

Egy „különleges kőzetmozgási alakulat” értelmezése — nyíráshoz kapcsolható szerkezetek a gerecsei Ördögáti-kőfejtőben

SASVÁRI Ágoston^{1,2}

¹MOL NyRt., 1117 Budapest, Október Huszonharmadika út 18.

asasvari@mol.hu

²Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz-Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

sasvariagoston@yahoo.com

Explanation of an ‘extraordinary rock deformation’ — shear-related structures in the Ördögát Quarry of the Transdanubian Range, Hungary

Abstract

The aim of the present paper is to describe and analyse the structural elements in the Valanginian Bersek Marl of the Ördögát Quarry in the Gerecse Mts, Hungary. Fiftyfour years ago, Bálint BALKAY (1955) published a short communication on his observations on an ‘extraordinary rock deformation structure’. The first and main goal of this paper is to identify the origin of the deformation; the existence of both sedimentary and structural mechanisms is supposed. The presence of co-genetical structural deformations and the total absence of sedimentary features suggest pure structural origin.

The formation of an oblique bedded domain in the whole quarry can be related to a bedding-parallel shear. The internal block controlled by two parallel shear planes was cut by subhorizontal normal fault planes; this resulted in the rotation of the blocks synthetic to the shearing direction. This mechanism differs distinctly from the well studied classic block rotation (back tilt) model. Related shear plane related schistosity, minor thrusts, bedding parallel striae, the geometry of the oblique bedded block and bedding controlled the s-c schistosity, this suggests the same origin and same direction of shear. The direction of shear was top-to-east. Taking the palinspastic reconstructions and the structural evolution of the region into consideration, the deformation age is possibly early Albian.

Evidences of an older deformation can be also identified in the Ördögát Quarry. Steep E-NE–W-SW as well as N-S trending fissures can be observed and these form a frequent network in the marl. Their geometry in the normal and oblique bedded rock is different. The retilting of the fissures proves the primacy of fission followed by tilting of shear-controlled blocks. The direction of the compression resulting in the fissures was NE–SW; taking previous results into consideration, their supposed age can be assumed to be Aptian.

The direction of the observed deformation is opposite to the general shear and thrust direction related to the regional structural trend, but the precise explanation of this contradictory looking deformation style will be the aim of a following publication.

Keywords: Gerecse Mts, Cretaceous, Aptian, Albian, Bersek Marl Fm, structural evolution, block rotation, s-c schistosity

Összefoglalás

A dolgozat a Gerecse Ördögáti-kőfejtőjének valangini Berseki Márgájában található szerkezetek leírását és értelmezését tűzte ki célul. A munka nem előzmények nélküli: fél évszázaddal ezelőtt már BALKAY Bálint (1955) rövid tanulmányt szentelt az általa „különleges kőzetmozgási alakulatnak” nevezett jelenség leírására. A feltárásban megfigyelhető jelenség — a normális rétegek között hosszan követhető ferdén rétegzett test — kialakulásának értelmezésekor mindenekelőtt arra a kérdésre kellett választ találni, hogy egyáltalán üledékes vagy szerkezeti okokkal magyarázható jelenséggel állunk-e szemben. Számos egybecsengő szerkezeti bélyeg megléte, valamint a Gerecse kréta képződményeiből jól dokumentált üledékes bélyegek teljes hiánya a szerkezetgeológiai hatók mellett tanúskodik.

A feltárás egészének képét meghatározó ferde rétegzettségű test kialakulása réteglappal párhuzamos nyírásokhoz köthető; ennek során a két nyírósík által kontrollált test blokkokra darabolódott, melyek a nyírás irányával megegyezően, laposságú normálvetők mentén elforogtak. Ez a mechanizmus szigorúan elkülönítendő a nyírással ellentétes irányban forgó blokkokat feltételező, klasszikusnak számító modelltől. A nyírás irányát a nyírósíkok mentén észlelt gyengén fejlett palássági síkok, parányi feltolódások, réteglappal párhuzamos karcok, a kibillentett-kiforgott blokkok rétegdőlése és a ferde rétegzéshez kapcsolatan jelentkező s-c nyírású síkok egybehangzóan mutatják. Az elnyírás nyugat felől kelet felé történt; ennek az eseménynek a kora — szem előtt tartva a terület szerkezetalakulásáról és ősföldrajzi képeről rendelkezésre álló ismereteinket — kora-albainak adódik.

Egy ennél idősebb szerkezetalakulás bizonyítékai is megtalálhatók a kőfejtőben. Meredek kelet-északkelet–nyugat-délnyugati és észak-déli csapású hajszálrepedések figyelhetők meg, melyek sűrű hálózatot alkotnak a márgában. Különlegességük, hogy dőlésük szöge a ferde rétegzettségű test belsejében következetesen eltér az általánostól. A rétegdőléssel való korrekció megerősítette az előzetes sejtést: ezek a hajszálrepedések a blokkok kiforgását okozó nyírást megelőzően alakultak ki. A síkokat kialakító rövidülés iránya északkelet–délnyugati volt; figyelembe véve korábbi ismereteinket, ennek a szerkezeti eseménynek a kora aptinak adódik.

Megemlítendő, hogy az általános nyírás gyakorlatilag ellentétes a nagyszerkezeti és szerkezetfejlődési képből várhatóval. Ez a jelenség nem ismeretlen, azonban részletes értelmezése jelentősen túlnyúlna a dolgozat keretein.

Tárgyszavak: Gercse, kréta, apti, albai, Berseki Márta F., szerkezetalakulás, forgó blokkok, s-c palásság

Bevezetés

A Felsővadácsi Breccsa klasszikus póckői feltárásától délre (elsőként HOFMANN 1884, továbbá VÍGH 1925, FÜLÖP 1958), a Berseki Márgának a Felsővadácsi Breccsa Tagozatra települő gyakorlatilag legalsó rétegeit tárja fel egy mára már felhagyott bánya. A kőfejtőben megjelenő homokkőcsíkos márgában erősebben és gyengébben meszes aleuritos márga rétegek váltakoznak. A képződmény koráról FÜLÖP (1958), FÓZY (1995) és FOGARASI (2001) mutat be adatokat; ennek során a szerzők *valangini* kort adnak meg.

Az Északi-Gercse területéről kimondottan szerkezetföldtani tárgyú dolgozat alig látott napvilágot, ám ezen kevés munka közül az egyik pontosan az Ördögáti-kőfejtővel (1. ábra) foglalkozik: ez BALKAY (1955) dolgozata. Ebben a szerző a Gercse északi felén lévő kőfejtő szerkezeteit bemutatva, általa kompressziósnak vélt jelenségeket ír le. Ezek részletes ismertetését és értelmezését tűzte ki célul a jelen dolgozat; nem véletlen, hogy címében is reflektál BALKAY Bálint klasszikus munkájára. Néhány, az utóbbi években keletkezett kézirat is említést tesz az Ördögáti-kőfejtő területén található szerkezetekről, példaként HALUPKA et al. (1992), CZAUNER et al. (2006) és BOTFALVAI et al. (2007) munkája; a szerzők a szerkezeti jelenségek leírása mellett azonban nem vállalkoztak azok értelmezésére.

Az Ördögáti-kőfejtő szerkezeti elemeinek leírása

Az Ördögáti-kőfejtő leglátványosabb, laikus számára is szembeötlő szerkezete a feltárás jó részén végighúzódó, a rétegzéssel nagyjából párhuzamosan megjelenő ferde rétegzettségű test (2. ábra, A; 3. ábra, 2.). Ennek az anómális kinézetű egységnek a függőlegesen vett vastagsága 80–150 centiméter; az összetlet mind északkeleti, mind pedig délnyugati irányban elvégződik a feltárás területén belül, teljes hossza nagyjából 80 méternek mondható. Az alatta és felette lévő márgarétegek — inntól rendre alsó és felső normális rétegzettségű testek — rétegdőlése a vízszinteshez közeli (3. ábra, 1., 3.). A ferde rétegzettségű test alatt és felett mért rétegdőlések gyakorlatilag azonosnak mondhatók (vö. 3. ábra, 1., 3.).

Felületek

Alsó érintkezési felület

Az alsó normális rétegzettségű és a ferdén rétegzett kőzettestek érintkezése egy kiválóan észlelhető diszkrét sík. Szintén tisztán látható, hogy a sík kivétel nélkül lemetszi a ferde rétegzettségű test rétegeit. A lemetszés egyenes, éles, a ferde rétegekben semmilyen egyéb elváltozást — képlékeny deformációt, összetöredezést vagy felleveledést — nem okoz (2. ábra, B).

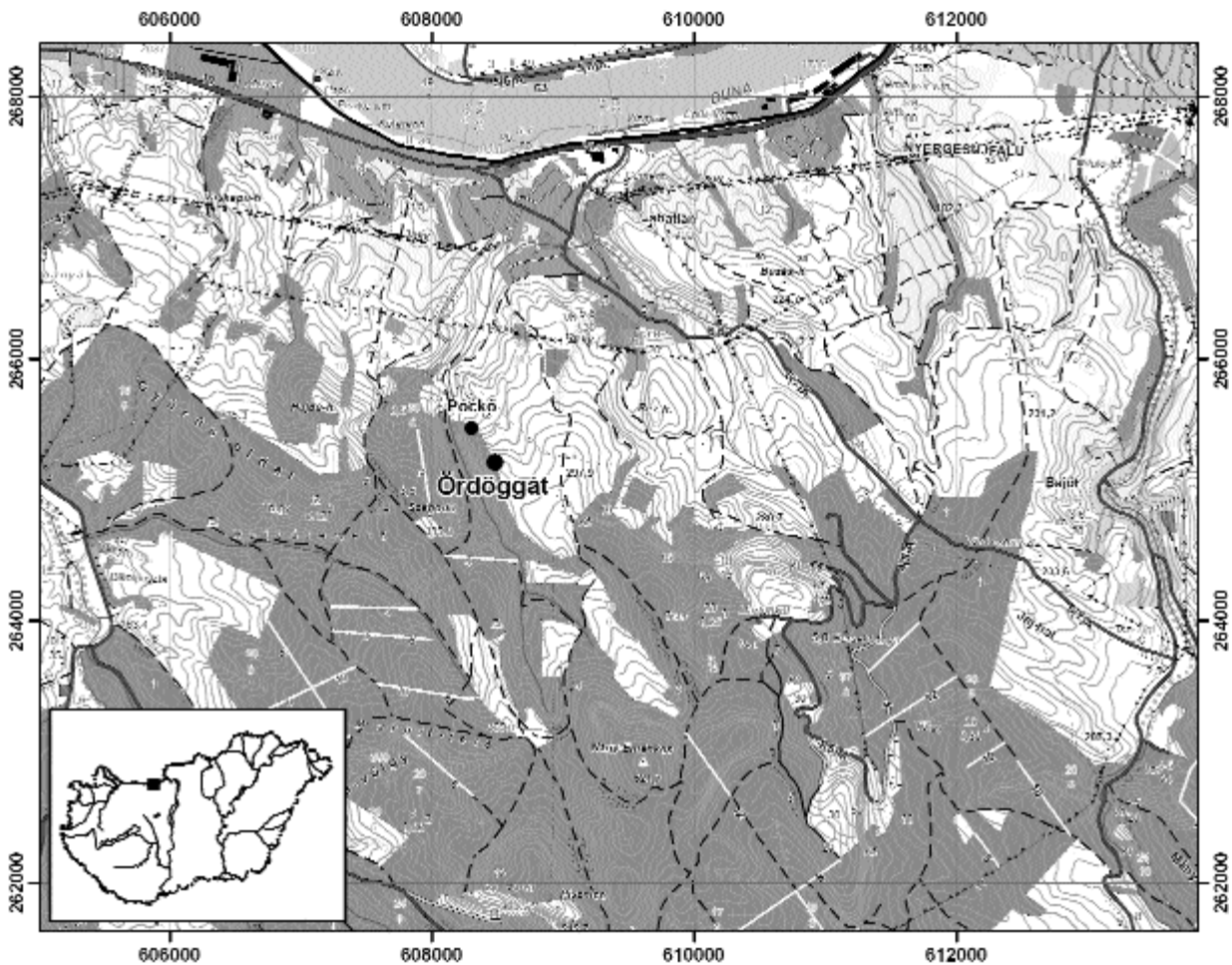
A sík viszonya az alsó normálisan rétegzett testhez megtevesztő: felületes szemlélő a rétegzéssel párhuzamosnak mondaná. Alaposabb szemrevételezéssel azonban látható, hogy ez csak a feltárás középső részére, a BALKAY (1955) által is ismertetett részre igaz; északkeleti, valamint délnyugati irányban ez a sík belemetsz az alsó normális rétegzettségű test rétegeibe is (2. ábra, C). Az érintkezés síkja a réteglapok dőléséhez képest igen lapos szögű, ezért nem is igazán szembeötlő. A konkrét szemrevételezésen kívül egy-egy homokosabb összetételű réteg mint referencia kiválóan segíthet a geometria azonosításában.

A felület a feltárás északkeleti részéről elindulva összességében másfél méternyi vastagságot metsz el lefelé haladva. A sík nem egyenletes: a feltárás közepéig mintegy két – két és fél méternyi réteg lemetszés után nagyjából egy métert lép rétegtanilag felfelé. Az alsó érintkezési sík környékét megbontva BALKAY (1955) közelebbről meg nem nevezett irányú karcokat észlelt — ilyeneket a terepi munka során nem találtam, a feltárás más részeiben viszont igen. Szintén nem sikerült észlelni a BALKAY (1955) által említett „megfolyás” nyomait sem.

Az alsó érintkezési sík alatt nem sokkal, egy homokosabb kifejlődésű rétegben szép szerkezeti jelenséget lehetett találni. Említést érdemel, hogy a nagyobb homoktartalmú rétegekben lévő szerkezetek értelmezése jelentős elővigyázatosságot igényel: a teljes feltárás anyaga tartalmazhat üledékes eredetű formákat, így például lencse alakú homoktesteket, ezért ezeket a megfigyeléseket különösen kritikusan kell kezelni. Ebben az esetben viszont biztosan szerkezeti jelenséggel állunk szemben: a centiméteres vastagságú homokkőlencsécskét három meredekebb sík metszette át, és az egyik mentén a homokkő tisztán észlelhető duplex-szerkezetet vett fel (2. ábra, D).

Felső érintkezési felület

A ferdén rétegzett összetlet felső határát alkotó sík is kiválóan észlelhető, éles, jól megfigyelhető. A ferde rétegzett-



1. ábra. Az Ördögáti-kőfejtő helyének és környezetének topográfiai térképe; a keret számai EOV-koordináták

Figure 1. Topographic map of Ördögáti Quarry location and their neighbourhood in Gerecse Mts, Transdanubian Range, Hungary; numbers indicate coordinates in Hungarian EOV coordinate system

ségű test rétegeit élesen elmetsetzi; a metszés környékén egyéb alakváltozást vagy elváltozást — képlékeny deformációt, jelentős felaprózódást — nem okoz. A felső érintkezési sík első pillanatra szintén a rétegzéssel párhuzamosnak mondható. Közelebről szemügyre véve azonban kitűnik, hogy ez a sík is belemetsz a felső normális rétegzettségű test rétegeibe, bár a rétegdőléshez mérten igen lapos szögben (2. ábra, E).

A felső és alsó érintkezési síkok teljes egészében körül-fogják a kibillentett rétegzettségű testet. A két sík összelátalkozása a feltárás északkeleti részén észlelhető — a síkok egyre közelítenek egymáshoz, érintkeznek, majd a réteghatárra lecsatolódnak. A ferde rétegzettségű test geometriája is kirajzolódik: egy igen lapos, északnyugat–délkeleti irányban elnyújtott rombusz átmetszetű testtel állunk szemben.

Laposszögű normálvetők

Az Ördögáti-kőfejtőben észlelhető ferde rétegzettségű kőzettestet néhány laposszögű vető tagolja. A vetők síkja éles, tisztán látható, maguk a vetők gyakorlatilag vízszintesek (2. ábra, F; 3. ábra, 4.). A vető síkja helyenként nem egyetlen síkszerű elemre korlátozódik, hanem egész vetőzónaként jelenik meg, a mozgás irányához kapcsolatan

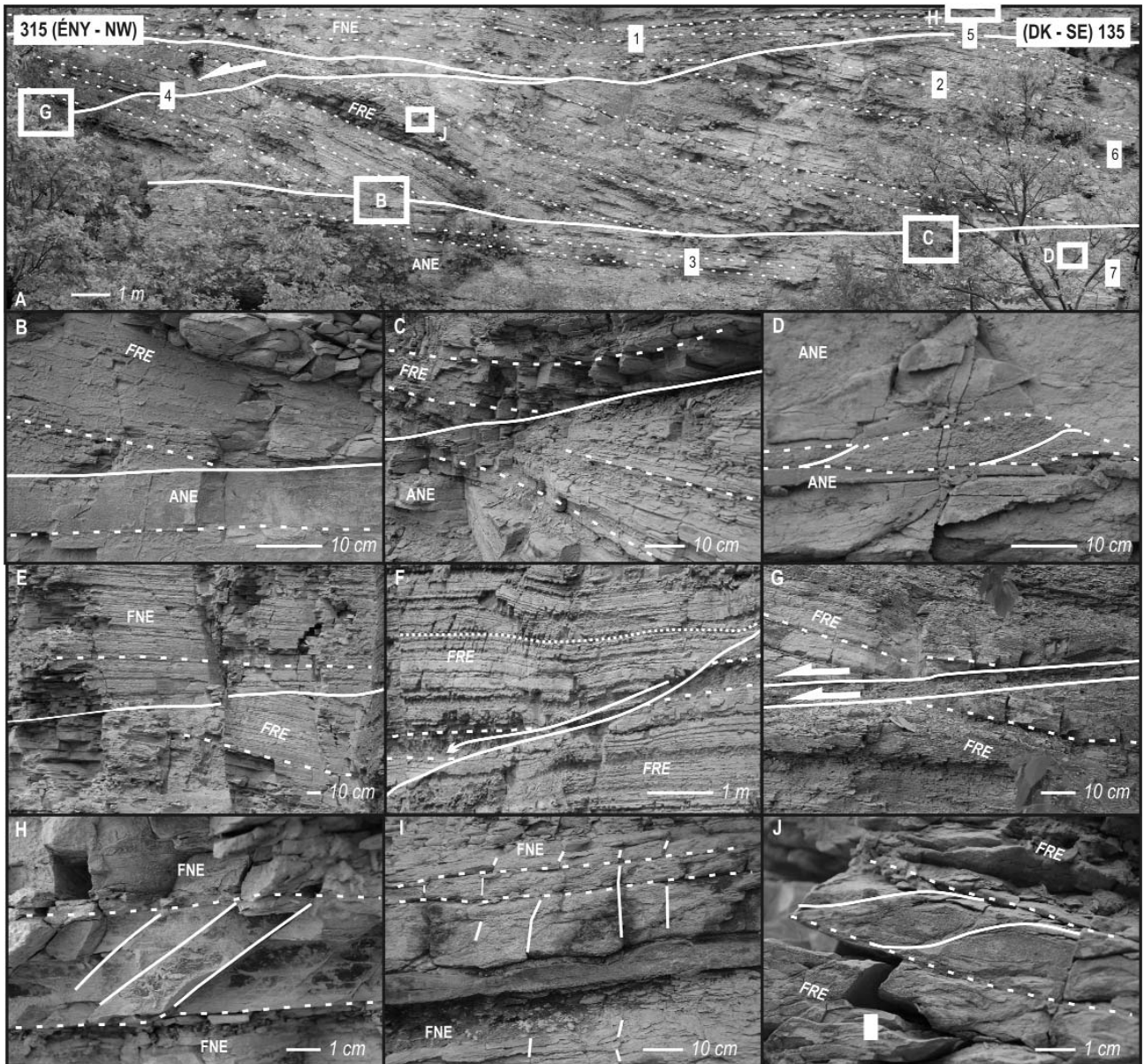
becsípott, erősen igénybevett márgarétegekkel (2. ábra, G). Az elvetés jellege és mértéke is megfigyelhető: jól azonosítható homokkőves betelepüléseket tartalmazó rétegek mentén nagyjából deciméteres nagyságú normális jellegű elvetés észlelhető. Ezen kívül más jelenségek is mutatják az elvetés jellegét: az elvetett szárnyon, különösen a ferde rétegzettségű test teteje felett a rétegek nagyon enyhe meghajlása, redőződése észlelhető (vö. 2. ábra, F). Fontos megemlíteni, hogy a feltárás más részeiben ehhez hasonlóan megjelenő normálvetők nem észlelhetők.

Síkseregek

Az Ördögáti-kőfejtő falában számos síkrendszer észlelhető; ezek helyenként egészen szabályos mintázatot adnak a kőzetnek. Háromfajta, megjelenésében igen eltérő síkféleséget lehetett megfigyelni:

1. A ferde rétegzettségű testet alulról és felülről határoló síkok környezetében meredek nyugatias dőlésű, jó közepes behatolású síksereget lehetett felismerni.

2. A kőzet anyagát igen sűrűn járják át meredek hajszálrepedések, melyek mind a normálisan, mind pedig a ferdén rétegzett testben megjelennek.



3. ábra. Az Ördöggáton mért szerkezeti elemeket sztereografikus ábrái Schmidt-félgömbön, alsó vetületben. További magyarázat a szövegben
Figure 3. Observed structural data of Ördöggát Quarry on Schmidt net, lower hemisphere. For more explanation see text

← **2. ábra.** Az Ördögáti-kőfejtő középső részének képe (A) az egyes részletek kiemelésével (B-J)

A vastag fehér vonalak szerkezeti elemeket, a vékonyabb pontozottak rétegeket mutatnak; FNE = felső normális rétegzésű egység; FRE = ferde rétegzésű egység; ANE = alsó normális rétegzésű egység. Az (A) ábrán számok és betűk mutatják rendre a szerkezeti adatok és a fényképek helyét, amennyiben azok az ábra területére esnek. B = az alsó normális rétegzett és a ferde rétegzésű egység érintkezése; C = az alsó normális rétegzésű és a ferde rétegzésű test határa, mely belemetsz az alsó normális rétegzésű egységbe is; D = homokkóduplekx az alsó normális rétegzésű egységben; E = a felső normális rétegzett és a ferde rétegzésű egység kapcsolata; F = laposzógi normálvető, és az elmozduláshoz köthető extenzió hatására kialakult túlagulásos redő; a részára kétszeresen túlmagasítva; G = laposzógi, normálvető vezetőzóna elnyírt márgablokkokkal; H = meredek nyugatias dőlésű síksereg, I = meredek kelet-északkelet-dél-délnyugati csapású hajszálrepedések; J = s-c palásságként értelmezhető szigmoidális elemek

← **Figure 2.** Picture of central area (A) and features (B-J) in Ördögát quarry

Thick white continuous and dotted lines show structural elements and bedding planes; FNE = upper normal bedded unit; FRE = oblique bedded unit; ANE = lower normal bedded unit. Numbers and letters on (A) indicates data measurement and picture locations, respectively. B = contact of lower normal bedded to oblique bedded unit; C = the contact of lower normal bedded and oblique bedded units cutting the layers of lower normal bedded one; D = sandstone duplex in lower normal bedded unit; E = contact of upper normal bedded to oblique bedded unit; F = low angle normal fault and its related extensional fold; note 2× vertical exaggeration of picture; G = low angle normal fault zone with sheared marl blocks; H = steep W striking fissures, I = steep E-NE-W-SW striking fissures; J = sigmoidal marl features with proposed s-c schistosity origin

3. Észlelhető volt egy másik fajta, lapos szögű, szigmoidális síksereg is — ezeket SASVÁRI (2008a) mutatta be. Jelenlétük már csak azért is figyelemre méltó, mivel kizárólag a ferdén rétegzett blokkban fordulnak elő.

Jó közepes behatolású meredek, nyugatias dőlésű síkseregek

Az alsó normális rétegzésű testben — közvetlenül az érintkezés síkja alatt — helyenként meredek nyugatias dőlésű, közepes behatolású síksereg figyelhető meg. Ugyanez a jelenség a felső érintkezési felület felett, a normális rétegzésű testben sokkal markánsabban jelenik meg. A Bersek-hegy mellett az Ördögáti-kőfejtő volt az a feltárás, ahol ezek a felületek a legszebben látszódtak. Megfigyelhető, hogy a repedésrendszer szinte hálószerűen járja át a kőzetet, nagyjából két-három centiméterenkénti megjelenéssel. A síkok markánsak, jól érzékelhetők, több rétegen is keresztülhatolnak. Felszínükön sem mozgásindikátorokat, sem ásványos kitöltést nem lehetett észlelni (2. ábra, H; 3. ábra, 5.).

Meredek kelet-északkelet-dél-délnyugati és észak-déli csapású hajszálrepedések

A teljes feltárásban számos meredek, kelet-északkelet-dél-délnyugati (2. ábra, I, 3. ábra, 6.) és észak-déli csapású hajszálrepedés figyelhető meg. A síkok közepes behatolásúak, általában teljesen átjárják a márgarétegeket. Megjelenésük több dologban is eltér a fentebb bemutatott jó közepes behatolású nyugatias síkseregétől. Ezek a hajszálrepedések nem jelennek meg dominánsan, bár jelenlétük tisztán észlelhető. Általában egy, legfeljebb két réteget metszenek át, utána a réteghatáron lecsatolódnak.

Fontos és gondolatébresztő jelenség, hogy a felső és alsó normálisan rétegzett blokkban a síkok dőlésiránya és dőlésszöge nagyjából azonos volt, ám a ferde rétegzésű testben eltérő dőlésértékeket lehetett megfigyelni (3. ábra, 7.). Ez az észak-déli csapású síkok esetén igen látványos, míg a kelet-északkelet-dél-délnyugati csapásúaknál kevésbé szembevetődő, bár észlelhető (vö. a 3. ábra, 6. és 7.).

Sajnos a márga anyagi minősége már önmagában sem igazán garantálja vetőkarcok megőrződését; a karcok konzerválására alkalmas ásványos bekérgezés csak elvéve fordul elő az Ördögátban, akkor is jellemzően mozgásjelzők nélkül. Szerencsére mind a kelet-északkelet-nyugat-délnyugati, mind pedig észak-déli csapású síkok egyikén sikerült egy-egy vetőkarcot észlelni: ezek rendre jobbos és

balos jellegű oldalelmozdulásról tanúskodnak. Ennek értelmében — és a törések képét is szem előtt tartva — kézenfekvő ezeket a síkokat kapcsolt nyírást hajszálrepedésnek tartanunk.

Nyugati dőlésű lapos, szigmoidális elemek

A feltárás ferde rétegzésű blokkjában jó közepes behatolású, nyugati dőlésű laposzógi síksereg látható (SASVÁRI 2008a). A parányi felületek ritmikusan, 2–5 centiméterenként jelennek meg a márgarétegekben, azonban a homokkötetekben nem észlelhetők. Alakjuk nem síkszerű, hanem szigmoidális, azaz a rétegzés közepe táján a legmeredekebbek, a réteglap alsó és felső határára érve azonban belesimulnak abba. A felületek picit, görbült felszínű, rombusz alakú testeket fognak közre, melyek anyaga a szigmoidális síkok környezetében fellevelesedik (2. ábra, J). Ilyen síkocskák csak a kibillentett rétegzésű testben fordulnak elő, de abban helyenként uralkodó mennyiségben.

Rétegzéssel párhuzamos karcok

Érdeemes kiemelt figyelmet szentelni a rétegzéssel párhuzamos karcoknak. Ezek a mozgásindikátorok réteglappal párhuzamos nyírást jelölnek, melynek oka egy inkompatibilis csúszófelületen történő mozgástól a redőképződés egyik nyírástos modelljéig (vö. VIALON et al. 1976) igen sokféle lehet.

A réteglapokon megjelenő karcok több helyen is előfordultak a feltárásban, többek között a ferde rétegzésű blokk felső érintkezési felületén, valamint a bányaudvar északi részén, az alsó érintkezési sík alatt nagyjából egy méterrel. A karcok síkja a rétegzés maga, a karc mint lineáció iránya pedig kelet-északkelet-nyugat-délnyugatinak (3. ábra, 8.), illetve északkelet-délnyugatinak mondható (3. ábra, 9.). A márga anyagi minősége és az ásványos bekérgezés hiánya nem tette lehetővé mozgásindikátorok megőrződését, így nem lehet eldönteni, hogy a vetőkarcok mint lineációk mentén melyik irányba történt a mozgás.

Értelmezés

Az észlelt jelenségek értelmezésének legelső lépéseként valamilyen fogódzót kellett találni: egyáltalán üledékes vagy szerkezeti okokra vezethető vissza az így kialakult geometria? A Bersek-hegy kréta képződményeiben üledékes szerkezeteket ismertet FÜLÖP (1958), KRIVÁN (1989),

KRIVÁN & PÉRO (1989) és FOGARASI (1993, 1995, 2001) dolgozata; a terület tágabb és szűkebb ösföldrajzi környezetből rendelkezésre álló adataink (példaként FAUPL & TOLLMANN 1979, KÁZMÉR 1987, SZTANÓ 1990a, b és FAUPL & WAGREICH 1992) okán elsőként a szinszediment kialakulás lehetőségét, leginkább a törmelékmozgások szerepét kellett görcsö alá venni.

Üledékes vagy szerkezetgeológiai eredet?

A feltárt képződmények fáciése okán szükséges volt az üledékes eredetet tanulmányozni; különösen azután, hogy SZTANÓ (1991) és FOGARASI (1995) munkája a mintegy egy kilométerre található Bersek-hegy kréta törmelékes képződményeiből számos üledékmozgáshoz köthető megfigyelést ismertet. Emiatt célszerű volt az Ördöggáti-kőfejtőben talált jelenségeket a szerzők által bemutatott és részletesen tárgyalt észlelésekkel egybevetni. A SZTANÓ (1991) által dokumentált (és FOGARASI 1995 által hivatkozott) csuszamlásos öszlet a mai napig tanulmányozható a Bersek-hegy északi felén, az őrlőmű felett és mellett. Az Ördöggáti-kőfejtőben és a Bersek-hegyen látott feltárásrészletek között az alábbi különbségek észlelhetők:

— A Bersek-hegyen mind a ferde, mind a normál rétegzettségű testek rétegei *rálapolódnak* az egységeket jólrosszul elválasztó síkra (4. ábra, 1.); az Ördöggáti-kőfejtővel ellentétben *nem általánosan jellemző* a ferde rétegek aljának és tetejének lenyíródása.

— Az Ördöggáttal ellentétben a Bersek-hegyen *döntően a normál rétegzettségű* test rétegei szenvedtek lenyesést (4. ábra, 2.), és nem szinte kizárólagosan a ferde rétegzettségű test rétegei.

— A ferde és normál rétegzettségű testek határa a Bersek-hegyen — az Ördöggáti-kőfejtőben megfigyelhetővel ellentétben — javarészt a *ferde* és nem a normál rétegekkel párhuzamos (4. ábra, 3.).

— A normális és ferdén rétegzett egységek határa a Bersek-hegy üledékes eredetű szerkezeténél *nem elvágólagos és éles*, mint az Ördöggáton (4. ábra, 3.).

— A Bersek-hegyen a ferde rétegzettségű egységen belül hajlított, kiékelődő testek figyelhetők meg (4. ábra, 4.); ilyet az Ördöggáti-kőfejtő feltárásában nem találunk.

— A fenti megfigyeléssel összhangban a Bersek-hegyen a rétegdőlés folyamatos változik a ferdén rétegzett egységen belül (4. ábra, 5.), melyhez hasonló az Ördöggáton nem észlelünk.

— A Bersek-hegy feltárásában a ferdén rétegzett testben *nem található meg* az Ördöggáton megjelenő rétegzéshez kapcsolt szigmoidális síkok (2. ábra, J).

— A Bersek-hegyen a normál rétegzettségű test ferde rétegzettségűhöz közeli részén *nem figyelhető meg* az Ördöggáton találhatóhoz hasonló jó közepes behatolású síksereg.

FOGARASI (1995) munkájában a csuszamlásos deformáció további bélyegei találhatóak meg; ennek értelmében a csuszamlások:

— *homorú, középen kivastagodó* kőzettesteket eredményeztek, amelyekben,

— kicsiny *üledékes tágulások szerkezetek* találhatóak,
— a deformált kőzettestek 15–20 fokos *szögkülönbséggel* érintkeznek a környező rétegekkel,
— a csuszamlások alja helyenként *keményfelszínként* értelmezhető.

Az Ördöggáti-kőfejtő esetében kevés hasonló jelenséget találhatunk; gyakorlatilag az egyetlen azonos kritérium, hogy adott rétegek szögkülönbséggel érintkeznek egymással. Kőzetrétegek érdemi kivastagodását és jelentős meghajlását sem a ferde rétegzettségű test egészében, sem pedig az alsó és felső érintkezési síkok környékén nem lehet észlelni. A síkokon nem fedezhető fel a FOGARASI (1995) által bemutatott keményfelszínhez hasonló jelenség, továbbá törmelék-, avagy szemcsefolyásoknak sem található nyomai. Tömegmozgásokhoz kapcsolható eróziós mélyedésekről is említést tesz a szerző, melyek felett törmelék- és szemcsefolyások szemcse- és mátrixvázú nyomai, vagy akár a környezetből felszakított blokkok is észlelhetők — ehhez hasonló megfigyeléseket az Ördöggáti-kőfejtőben nem lehetett tenni.

A fenti összehasonlítás okán a vizsgálódás egyre inkább a szerkezetgeológiai hatók megismerése irányába mozdult el; ennek legfontosabb lépése a feltárásban megismert szerkezeti elemek működésének értelmezése és egybevetése volt.

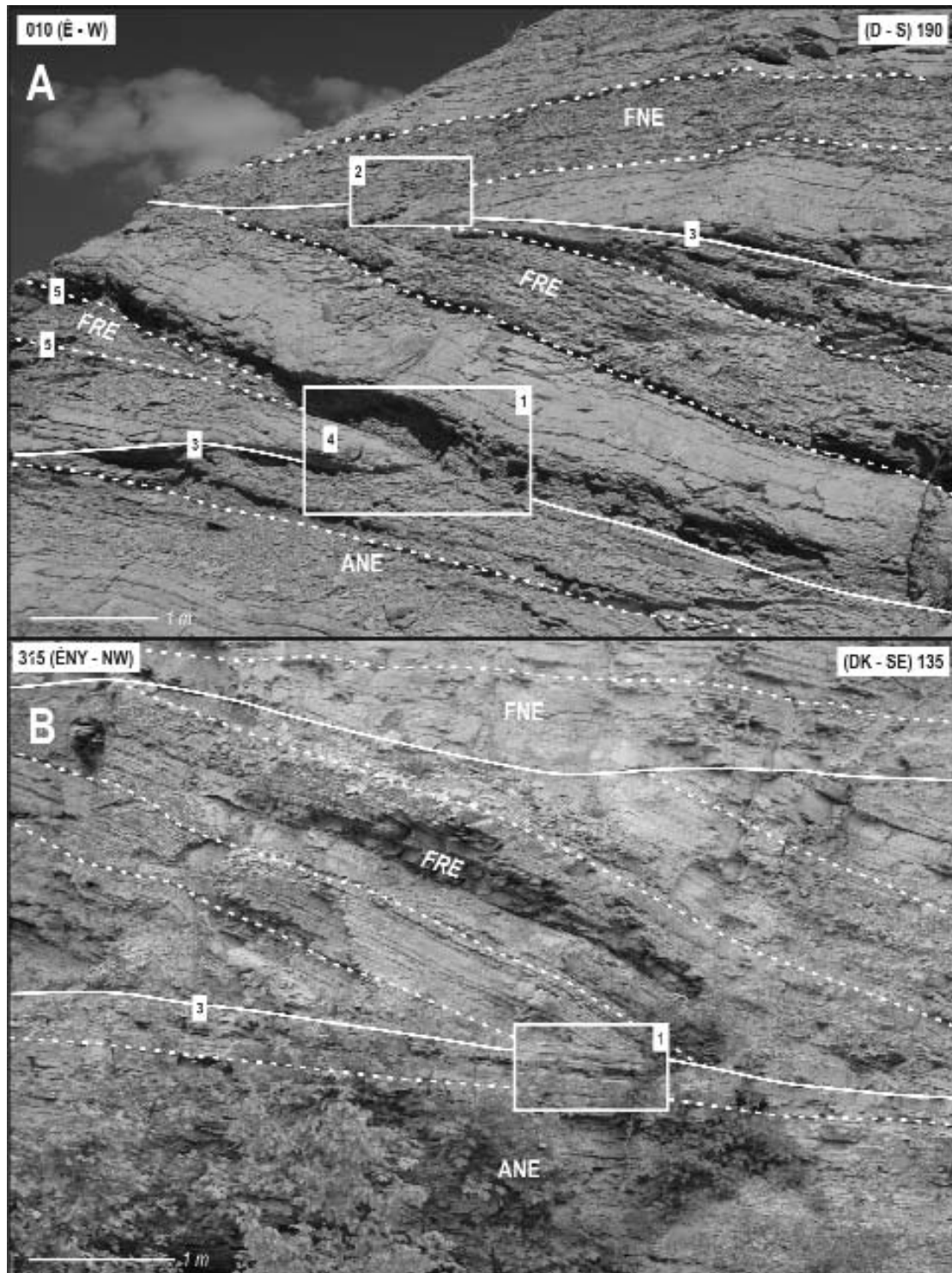
A szerkezeti modell

A szigmoidális síkszerű elemek értelmezése

A szerkezetalakító folyamatok megértésében kulcsszerephez jutottak a szigmoidális geometriával bíró felületek (2. ábra, J). Ezek nyíráshoz köthető síkként (s) értelmezendők, melyek a rétegzéssel (c) kapcsoltan megjelenő s-c síkrendszert alkotnak (elsőként BERTHÉ et al. 1979 említette). A kapcsolt s-c síkrendszer önmagában kiválóan alkalmas a tisztán nyírásos esetekben a feszültségviszonyok és mozgások rekonstruálására. Amennyiben ezek a szigmoidális síkok egy s-c rendszer tagjai, úgy a réteglapok mentén lévő nyírás normális jellegűnek adódik (azaz balról jobbra a 2. ábra, J részén). Ez a felismerés összhangban van a normálvetők (2. ábra, F) jelenlétével, és alátámasztja a *helyi* — nyírású síkok közötti — húzásos deformáció jelenlétét. Ebben az esetben a rétegek elmozdulása a feltárás képén balról jobbra, azaz megközelítőleg északnyugatról délkeletre történt (2. ábra, A).

Az alsó és felső lenyesési síkok értelmezése

A ferde rétegzettségű blokk alsó és felső határának eredete a fentebb leírtak okán szerkezetgeológiai (vö. 2. ábra, B, C, D és E); ezt a mutatja a ferde helyzetű rétegek alsó és felső élének élesen elmetszett vége is, és ezt engedik sejtetni a síkon talált vetőkarcok is (3. ábra, 8.). Kézenfekvőnek tűnik a megoldás, hogy a síkokat mint a rétegzéssel gyakorlatilag párhuzamos nyírósíkokat értelmezzük — ez



4. ábra. A Bersek-hegy üledékes eredetű (SZTANÓ 1991, FOGARASI 1995) csuszamlásának (A) és az Ördögáti-kőfejtő szerkezetének egy részlete (B), megközelítőleg azonos léptékben

A vastag fehér vonalak szerkezeti elemeket, a vékonyabb pontozottak rétegeket mutatnak; FNE = felső normális rétegzésű egység; FRE = ferde rétegzésű egység; ANE = alsó normális rétegzésű egység. További magyarázat a szövegben

Figure 4. Picture of a slump documented by SZTANÓ 1991 and FOGARASI 1995 on Bersek Hill (A) and view of the structure of Ördögát Quarry, approximately the same scale

The thick white continuous lines show structural elements and dotted lines show bedding planes; FNE = upper normal bedded unit; FRE = oblique bedded unit; ANE = lower normal bedded unit. For explanation see text

összhangban van a réteglapon észlelt vetőkarcok megjelenésével is. Az alsó lenyesési sík alatt talált homokkőben megjelenő duplex (2. *ábra*, *D*) a síkhoz kapcsolódó nyírás irányával kapcsolatban ad információt.

A normálvetők szerepe

A feltárásban lévő laposszögű normálvetők a ferde rétegzettségű testet tagolják; a normálvetők mentén nagyjából deciméteres nagyságrendű függőleges és pár deciméteres elvetés észlelhető (2. *ábra*, *F*). Amennyiben a vetők mentén mozgás történt, úgy — a könnyen belátható térfogati problémákat elkerülendő — a ferde rétegzettségű test blokkjainak kiforgásával is számolnunk kell. Ez a forgás — figyelembe véve a normálvetők mentén történő elmozdulás mértékét — minden bizonnyal nem volt jelentős mértékű. Ez összhangban is van a feltárásban észlelhető jelenségekkel: a ferde és a normál rétegzettségű testek rétegdőlése között átlagosan 10–15 foknyi az eltérés (vö. a 3. *ábra* 1. és 3. félgömbjét a 2. félgömbbel). A kiforgás — a feltárás képét szem előtt tartva — óramutató járásával megegyezően történt.

A jó közepes behatolású, meredek, nyugatias dőlésű síkseregek szerepe

Ezek a síkok gyakorlatilag csak az alsó és felső nyírófelület közvetlen közelében jelennek meg, így kézenfekvő közös eredettel magyarázni őket. Fontos felismerés, hogy a sűrű behatolású nyugatias síksereg dőlésiránya (3. *ábra*, 5.) és a réteglappal párhuzamosan észlelt karcok mint lineációk iránya nagyon hasonlóan mondható (3. *ábra*, 8.); a síkrendszer tagjai gyengén fejlett, keleti irányú nyíráshoz kapcsolatosan megjelenő palássági síkokként értelmezhetők.

A modell alapja

A ferde rétegzettségű, lencseszerű test egészét eredményező helyi deformáció rövidüléssel vagy tágulással lehet; előbbire számos kiváló példát ismerünk. Az Ördögáti-kőfejtőben láthatóhoz hasonló geometriát mutat be példaként PRICE & COSGROVE (1991) munkája (176. p.); ebben az esetben egy lencseszerű, réteglapok mint nyírósíkok által határolt testben a szigmoidális geometriával rendelkező rétegek érintkezési felülete egyben nyírás sík is, melynek mentén feltolódásos jellegű mozgás játszódott le. Rövidülés esetén egy többszörös duplexszerkezet alakulhat ki egyetlen réteg többszöri egymásra tolódásával, így a feltárásban egyetlen, azonos réteg ismétlődését kellene látnunk; ezt viszont nem tapasztaljuk. További feloldandó ellentmondás lenne, hogy összenyomásos esetben legalább többszáz méternyi rövidülés eredményét kellene látnunk, azonban ilyen markáns deformáció nyomaival nem találkozunk.

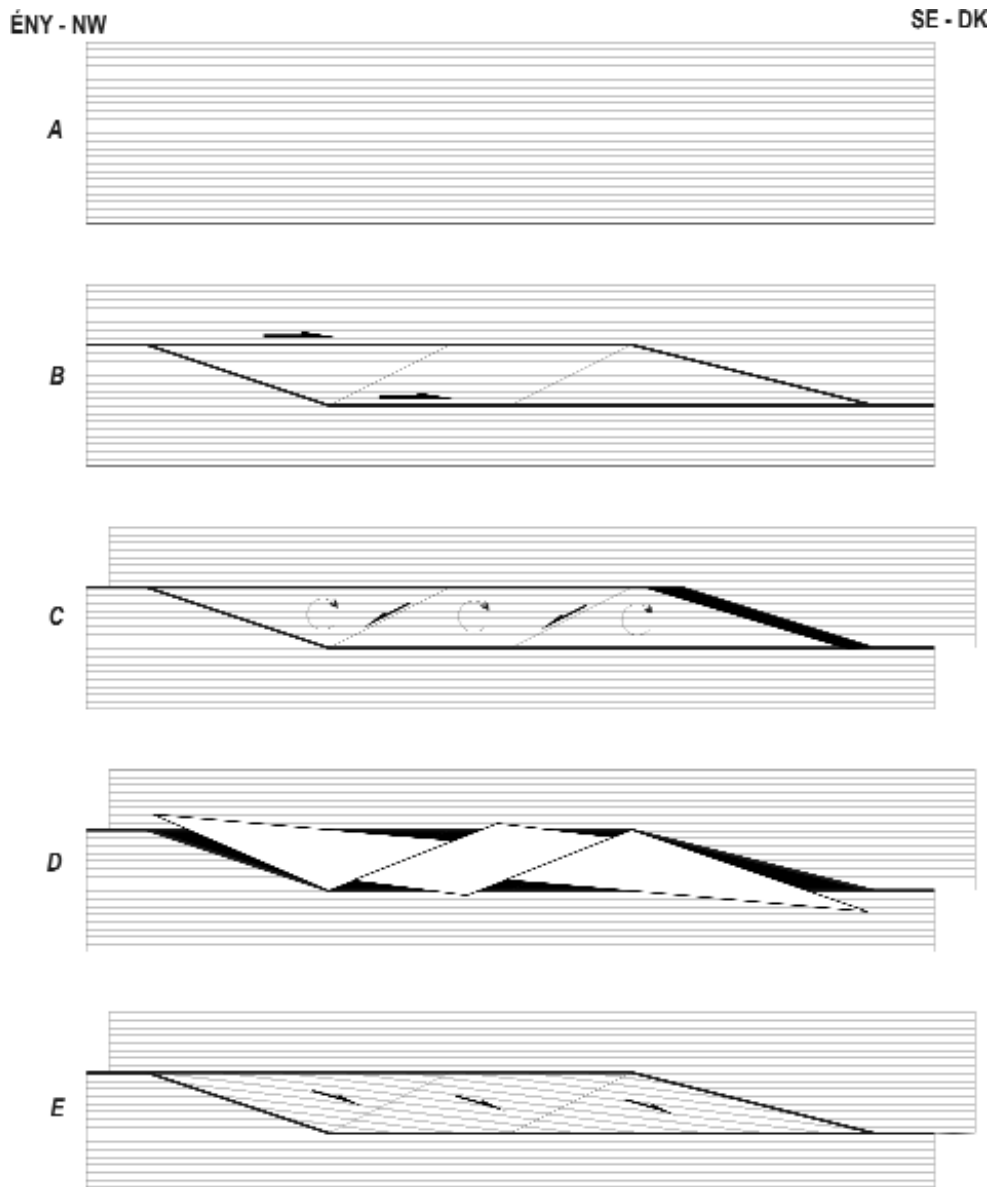
A kapcsolt s-c síkok mentén réteglappal párhuzamos mozgás játszódott le, mely jelenlegi helyzetben normál jellegű elmozdulásként írható le. Továbbá a ferde rétegzettségű blokkot bizonyítottan normális elmozdulású laposszögű síkok tagolják; ennek okán a figyelem egyre inkább a helyi húzásokkal kontrollált szerkezetalakulás felé fordult. A

szerkezeti geológiában nem ismeretlen a nyíráshoz köthető tágulási deformációk jelenségek, melynek két esetét különböztethetjük meg aszerint, hogy a nyírás irányok által meghatározott mozgással azonos, avagy ellentétes irányba forogtak-e ki a nyírósíkok által határolt blokkok. Az előbbi eset a közismertebb: a klasszikus „könyvespolc-szerkezet” és annak értelmezését LOVERING (1928) mutatta be elsőként. A mechanizmusra NICHOLSON et al. (1986) mutat be példát a Szent András-törésvonal környékéről, a folyamat részletes kinematikai ismertetését MANDL (1987) adta meg; ez a modell az alapja TARI (1991) klasszikus blokkrotációs munkájának is. KIM (2000) és KIM et al. (2004) dolgozata hasonló jellegű oldalelmozdulások által kontrollált szerkezetre mutat be általános és konkrét példát. Centiméteres-milliméteres méretben feltöredező és kiforgó ásványszemcsékre mutat a makrotektonikai bélyegekre kísértetiesen emlékeztető geometriát SIMPSON & SCHMIDT (1983) munkája. A fentiek alapján immár lehetőség nyílik a modell kialakítására; ennek értelmében kezdeti, deformálatlan feltárás (5. *ábra*, *A*) közeteiben létrejövő egymásba simuló, rétegtanilag lefelé lépő nyírósíkok a szerkezet alapvető és meghatározó elemei (5. *ábra*, *B*). A síkok mentén történő nyírás során a közöttük lévő összlet deformációt szenvedett. Az alakváltozón túl a ferde rétegzettségű test blokkokra töredezett (5. *ábra*, *B*), mely blokkok a nyírás hatására kiforogtak (5. *ábra*, *C*); a határoló sík mentén így normálvetős jellegű mozgást tapasztalunk (5. *ábra*, *C*). A forgás hatására fellépő térfogati problémák — átfedések és üregek (5. *ábra*, *D*) — a rétegek réteglap menti normális jellegű elmozdulása során keletkezettek (5. *ábra*, *E*) volna; erre azonban a rétegekben fellépő belső deformáció adott megfelelő választ.

A feltárás falával szemben állva így a nyírás balról jobbra (5. *ábra*, *B*), a normálvetők mentén történő elvetés jobbról balra (5. *ábra*, *C*), és ennek eredményeként a blokkok forgása óramutató járásával azonos irányban történt (5. *ábra*, *C*).

Meredek észak–déli és kelet–északkelet–dél-nyugati csapású hajszálrepedések

A hajszálrepedések sztereografikus képén látható, hogy az észak–déli csapású síkok közül azok, amelyek a ferde rétegzettségű testben találhatóak (3. *ábra*, 7.), geometriájukban szembetűnően eltérnek a normális rétegzettségű testekben (3. *ábra*, 6.) észleltektől — jóval laposabbak annál. A kelet–délkelet–nyugat–északnyugati csapású síkok esetében ez a jelenség ennyire tisztán nem észlelhető, mivel a meredek síkok csapása nagyjából egybeesik a rétegek dőlésével (vö. a 3. *ábra* 2. félgömbjét a 6. és 7. félgömbbel). Ezen „anomális” töréseket a kiforgott blokkok rétegdőlésével (3. *ábra*, 2.) visszadöntve hasonló képet kapunk (3. *ábra*, 10.), mint a normális rétegdőlésű testen észlelt törések esetén (3. *ábra*, 6.). Ez utóbbi jelenség egyetlen lehetséges magyarázata, hogy kialakulásuk korábbi, mint a rétegek kiforgásának a kora. Nagy valószínűséggel ehhez a fázishoz tartoznak az északkelet–dél-nyugati irányú réteglappal párhuzamos mozgást mutató vetőkarcok (3. *ábra*, 9.) is.



5. ábra. Az Ördögáti-kőfejtő ferde rétegzettségű testjének kialakulási modellje

A vastag és vékony vonalak a nyírósíkokat és a normálvetőket mutatják; a nyilak a mozgások irányát. További magyarázat a szövegben

Figure 5. Schematic sketch showing the structural model of oblique bedded structure in Ördögát Quarry

Thick and thin lines shows shear and normal fault plane, respectively; arrows indicates the movement direction. More explanation in text

A deformációs fázisok értékelése

A feltárás szerkezeti jelenségeinek bemutatása és értelmezése nem lehet teljes a szerkezetalkító lépések összefoglaló leírása és korának tárgyalása nélkül. Ez utóbbi meghatározása jelentős nehézséget okozott a feltárás leírása és értelmezése során. Mivel a márga valangini képződmény, így ebben a Gerecse szerkezetalkulásának összes poszt-valangini deformációs fázisának meg kell jelennie (pl. BADA et al. 1993, 1994, 1996; MÁRTON & FODOR 2003; SASVÁRI 2008b), így csupán a diszkusszió eszköze jöhetett számításba.

Északnyugat–délkeleti összenyomás

Az Ördögáti-kőfejtőben megismert deformációs fázisok közül a legelső a meredek kelet–délkelet–nyugat–északnyugati és észak–déli csapású hajszálrepedések mutatják; ezek korban biztosan megelőzik a kinyírt blokkok forgását, egyben a két vízszintes nyírási sík működését. A hajszálrepedések (3. ábra, 6.) és a rajtuk mért vetőkarcok szerkezeti képét szem előtt tartva egy északkelet–délnyugati összenyomással jellemezhető oldalelmozdulásos feszültségtérrel állunk szemben.

Az északkelet–délnyugati összenyomással rendelkező feszültségtér „kuriózum” a Dunántúli-középhegység szer-

kezeti fejlődésében; néhány, már a feszültségtér jellege okán is kizárható késő-badeni–szarmata kivételtől eltekintve (a teljesség igénye nélkül PALOTÁS 1991, FODOR et al. 1992, 1999 és BADA 1999) szinte kizárólag a kora-kréta során találunk ehhez hasonló feszültség- és deformációs viszonyokat. A késő-badeni–szarmata szerkezetalakulás ténye egy másik ok miatt sem állhatja meg a helyét: az északkelet–délnyugati összenyomást kelet–nyugati összenyomásnak (lásd később) kell követnie (a ferde rétegzettségű testben található hajszálrepedés-rendszer geometriája okán); ilyen kelet–nyugati összenyomással jellemezhető posztzarmata feszültségteret viszont a Dunántúli-középhegység területéről nem ismerünk.

Szedimentológiai alapon SZTANÓ (1990a, b), FOGARASI (1995) és BÁRÁNY (2004) északkelet–délnyugati összenyomást feltételeznek a valangini – legkorábbi albai periódusra. Hasonló, észak-északkelet–dél-délnyugati összenyomást ismertet FODOR (1998) munkája is. A Dunántúli-középhegység Gerecsétől távolabbi részeiből is ismert ez a deformáció: POCSAI (2003) és POCSAI & CSONTOS (2006) értelmezése szerint ilyen feszültségi és deformációs állapot a Tatai Mészki lerakódásával egyidőben már fennállhatott. ALBERT (2000), munkájában aptira teszi az északkelet–délnyugati irányú deformációt. Figyelembe véve a képződmény korát, az észak–déli és kelet-északkelet–dél-délnyugati csapású hajszálrepedések keletkezése leginkább az *aptira* tehető.

Kelet–nyugati nyírás

A réteglapok mentén észlelt vetőkarcok és a jó közepes behatolású meredek nyugatias dőlésű síkok (2. *ábra*, H) szinte pontosan kelet–nyugati irányú összenyomásról árulkodnak; ez összhangban van SASVÁRI (2008a) megfigyeléseivel. Mivel ez utóbbiak az alsó és felső lenyesési síkokhoz kapcsolatosan jelennek meg, így a deformáció jellege szinte pontosan nyugat felől kelet felé irányuló nyírás. A szerkezeti modell ellenőrzését is elvégezhetjük ennek az összenyomási fázisnak az elemzésével: amennyiben a nyugatról keletre irányuló nyírás okozta a nyírósíkok kialakulását és ezzel egy időben a közöttük lévő test blokkjainak kiforgását, úgy a blokkokban — egyszerű geometriai megfontolások okán — nagyjából keleties rétegdőléseket kell találnunk. A 3. *ábra* II. félgömbje mutatja be a ferde rétegzettségű blokk rétegdőléseinek a feltárás egészére jellemző átlagdőléssel korrigált vetületi képét — utóbbi esetben gyakorlatilag a várt keleties dőléseket kapjuk. Megjegyzendő, hogy — pontosan a vízszinteshez közeli dőlésértékek okán — a visszabillentés eredménye néhány foknyi eltérés hatására már észrevehetően megváltozhat, ám ez nem jelenti az általános érvényű megfigyelések módosulását.

A kelet–nyugati rövidülés értelmezésében támpontot adhat TARI (1994) és MINDSZENTY et al. (1994, 2000) flexurális deformációs modellje. Ennek értelmében a Dunántúli-középhegység területe a Vardar-óceán záródása (a teljesség igénye nélkül RATSCHBACHER 1986, 1987, NEUBAUER 1987, valamint FRITZ 1988, POBER & FAUPL 1988, FAUPL &

WAGREICH 1992, CSÁSZÁR & ÁRGYELÁN 1994) során a obdukcióhoz kapcsolható, nagyjából kelet felől nyugat felé vergáló előtéri kiemelkedés volt; a kiemelkedést az obdukált Vardar-ofiolit izosztatikusan terhelése okozta. Ezt a deformációs fázist követte TARI (1994) szerint a Dunántúli-középhegység fő szinklinális-szerkezetének (BALLA & DUDKO 1989, TARI 1994, 1995) kialakulása.

A Gerecse területéről BADA (1994) munkája mutat be ilyen kora-krétának interpretált feszültségteret. Bakonyi és vértesi analógiákkal is szolgál a rendelkezésre álló irodalom: MAROS (1988), DUDKO (1994) és ALBERT (2000) említik munkájukban a kelet–nyugati irányú összenyomást. A rövidülés korát legpontosabban talán ALBERT (2000) adja meg: a szerző az apti utánra, az albai üledékciklus előttre (azaz késő-apti után és középső-albai előtt) teszi. Felhasználva a fenti eredményeket, megalapozottan feltételezhető, hogy a feltárásban észlelhető nyugatról keletre történő nyírás kora *kora-albai*.

A nyírás iránya ellentétes a nagyszerkezeti kép alapján várható deformációs képpel; ez a jelenség önmagában is további magyarázatot igényel. Az értelmezéshez alapot nyújthat a terület apti–albai szerkezetfejlődésével összhangban lévő *hanging wall duplex* modell (BANKS & WARBURTON 1986); azonban ennek részletes elemzése és értelmezése már csak egy későbbi munka tárgyát képezheti.

Következtetések

— A Gerecse Ördögáti-kőfejtőjében két kréta szerkezetalakulási lépés nyomai, bizonyítékai azonosíthatók.

— Egy korábbi, minden bizonnyal *apti* fázis során — északkelet–délnyugati irányú rövidülés hatására — kapcsolt hajszálrepedés-rendszer alakult ki, melynek irányait a síkokon és réteglapokon észlelt vetőkarcok támasztják alá.

— Második lépésként nyugat felől kelet felé irányuló nyírás érte a feltárás valangini márgáját — ennek hatására két, rétegzéssel párhuzamos nyírósík és egy közéjük zárt blokk alakult ki.

— A nyírás jelenlétét többek között a nyírósíkokhoz köthető jó közepes behatolású meredek nyugatias dőlésű síkseregek — gyengén fejlett palássági síkok — és réteglappal párhuzamos karcok mutatják, a helyi deformációs térről az apró, homokkőlenyegben észlelhető feltolódások tanúskodnak.

— A nyírás során a nyírósíkok közötti testet laposszögű normálvetők tagolták.

— A nyírás hatására a blokkok a nyírással *azonos* irányba kiforogtak.

— Az általánosságban rövidüléssel deformációs teret helyi tágulás kísérte: a blokkok belső alakváltozása során a kibillentett rétegdőlésű blokkok rétegei normális irányban „lecsúsztak” egymáson, melyet a rétegekben észlelt s-c síkrendszerek jelenléte bizonyít.

— A fentebbi jelenségek egymással összhangban vannak, és együttes értelmezésük egy kelet–nyugati nyírással kontrollált tágulási blokkrotációs modellel magyarázható.

— Az utóbbi szerkezeti esemény kora — szem előtt tartva a terület szerkezetfejlődéséről rendelkezésünkre álló ismereteket — minden bizonnyal *kora-albainak* mondható.

Köszönetnyilvánítás

A dolgozatban bemutatott eredmények nem jöhettek volna létre közvetlen kollégáim és munkatársaim segítségével

nélkül. Így köszönetemet fejezem ki BAGOLYNÉ ÁRGYELÁN Gizellának és SOMFAI Attilának, akiktől minden támogatást megkaphattam feladatom elvégzéséhez. CSONTOS László valamilyen újszerű ötlettel, megközelítéssel mindig segítette munkámat. Köszönetemet fejezem ki bírálóiimmak, FOGARASI Attilának és PALOTAI Mártonnak részletes észrevételeikért és megjegyzéseikért. A terepi észlelések során — mint a régi szép időkben — POCSAI Tamás és PROHÁSZKA András voltak társaim.

Irodalom — References

- ALBERT G. 2000: Az Északi-Bakony gyűrődései. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 89 p.
- BADA G. 1994: A paleofeszültségtér fejlődése a Gerecse hegység és kelet-délkeleti előterének területén. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, 137 p.
- BADA, G. 1999: Cenozoic stress field evolution in the Pannonian Basin and surrounding orogens: inferences from kinematic indicators and finite element modelling. — *Doktori dolgozat, kézirat*, Vrije Univ., Amsterdam, 204 p.
- BADA, G., KNIBBE, F. L., NAGTEGAAL, J. & NÉMETH K. 1993: Tertiary evolution of the stress field in the Gerecse Mountains, N. Hungary with implications for the dynamics of the Pannonian Basin. — *Terra Abstracts* **5**, p. 214.
- BADA, G., FODOR, L., SZÉKELY, B. & TÍMÁR, G. 1996: Tertiary brittle faulting and stress field evolution in the Gerecse Mountains, northern Hungary. — *Tectonophysics* **255**, 269–289.
- BALKAY B. 1955: Különleges kőzetmozgási alakulat. — *Földtani Közlemények* **85/2**, 153–156.
- BANKS, C. J. & WARBURTON, J. 1986: 'Passive-roof' duplex geometry in the frontal structures of the Kirthar and Sulaiman mountain belts, Pakistan. — *Journal of Structural Geology* **8**, 229–237.
- BÁRÁNY M. 2004: A jura–kréta határ gravitációsan átülepített képződményei az Északi-Gerecseben. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 72 p.
- BERTHÉ, D., CHOUKROUNE, P. & JEGOUZO, P. 1979: Orthogneiss, mylonite and non coaxial deformation of granites: The example of the South Armorican Shear Zone. — *Journal of Structural Geology* **1**, 31–42.
- BOTFALVAI G., FÁBIÁN P., KEMÉNY B. & MOLNÁR L. 2007: Gerecse terepgyakorlati jelentés. — *Kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 56 p.
- CZAUNER B., KISS B., OROSZ E. & SÁGI T. 2006: Terepgyakorlati jelentés. — *Kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 66 p.
- CSÁSZÁR, G. & ÁRGYELÁN, G. B. 1994: Stratigraphic and micromineralogic investigations on Cretaceous Formations of the Gerecse Mountains, Hungary and their palaeogeographic implications. — *Cretaceous Research* **15**, 417–434.
- DUDKO A. 1994: Jelentés a gerecsei 1993-as évi térképezési terület szerkezeti vizsgálatáról. — *Kézirat*, MÁFI Középhegységi projekt, 58 p.
- FAUPL, P. & TOLLMANN, A. 1979: Die Rossfeldschichten: Ein Beispiel für Sedimentation im Bereich einer Tektonisch aktiven Tiefseeinne aus der Kalkalpinen Unterkreide. — *Geologische Rundschau* **68/1**, 93–120.
- FAUPL, P. & WAGREICH, M. 1992: Cretaceous flysch and pelagic sequences of the Eastern Alps: correlations, heavy minerals, and paleogeographical implications. — *Cretaceous Research* **13**, 387–403.
- FODOR, L. 1998: Late Mesozoic and Early Paleogene tectonics of the Transdanubian Range. — *Abstract book of the Carpathian-Balkan Geological Association XVI. Congress, Austria*, 165 p.
- FODOR, L., MAGYARI, Á., KÁZMÉR, M. & FOGARASI, A. 1992: Gravity-flow dominated sedimentation on the Buda paleoslope (Hungary): Record of Late Eocene continental escape of the Bakony unit. — *Geologische Rundschau* **81/3**, 695–716.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÖRFI, I. & BENKOVICS, L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of paleostress data. — In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH F., SÉRANNE, M. (eds): *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogene*. Geological Society, London, Special Publications, 295–334.
- FOGARASI A. 1993: Egy tengeralatti jeltő elemző üledékföldtani és ciklussztratigráfiai vizsgálata a Gerecse hegységben. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 53 p.
- FOGARASI A. 1995: Üledékképződés egy szerkezeti mozgásokkal meghatározott kréta korú tengeralatti lejtőn a Gerecse hegységben — munkahipotézis. — *Általános Földtani Szemle* **27**, 15–41.
- FOGARASI A. 2001: A Dunántúli-középhegységi alsó-kréta képződmények mészvázú nannoplankton sztratigráfiája. — *Doktori dolgozat, kézirat*, Általános és Történeti Földtani Tanszék, 95 p.
- FÖZY I. 1995: A gerecsei Bersek-hegy alsó kréta rétegtana. — *Általános Földtani Szemle* **27**, 7–14.
- FÜLÖP J. 1958: A Gerecsehegység krétaidőszaki képződményei. — *Geologica Hungarica series Geologica* **11**, 124 p.
- HALUPKA G., INCZE SZ. & SZIVES O. 1992: A Nyagda-völgy és környéke földtani képződményeinek litológiai és szerkezetföldtani vizsgálata térképezési gyakorlat keretében. — *Kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 52 p.
- HOFMANN K. 1884: Jelentés 1883 nyarán Oszöny és Piszke között foganatosított földtani részletes felvételekről. — *Földtani Közlemények* **14**, 174–190.

- KIM, Y. S. 2000: Damage structures and fault evolution around strike-slip faults. — *Doktori dolgozat, kézirat*, University of Southampton, 300 p.
- KIM, Y. S., PEACOCK, D. C. P. & SANDERSON, D. J. 2004: Fault damage zones. — *Journal of Structural Geology* **26**, 503–517.
- KISS, A., GELLÉRT, B. & FODOR, L. 2001: Structural history of the Porva basin in the northern Bakony Mts (Western Hungary): implications for the mesozoic and tertiary tectonic evolution of the Transdanubian Range and Pannonian Basin. — *Geologica Carpathica* **52/3**, 183–190.
- KRIVÁN, B. 1989: A Lower Cretaceous flysch sequence in the Gerecse Mts. (Hungary). — In: KÁZMÉR, M. (szerk.): *Abstracts of 10th meeting of IAS*. 271–272.
- KRIVÁN B. & PÉRÓ Cs. 1989: A bersek-hegyi bánya üledékföldtani szelvényezése. — *Kézirat*, Magyar Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest, 35 p.
- LOVERING, T. S. 1928: The fracturing of incompetent beds. — *Journal of Geology* **36**, 709–717.
- MANDL, G. 1987: Tectonic deformation by rotating parallel faults: the „bookshelf” mechanism. — *Tectonophysics* **141**, 277–316.
- MAROS Gy. 1988: A Vértes hegységi Vitány-vár környékének tektonikai elemzése. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1986. évről*, 295–309.
- MÁRTON, E. & FODOR, L. 2003: Tertiary paleomagnetic results and structural analysis from the Transdanubian Range (Hungary): rotational disintegration of the Alcapa unit. — *Tectonophysics* **363**, 201–224.
- MINDSZENTY, A., KNAUER, J. & MÁTÉFI-STEFLER, M. 1994: Superimposed paleokarst phenomena in the Halimba basin (South Bakony, Hungary) — The anomaly of a multiple regional unconformity. — *Abstracts IAS 15th Regional Meeting, Ischia, Italy*, p. 285.
- MINDSZENTY A., CSOMA A., TÖRÖK Á., HIPS K. & HERTELENDI E. 2000: Flexura jellegű deformációhoz köthető karsztbauxitszintek a Dunántúli-középhegységben. — *Földtani Közlemény* **131/1–2**, 107–152.
- NEUBAUER, F. 1987: The Gurktal thrust system within the Austroalpine region — Some structural and geological aspects. — In: FLÜGEL, W. & FAUPL, P. (eds): *Geodynamics of the Eastern Alps*. Deuticke, Wien, 226–236.
- NICHOLSON, C., SEEGER, L., WILLIAMS, P. & SYKES, L. R. 1986: Seismic evidence for conjugate slip and block rotation within the San Andreas fault system, southern California. — *Tectonics* **5**, 629–648.
- PALOTÁS K. 1991: Üledék- és szerkezetföldtani vizsgálatok a Tétényi-fennsíki szarmatában. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 103 p.
- POBER, E. & FAUPL, P. 1988: The chemistry of detrital chromian spinels and its implications for the geodynamic evolution of the Eastern Alps. — *Geologische Rundschau* **77**, 641–670.
- POCSAI T. 2003: A Tatai Mész-kő Formáció bázisképződésének vizsgálata. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 90 p.
- POCSAI, T. & CSONTOS, L. 2006: Late Aptian – Early Albian syn-tectonic facies-pattern of the Tata Limestone Formation (Transdanubian Range, Hungary). — *Geologica Carpathica* **57/1**, 15–27.
- PRICE, N. J. & COSGROVE, J. W. 1991: *Analysis of geological structures*. — Cambridge University Press, Cambridge, 2nd edition, 502 p.
- RATSCHBACHER, L. 1986: Kinematics of Austro-Alpine cover nappes: changing translation path due to transpression. — *Tectonophysics* **125**, 335–356.
- RATSCHBACHER, L. 1987: Strain, rotation and translation of Austroalpine nappes. — In: FLÜGEL, W. & FAUPL, P. (eds): *Geodynamics of the Eastern Alps*. Deuticke, Wien, 237–243.
- SASVÁRI Á. 2008a: Rövidüléshez köthető deformációs jelenségek a Magas-Gerecse területén. — *Földtani Közlemény* **138/4**, 383–400.
- SASVÁRI Á. 2008b: A Magas-Gerecse feszültségterének fejlődése a Dunántúli-középhegységről készült publikációk tükrében: irodalmi áttekintés. — *Földtani Közlemény* **138/2**, 445–468.
- SIMPSON, C. & SCHMIDT, S. 1983: An evaluation of criteria to deduce the sense of movement in sheared rocks. — *Bulletin of the Geological Society of America*. **94**, 1281–1288.
- SZTANÓ O. 1990a: Durvatörmelékes üledékek gravitációs tömegmozgásai egy gerecsei alsókréta tengeralatti csatornakitöltő konglomerátum példáján. — *Általános Földtani Szemle* **25**, 337–360.
- SZTANÓ, O. 1990b: Submarine fan-channel conglomerate of Lower Cretaceous, Gerecse Mts., Hungary. — *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* **7**, 431–446.
- SZTANÓ, O. 1991: Submarine fan deposits of Late Aptian – Early albian, Stop 2, Lábatlan. — In: TÖRÖK, Á (ed.): *Programmes, abstracts and guidebook for 1st international meeting of young geologists Budapest, Excursion C*, 213–220.
- TARI, G. 1991: Multiple Miocene block rotation in the Bakony Mountains, Transdanubian Central Range, Hungary. — *Tectonophysics* **199**, 93–108.
- TARI, G. 1994: Alpine tectonics of the Pannonian Basin. — *Doktori dolgozat, kézirat*, Rice University, Houston, Texas, 489 p.
- TARI, G. 1995: Eoalpine (Cretaceous) tectonics in the Alpine/Pannonian transition zone. — In: HORVÁTH, F., TARI, G. & BOKOR, Cs. (ed.): *Extensional collapse of the Alpine orogene any Hydrocarbon prospects in the Basement and Basin fill of the Western Pannonian Basin. AAPG International Conference and Exhibition, Nice, France, Guidebook to fieldtrip no. 6, Hungary*. 133–155.
- VIALON, P., RUHLAND, M. & BRUN, J. P. 1976: Rolling structures at large shear strain. — *Journal of Structural Geology* **9/5–6**, 691–704.
- VÍGH Gy. 1925: Földtani jegyzetek a Gerecse-hegységből. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1920–23-as évekről*, 60–68.

Kézirat beérkezett: 2008. 11. 24.