szilikátok — a vulkáni üveggel együtt — agyag-ásványokká alakulnak. A földpátok leggyakoribb átalakulási terméke a kaolinit és az illit; a mafikus ásványok és a vulkáni üveg leggyakrabban szmektitté, vagy kaolinitté, illitté alakulnak (NESBITT et al. 1980; NESBITT & YOUNG 1984, 1989; WEAVER 1989). A mafikus komponensek átalakulása klorit képződését is eredményezheti (WEAVER 1989). A kémiai mállás során kialakult agyag-ásvány-együttes típusát elsősorban az éghajlat határozza meg; a környezeti tényezők közül kiemelkedő szerepet kap a kémiai mállás rendelkezésre álló idő, a mállási takarót alkotó szemcsék közötti pórusvíz összetétele, továbbá a víz/kőzet arány (BISCAYE 1965; WEAVER 1989; FÜRSICH et al. 2005).

A megfigyelések szerint a kémiai mállás kezdeti szakaszában elsősorban klorit és illit keletkezik (NESBITT & YOUNG 1984, 1989; WEAVER 1989; FÜRSICH et al. 2005), amelyek dúsulása a forrásterület viszonylag gyors erózióját jelzi (FÜRSICH et al. 2005). Nagy mennyiségű törmelékes klorit növekvő kontinentális hatást, azaz közeli lehordási területet is jelezhet (DUARTE 1998). A kémiai mállás erősödésével általában szmektit és kaolinit képződik, amelyek dúsulása az agyagfrakcióban kis eróziós rátára, vagy hosszú idő alatt kialakult talajszint eróziójára utal (NESBITT & YOUNG 1984, 1989; WEAVER 1989; FÜRSICH et al. 2005). Szemektitben gazdag agyag-ásvány-együttes változatos éghajlati viszonyok mellett alakulhat ki, azonban a legkedvezőbb környezeti feltételként a hosszabb száraz és a rövidebb csapadékos periódusok váltakozását tartják (SINGER 1984). Szemektit elsősorban szemi-arid klímán, kis víz/kőzet arány mellett, kis domborzatkülönbségű régiókban keletkezik (fejletlen vízhálózat). Ezzel ellentétben a kaolinit képződésének nedves szubtrópusi–trópusi klímán az intenzív kémiai mállás kedvez (nagy víz/kőzet arány), amely a forrásterületen talajképződést jelez (CHAMLEY 1989).

#### *Kora-toarci ökoszisztémái rekonstrukció a Réka-völgyi szelvény alapján*

A Réka-völgyi alsó-toarci minták agyagfrakcióját (<2 µm-es frakció) a kaolinit uralkodó részaránya jellemzi, amely nedves szubtrópusi–trópusi klímát és nagy víz/kőzet arányt (fejlett vízhálózat) jelez a forrásterületen. Tengeri üledékgyűjtőkben az egyes agyag-ásványok eloszlását nagymértékben befolyásolhatja eltérő aggregátumképzési hajla-

muk, ami általában jellegzetes zonációt eredményez a self-tengerek üledékeinek agyagásvány-együttesében (CHAMLEY 1989). Ennek a zonációnak legfontosabb jellemzője, hogy a kaolinit (a többi agyagásványhoz viszonyítva nagy szemcsemérete és flokkulálódási képessége miatt) rendszerint a partközeli üledékekben halmozódik fel, onnan víz alatti gravitációs üledékmozgásokkal vagy aljzati áramlásokkal halmozódhat át az üledékgyűjtő parttól távoli részeibe (RUFFEL et al. 2002).

A fekéből származó minták és a feketepalák (azaz a „normál” háttérüledékek), valamint a turbidit (azaz zagyártevékenységgel ártülepített anyagú) rétegek egyaránt kaolinitgazdag agyagásvány-társulással jellemezhetők, ezért a kaolinit nagy mennyiségét nem magyarázhatjuk pusztán a sekélytengeri, partközeli régióból történő gravitációs átülepítéssel. A vizsgált minták ásványos összetétele valószínűleg igen intenzív kémiai mállással járó éghajlati körülményeket jelez a forrásterületen.

A kaolinittartalom növekedése a tengerszint kora-toarci emelkedésével is kapcsolatba hozható (HAQ et al. 1987). FÜRSICH et al. (2005) leegyszerűsített modellje szerint a relatív tengerszint-emelkedés következtében a szmektit képződésével jellemezhető kis reliefű parti területek előtérnek, ezáltal a nagyobb domborzati különbséggel jellemezhető és kaolinit képződésének kedvező területek szolgáltatják az üledékanyagot. Ezzel ellentétben DUARTE (1998) hangsúlyozza, hogy egy üledékes közet agyagfrakciójában a kaolinit hiánya vagy jelenléte sokkal inkább a szárazföldi régió vízhálózatának fejlettségétől, mintsem az üledékképződés regresszív vagy transzgresszív jellegétől függ. Ez utóbbi megállapítást erősíti meg COHEN et al. (2004) megfigyelése, akik a Jet Rockban az Os-izotóp-összetétel változását vizsgálták. Eredményeik szerint a *Harpoceras falciferum* zóna legalsó részén, az *exaratum* szubzónában az Os-izotóp összetételében megfigyelhető jelentős kitérés a kontinentális mállási ráta ~400–800 %-os növekedését jelzi.

A Réka-völgyi feketepala közvetlen fekéjéből származó mintákhoz (mint helyi háttérértékhez) viszonyítva, amelyeket általában ~1,5 körüli kao/ill arány jellemez, a feketepalában néhány kiugróan nagy kao/ill aránnyal ( $\geq 2$ ) jellemezhető szint különíthető el (5. ábra). A kaolinit mennyiségének időszakos megnövekedése a kémiai mállási ráta ugrásszerű növekedésére utalhat. Eredményeink alapján így a Réka-völgyi rétegsor ~9 m összvastagságú vizsgált szelvényében kiugóan nagy mértékű kontinentális mállásra utaló szakaszokat különíthetünk el. KEMP et al. (2005) Yorkshire-i Jet Rock szelvények vizsgálata során kimutatták, hogy a  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  értéke a *tenuicostatum* zóna végén három-négy egymást követő kisebb amplitúdójú negatív irányú eltolódás után éri el a minimumát a *tenuicostatum* és a *falciferum* zónák határán. A jelenséget csillagászati tényezők által vezérelt ciklikus metán-hidrát felszabadulási „pulzációkkal” és az ezek következtében kialakuló felmelegedési periódusokkal magyarázzák. Ismereteink szerint a szakirodalomban az OAE kialakulásához kapcsolódó meleg-csapadékos klímaperiódus

kimutatására agyagásványtani eszközökkel eddig nem került sor.

Esetünkben a fenti analógia közvetlen alkalmazását gátolja az, hogy nem ismerjük az üledékképződés sebességét a szükséges felbontásban. Ennek megfelelően a kémiai mállás intenzitásában kimutatható lokális változás regionális korrelációt sem tesz lehetővé, hiszen — a kora-toarci OAE (JENKYNYS 1985, 1988) nyugat-európai szelvényeitől eltérően — a Réka-völgyi rétegsor ammonitesz szubzóna szintű tagolása hiányzik, továbbá a *Harpoceras falciferum* zóna határainak pontos helyzetét sem ismerjük a szelvényben (GALÁZ 1991; DULAI et al. 1992; BALDANZA & MATTIOLI 1992; BALDANZA et al. 1995; BUCEFALO PALLIANI et al. 1997).

## Összefoglaló következtetések

Az alsó-toarci Óbányai Aleurolit Formáció Réka-völgyi szelvényéből származó kőzetminták legnagyobb mennyiségben (széles tartományon belül változva) kalcitot, kvarcot, kaolinitet, illit±muszkovitot és amorf anyagot tartalmaznak. Alárendelt mennyiségben pirit, illit/szmektit kevertszerkezetű rétegszilikát, klorit, plagioklász, kálföldpát, goethit és gipsz mutatható ki a mintákban. Utóbbi két ásvány az utólagos, felszíni oxidáció hatását tükrözi. A feketepalát tartalmazó szakasz közvetlen fekéjéből származó mintákhoz képest az OAE során felhalmozódott kőzetegyüttesben a kaolinit jelentős mennyisége emelhető ki, amely az őskörnyezeti feltételekben bekövetkező változásra utalhat.

A minták agyagásványos összetétele kőzettípustól függetlenül nagyon hasonló: uralkodó mennyiségben a kaolinit (45–80%) és az illit±muszkovit (15–55%;  $IC=0,357-0,555$ ) fordul elő. A klorit (a fekéképződésmennyekben maximum 25%, a feketepalában maximum 5%) és a véletlenszerűen közberetegzett (R:O), erősen duzzadóképes (90–95% szmektit-tartalom) illit/szmektit kevertszerkezetű ásvány (maximum 10%) mennyisége alárendelt. A vizsgált agyagásványtani paraméterek alapján az alsó-toarci szelvény a diagenetikus zónánál intenzívebb termikus átalakuláson nem esett át, ezért feltételezhető, hogy az agyagásványok relatív mennyisége a lehordási területről az üledékgyűjtő medencébe jutó eredeti összetételt tükrözi.

A kaolinit uralkodó részaránya a  $< 2 \mu\text{m}$ -es frakcióban nedves szubtrópusi–trópusi klímát, intenzív kémiai mállást és nagy víz/kőzet arányt (fejlett vízhálózat) jelez a forrásterületen. A kaolinit/illit (kao/ill) arány a fekéből származó mintákban 0,8 és 1,9 között változik, a feketepalát feltáró szelvény mintáiban 1,0 és 5,3 közötti. A kaolinitben gazdag szakaszok az átlagos háttérértékhez (kao/ill~1,5; fekéből származó minták) képest három kiugróan nagy kao/ill arányú ( $\geq 2$ ) szintet jelölnek ki a feketepala rétegsorán belül. A kaolinit mennyiségének időszakos megnövekedése a kontinentális mállási ráta többszörös, ugrásszerű növekedésére utalhat a kora-toarci OAE során.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak MERÉNYI Lászlónak a röntgen-pordiffrakciós mérések során nyújtott technikai segítségéért. Megköszönjük NÉMEDI VARGA Zoltánnak és VETŐ Istvánnak a kézirat gondos áttekintését, észre-

vételeiket és tanácsaikat. A pásztázó elektronmikroszkópos felvételekért TÓTH Attilát és ROSTÁSI Ágneszt illeti köszönet. A tanulmány háttérét biztosító kutatómunkát az OTKA T 047195 nyilvántartási számú téma (témavezető: RAUCSIK Béla) anyagi támogatásával végeztük.

### Irodalom — References

- AHLBERG, A., OLSSON, I. & ŠIMKEVIČIUS, P. 2003: Triassic–Jurassic weathering and clay mineral dispersal in basement areas and sedimentary basins of southern Sweden. — *Sedimentary Geology* **161**, 15–29.
- ÁRKAI, P. 1983: Very low- and low-grade Alpine regional metamorphism of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Bükkium, NE-Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **26**, 83–101.
- BALDANZA, A. & MATTIOLI, E. 1992: Biostratigraphical synthesis of nannofossils in the Early Middle Jurassic of Southern Tethys. — *Knihovnička ZPN* **14a/1**, 111–141.
- BALDANZA, A., BUCEFALO PALLIANI, R. & MATTIOLI, E. 1995: Lower Jurassic calcareous nannofossils and dinoflagellate cysts of Hungary and their comparison with assemblages from Central Italy. — *Palaeopelagos* **5**, 161–174.
- BISCAYE, P. E. 1965: Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. — *GSA Bulletin* **76**, 803–832.
- BUCEFALO PALLIANI, R., RIDING, J. B. & TORICELLI, S. 1997: The dinoflagellate cyst *Luehndea Morgenroth*, 1970, emend. from the upper Pliensbachian (Lower Jurassic) of Hungary. — *Review of Palaeobotany and Palynology* **96**, 113–120.
- CHAMLEY, H. 1967: Possibilités d'utilisation de la cristallinité d'un minéral argileux (illite) comme témoin climatique dans les sédiments récents. — *Comptes Rendus de l'Académie Scientifique Paris* **265**, 184–187.
- CHAMLEY, H. 1989: Clay Sedimentology. — Springer Verlag, Berlin, New York, 623 p.
- CHAMLEY, H. 1997: Clay mineral sedimentation in the ocean. — In: PAQUET, H. & CLAUER, N. (eds.): Soils and Sediments. Mineralogy and Geochemistry. — Springer Verlag, Berlin, New York, 269–302.
- COHEN, A. S., COE, A. L., HARDING, S. M. & SCHWARK, L. 2004: Osmium isotope evidence for the regulation of atmospheric CO<sub>2</sub> by continental weathering. — *Geology* **32/2**, 157–160.
- CSONTOS, L., BENKOVICS, L., BERGERAT, F., MANSY, J. & WÓRUM, 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.
- DECONINCK, J-F., HESSELBO, S. P., DEBUISSE, N., AVERBUCH, O., BAUDIN, F. & BESSA, J. 2003: Environmental controls on clay mineralogy of an Early Jurassic mudrock (Blue Lias Formation, southern England). — *International Journal of Earth Sciences* **92**, 255–266.
- DUARTE, L.V. 1998: Clay minerals and geochemical evolution in the Toarcian–lower Aalenian of the Lusitanian basin (Portugal). — *Cuadernos de Geología Ibérica* **24**, 69–98.
- DULAI A., SUBA Zs. & SZARKA A. 1992: Toarci (alsójura) szervesanyagdús feketepala a mecseki Réka-völgyben. — *Földtani Közönlöny* **122/1**, 67–87.
- FRIMMEL, A., OSCHMANN, W. & SCHWARK, L. 2004: Chemostratigraphy of the Posidonia Black Shale, SW Germany I. Influence of sea-level variation on organic facies evolution. — *Chemical Geology* **206**, 199–230.
- FÜRSICH, F. T., SINGH, I. B., JOACHIMSKI, M., KRUMM, S., SCHLIRF, M. & SCHLIRF, S. 2005: Palaeoclimate reconstructions of the Middle Jurassic of Kachchh (western India): an integrated approach based on palaeoecological, oxygen isotopic, and clay mineralogical data. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **217**, 289–309.
- GALÁZ A. 1991: A Mecsek-hegységi toarci feketepala őslénytani vizsgálata. — Kézirat jelentés, ELTE Őslénytani Tanszék, 1–32. (I–V. tábla)
- GYALOG L. 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. — *A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa* **187**, Budapest, 171 p.
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. & VAIL, P. R. 1987: Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. — *Science* **235**, 1156–1167.
- JAGODZINSKI, H. 1949: Eindimensionale Fehlordnung in Kristallen und ihr Einfluss auf die Röntgeninterferenzen I.: Berechnung des Fehlorderungsgrades aus der Röntgenintensitäten. — *Acta Crystallographica* **2**, 201–207.
- JENKYN, H. C. 1985: The early Toarcian and Cenomanian–Turonian anoxic events in Europe: comparisons and contrasts. — *Geologische Rundschau* **74**, 505–518.
- JENKYN, H. C. 1988: The early Toarcian (Jurassic) anoxic event: stratigraphic, sedimentary, and geochemical evidence. — *American Journal of Science* **288**, 101–151.
- KEMP, D. B., COE, A. L., COHEN, A. S. & SCHWARK, L. 2005: Astronomical pacing of methane release in the Early Jurassic period. — *Nature* **423**, 396–399.
- KÜBLER, B. 1968: Evolution quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. — *Bulletin du Centre de Recherche de Pau — S.N.P.A.* **2**, 385–397.
- NAGY, E. 1968: A Mecsek hegység triász időszaki képződményei. — *MÁFI Évkönyv* **51/1**, 198 p.

- NESBITT, H. W. & YOUNG, G. M. 1984: Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* **48**, 1523–1534.
- NESBITT, H. W. & YOUNG, G. M. 1989: Formation and diagenesis of weathering profiles. — *Journal of Geology* **97**, 129–147.
- NESBITT, H. W., MARKOVICS, G. & PRICE, R. C. 1980: Chemical processes affecting alkalines and alkaline earths during continental weathering. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* **44**, 1659–1666.
- PETSCHICK, R., KUHN, G. & GINGELE, F. 1996: Clay mineral distribution in surface sediments of the South Atlantic: sources, transport, and relation to oceanography. — *Marine Geology* **130**, 203–229.
- POLLASTRO, R. M. 1993: Considerations and applications of the illite/smectite geothermometer in hydrocarbon-bearing rocks of Miocene to Mississippian age. — *Clays and Clay Minerals* **41/2**, 119–133.
- 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.
- RISCHÁK G. & VICZIÁN I. 1974: Agyagásványok bázisreflexióinak intenzitását meghatározó ásványtani tényezők. — *MÁFI Évi Jelentés 1972-ről*, 229–256.
- RUFFEL, A., MCKINLEY J. M., & WORDEN, R. H. 2002: Comparison of clay mineral stratigraphy to other proxy palaeoclimate indicators in the Mesozoic of NW Europe. — *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **360**, 675–693.
- SCHWARK, L. & FRIMMEL, A. 2004: Chemostratigraphy of the Posidonia Black Shale, SW-Germany II. Assessment of extent and persistence of photic-zone anoxia using aryl isoprenoid distributions. — *Chemical Geology* **206**, 231–248.
- SINGER, A. 1984: The paleoclimatic interpretation of clay minerals in sediments — a review. — *Earth-Science Reviews* **21**, 251–293.
- ŠRODOŇ, J. 1984: X-ray powder diffraction identification of illitic materials. — *Clays and Clay Minerals* **32/5**, 337–349.
- VARGA A., RAUCSIK B., HÁMORNÉ VIDÓ M. & ROSTÁSI Á. 2007: Az Óbányai Aleurolit Formáció fekete palájának izotópgeokémiai és szénhidrogén-genetikai jellemzése. — *Földtani Közlöny* **137/4**, 449–472.
- VICZIÁN I. 1987: Agyagásványok Magyarország üledékes kőzeteiben. — Akadémiai doktori értekezés, Budapest, 64–94.
- VICZIÁN I. 1994: A smektit-illit átalakulás függése a hőmérséklettől. — *Földtani Közlöny* **124/3**, 367–379.
- VICZIÁN, I. 1995: Clay minerals in Mesozoic and Paleogene sedimentary rocks of Hungary. — *Romanian Journal of Mineralogy* **77**, 35–44.
- WATANABE, T. 1981: Identification of illite/montmorillonite interstratifications by X-ray powder diffraction. — *Journal of Mineralogical Society of Japan, Special Issue* **15**, 32–41.
- WEAVER, C. E. 1989: Clays, Muds, and Shales. — Amsterdam, Elsevier, 819 p.
- Kézirat beérkezett: 2007. 08. 07.