

A bükkzsérci Patkó-sziklák kőfejtőjének és környékének szerkezetföldtani jelenségei

*Structural features of the quarry at the Patkó Cliffs,
Bükkzsérc and its surroundings*

NÉMETH Norbert¹

(9 ábra, 2 táblázat)

Tárgyszavak: Bükk hegység, szerkezetföldtan, deformációtörténet
Keywords: Bükk Mountains, structural geology, deformation history

Abstract

The rock body of the 'Patkó Cliffs' at Bükkzsérc (Bükk Mts, NE Hungary) comprises limestone containing oolites and redeposited carbonate grains. It is a stratigraphically important occurrence as the quarry and the Bzs-5 borehole in the quarry together form the type locality of the Bükkzsérc Limestone Formation with a cca 70 m thick succession, this is the most complete known section of this formation. The shape of the body on the southern slope of the Hódos Hill is NE-SW elongated while the bedding generally dips toward the SW with 23° on average, but it is folded on the NW edge. The zigzag style open folds were formed by slip along the bedding planes and fracturing of the limestone beds. The folding seems to be connected with ENE-vergent thrusts along the bedding planes and dextral strike-slip faults dipping towards the NW with 65–70°. Thus the body forms a SW-dipping lens. As the more significant movements were subparallel with the dip of the bedding or occurred on bedding planes, they had no important influence on the continuity of the succession: the beds remained traceable in the quarry, in the borehole and on the SE edge of the rock body. Deformations were mainly brittle. The markers indicate at least 4 phases as shown their orientations, extensional or shortening character and overprinting relations. These phases can be correlated with Neogene phases described from the E part of the Bükk Mts and from the Bükkalja.

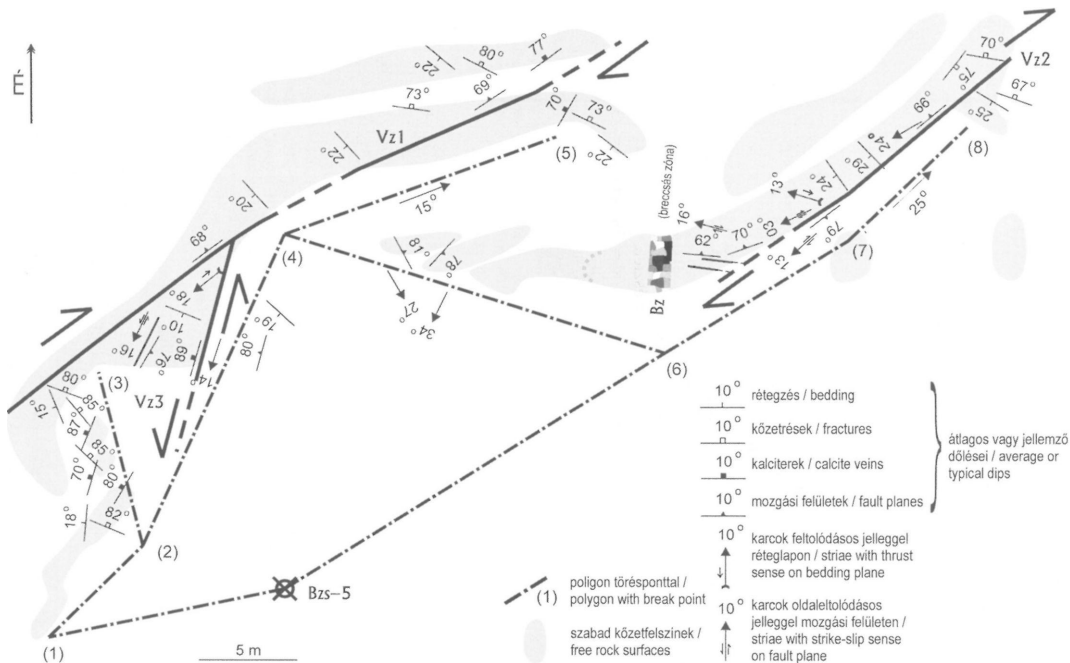
Összefoglalás

A bükkzsérci Patkó-sziklák ooidos mészkő kőzetteste rétegtani szempontból jelentős előfordulás: a kőfejtő és az udvarában mélyült Bzs-5 mélyfúrás révén ez nyújtja a Bükkzsérci Mészkő Formáció legteljesebb, mintegy 70 m vastagságú feltárását. Az ÉK-DNy-i irányban megnyúlt körvonalú kőzettestben uralkodó rétegdőlés DNy-i irányú, átlagosan 23°-os, de az ÉNy-i szegélyén redőzött. KÉK felé irányuló feltelődésével kapcsolatos deformációja miatt így egy DNy felé dőlő lencsét alkot. Mínt hogy ez az alakváltozás a rétegsor folytonosságát a kőfejtőben, a fúrásban és a kőzettest DK-i oldalán nem befolyásolta lényegesen, az egyes rétegek jól követhetőek maradtak. Az alakváltozások, melyek legalább négy fázisba csoportosíthatóak, döntően ridegen mentek végbe. Az azonosítható eseménysorozatok párhuzamba állíthatóak a Bükk K-i részén és a Bükkalján leírt neogén fázisokkal.

Bevezetés

Jelen tanulmány a Délnyugati-Bükk egy olyan mészkő kőzettestének földtani szerkezetét mutatja be, amely a benne kialakított kőfejtő és egy mélyfúrás révén a helyi adottságokhoz mérten kivételesen jól feltárt. Ez nemcsak a szerkezetföldtani

¹Miskolci Egyetem, Ásványtani-Földtani Intézet, 3515 Miskolc-Egyetemváros, email: foldnn@gold.uni-miskolc.hu



1. ábra. A kőfejtő alaprajza a fő vetőzónák feltüntetésével. Pontvonal jelzi a felméréshez használt poligont
 Figure 1. Scheme of the quarry indicating the main fault zones. Dash-dotted line indicates the polygon used by the survey

észleléseknek kedvez, hanem a mészkő jó megtartású ősmaradványai és üledékes eredetű bélyegei miatt őslénytani és rétegtani kutatások fontos, többek (PELIKÁN & DOSZTÁLY 2000, HAAS et al. 2006) által vizsgált feltárása, a jura korú Bükkzsérci Mészkő Formáció alapszelvényét is itt találhatjuk. A szerkezetföldtani vizsgálat elsősorban a rétegtani eredmények értelmezésének alátámasztására, a különböző pontokon vett minták rétegsorba illesztésének pontosítása végett készült, de a terület szerkezetalakulására vonatkozó eredményeket is szolgáltatott.

Elhelyezkedés

Bükkzsérc felett, a Hódos-tető D-i oldalában nyílik a Patkó-sziklák kőfejtője. A névadó sziklakibúvások a hegyoldalon feljebb, ÉK-i irányban 250 m-re találhatóak. A bányaudvar mintegy 60–70 m széles, DK felé nyitott, és legmagasabb részein 10–15 m magas falai vannak. A kőfejtő udvarán mélyült 1984-ben a Bzs-5 kutatófúrás. A bányaudvar tszf. magassága a térkép szerint kb. 385 m. A fúrásnak a mélyfúrási alapadatok 1984-es kötetében megadott sztereografikus koordinátái $x = -54550,84$; $y = -107412,82$ és $z = 386$ m; ez EOV-be átszámítva $x = 292651$ -nek és $y = 757408$ -nak felel meg, és lényegében egyezik az észlelések során GPS segítségével meghatározott, EOV-re átszámított koordinátaival: $x = 292660$, $y = 757400$ (10-re kerekítve). A bányaudvar alaprajza (1. ábra) a fúrásconktól kiinduló poligon mérőszalagos felvételével készült.

Kőzetanyag

A kőzetanyag jellemzően jól rétegzett ooidos mészkő tűzközlencsékkel és márgabetelepülésekkel. A rétegsorban, ahol a mészkőben egyéb közbetelepülés nincs, vannak vastagpados részek, amelyekben a rétegeket átmetsző, mállott felületeken az ooidok mennyiségének változásai és színsávosottság alapján finom (cm-es vastagságú) rétegzés látható. Néhány ilyen felületen a 4. és 6. pont közötti szakaszon a rétegzést kis szögben átmetsző, kb. cm-es térközű, fonatos mintázatú sztilolitos palásság (sötétebb színű, hullámos szalagok megjelenése) volt megfigyelhető, egy esetben egy kb. 2 cm vastag nyírószalagba koncentráltan. A tűzköves és márgás rétegcsoportokban a rétegzés menti elválás dm-es vagy az alatti sűrűségű, és jellemző a ferderétegzés megjelenése, ami főként a Ny-i oldalon a padok, különösen azok egyes tűzközlencsék körüli részei lencsés elválását okozza (2. ábra). Általában nem az anyagváltozás határán alakult ki ez az elválás, az elváló lencsék a tűzkőmagok körül mészkövet is tartalmaznak. Ezen túl gyakoriak az érkitöltések és a kitöltetlen, zárt kőzetrések; egyes zónákban mm–cm-es sűrűségű rajokat is lehet találni. Kőzetréskitöltésként durvakristályos, gyakran fennőtt kalcit és saját anyagú, cm–dm-es töredékekből álló breccsa van jelen nagyobb mennyiségben.

A kőfejtő udvara a Bzs-5 fúrás 56,8 m-es felső szakaszával együtt a Bükkzsérci Mészkő Formáció típusfeltárása. A részletes anyagvizsgálat eredményeit PELIKÁN & DOSZTÁLY (2000) közzölték; a formáció leírása a PELIKÁN szerk. (2002) térkép magyarázó kötetében (PELIKÁN szerk. 2005) található meg.



2. ábra. Lencsésen széttagolt tűzköves mészkőréteg a 3. pontnál, É-ra néző kép. A Ny-ra dőlő ferderétegzés mentén itt kinyíló, cementált vetőtagyaggal kitöltött kőzetrések jöttek létre

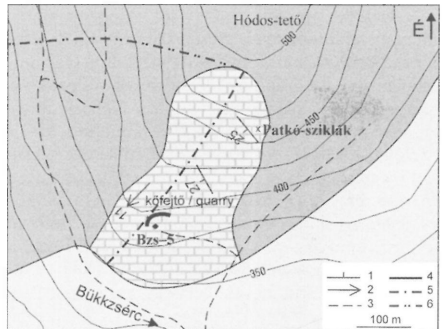
Figure 2. Cherty limestone bed disparted to lenses at point 3, N view. In this place joints opened along the cross-bedding and were filled by cemented gouge

nélkül). Az aleurolitpala rétegtani besorolása nem egyértelmű, mivel az Oldalvölgyi Formáció a Lök völgyi Formációtól leginkább mészkőrétegek közbetelepülése alapján különböztethető meg, itt viszont a törmelékben a mészkő legalább részben

A fúrásban a mészkő alatt agyagos aleurolitpala helyezkedett el, amit PELIKÁN & DOSZTÁLY (2000) a mészkő rétegtani felkujának tart, mivel a háttér — bár jelentős maghiány mutatkozott a fúrás ezen szakaszában — rétegfolytonos, fokozatos átmenetnek írta le. E kőzet törmeléke veszi körül a Hódos-tető oldalában ÉK-DNy-i irányban megnyúlt, kb. 250 m széles, a bányaudvartól felfelé még mintegy 350 m hosszsan követhető mészkő kőzettestet (3. ábra); lefelé a D-i szegélyét már késő-eocén korú tarkaagyag fedi (Kosdi F., feltárás

3. ábra. A kőfejtőt is magába foglaló mészkő kőzettest térképe Less et al. (2002) kontúrjainak felhasználásával, a GPS-koordinátás észlelések alapján módosítva. A térkép feltünteti a rétegdőlés bányaudvaron kívüli feltárásoknál jellemző helyzetét (1), illetve a kőfejtőtől ÉNy-ra mért dőlés-adatokból szerkesztett redőntengelyt (2). További jelek: (3) utak, (4) formációhatárok, (5) a redőzött terület szegélye. Kétpontvonal (6) jelzi azt, hogy hol futna ki a határ a felszínre abban az esetben, ha az ÉNy-i szegélyen nem lenne deformáció, és a rétegdőlés értéke nem változna

Figure 3. Map of the rock body containing the quarry after contours of Less & al. (2002), modified according to the GPS-supported survey. The map indicates the typical dip of the bedding at the outcrops outside the quarry (1) and the fold axis constructed from measured dips NW from the quarry (2). Further signs: (3) roads, (4) formation borders, (5) border of the folded area. Dash-double-dotted line (6) indicates the hypothetical borderline if there were no deformation on the NW edge and the dip of the bedding were constant



□ tarkaagyag / variegated clay / Kosdi F.

▨ ooidos mészkő / oolitic limestone / Bükkszécsi Mészkő F.

■ aleurolitpala / shale / Oldalvölgyi és Lök völgyi F.

a körülvelt kőzettestből származik. A hegyen és környékén több kisebb foltban előfordul mészkőtörmelék (LESS et al. 2002), szintén aleurolitpala-törmelékkel körülvéve, azonban e foltokban száiban álló feltárás általában nincs. A foltok hegytetői, ritkábban hegyszélei helyzetűek, és fedjük meg törmelékben sem azonosítható. PELIKÁN (2005) szerint a mészkő az Oldalvölgyi Formáció rétegeibe közbetelepülő lencsékét alkot.

A Bzs-5 fúrásban a mészkő fekjéből, breccsa kőzettöredékeiből kinyert radiolaria-maradványokat DOSZTÁLY késő-bajóci-kora-bathi korúnak határozta meg (PELIKÁN & DOSZTÁLY 2000). Ezt erősítette meg az újabb vizsgálat (HAAS et al. 2006) is, amely a mészkőtest foraminifera-maradványai alapján annak legalsó helyzetű (fúrásbeli) rétegeit a kora-bajoci, esetleg már az aaleni emeletbe helyezi, majd a bánya tetejéig fiatalodó rétegsort jelez a késő-bathi, esetleg kallovi emeletig. Ez azt jelenti, hogy a jelenlegi fekjére nem rátelepüléssel került; a kőzettest feltölt pikkely vagy olisztoplaka lehet.

A rétegzés dőlése

A réteglapok a finoman rétegzett, nem tűzköves padok esetében jellemzően simák és párhuzamosak, míg a tűzkögumós rétegek között hullámosak, és metszik egymást. A vastag padok határain kialakult elválás sem sík, a felületek cm-es nagyságrendű undulációkkal egyenetlenek. A rétegdőlés a bányaudvaron változó (I. táblázat). A Ny-i oldalon (1–4. pontok közötti szakasz) leggyakrabban 10° – 20° közötti dőlésszögek mellett nyílt, kis hajlásszögű ($< 35^{\circ}$), m-es nagyságrendű sugarú redőkben hajladozik, amelyek tengelyiránya átlagosan kb. 245° . A mészkőrétegek tényleges meghajlása nem észlelhető, viszont ezen a részen a rétegek rosszul követhetőek, erős a repedezettség sok kitöltéssel, tehát a nagyobb léptékű redőződés rideg deformációval, a mészkőpadok törésével és réteglap menti elcsúszásával valósulhatott meg cikcakkstílusban. A dőlés átlagos értéke $223^{\circ}/21^{\circ}$. Az É-i falszakaszon (4–5. pontok közötti szakasz) a rétegzés sokkal egyenletesebb és jól

I. táblázat. A kőfejtőben és a Patkó-sziklákon mért rétegdőlésadatok (ferderétegzés nélkül)

Table I. Bedding dip data measured in the quarry and on the Patkó Cliffs (without cross-bedding)

Rétegzés Bedding	Átlagos érték Average value	Adatok száma Data number	Párhuzamosság Parallelism	Koncentráció Concentration
Ny (1–4)	$223^{\circ}/21^{\circ}$	11	95,7 %	42,2
É (4–5)	$225^{\circ}/22^{\circ}$	15	99,5 %	375,7
K (6–8)	$220^{\circ}/26^{\circ}$	8	99,0 %	180,0
Összesen / All	$223^{\circ}/23^{\circ}$	34	97,5 %	77,7
Patkó-sziklák	$228^{\circ}/24$	3	98,6%	98,0

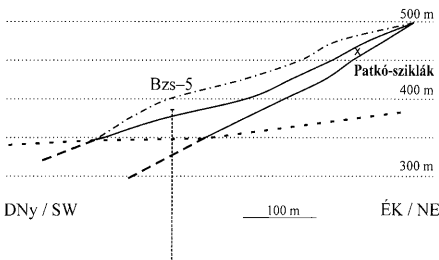
A párhuzamosság a $(2|m| - n)/n \cdot 100\%$ képlet alapján számított érték, ahol $|m|$ a réteglapok normálisainak (egységvektorok) összegzéséből számított átlagvektor hossza (a vektor hossza nem fizikai hosszúság, hanem egy matematikai fogalom: egy skalár, melynek dimenziója nincs), n pedig a mérések száma. A koncentráció a FISHER (1953) által bevezetett $c = (n - 1)/(n - |m|)$ érték, amely 2 (teljesen szórt) és végtelen (egy pontban koncentrált) között változhat.

Parallelism was calculated according to $(2|m| - n)/n \cdot 100\%$ where $|m|$ is the length of the average vector calculated from the summation of the normal vectors (vector length is not a physical length but a mathematical entity: a scalar without dimension) of the bedding (unit vectors) and n is the number of measurements. Concentration is the $c = (n - 1)/(n - |m|)$ value introduced by FISHER (1953), which can change in the range of 2 (perfectly scattered) and infinity (concentrated in a point).

követhető, átlagos értéke $225^\circ/22^\circ$. A K-i oldalon (6–8. pontok közötti szakasz) is egyenletes, ám valamivel meredekebb dőlés észlelhető, átlagos értéke $220^\circ/26^\circ$. A Bzs-5 fúrás felső szakaszának maganyagán ennél kevésbé meredek, kb. 10° -os dőlésszögeket észlelték (PELIKÁN & DOSZTÁLY 2000).

A ferderetégzés az uralkodóan DNy felé dőlő rétegzést kb. (É)ÉNy–(D)DK-i vonalak mentén metszi 10 – 15° -kal meredekebb dőléssel. A lencsék e vonalak mentén, vagyis közelítőleg csapásirányban megnyúltak, a metszéből adódóan rombold, vagy — minthogy a felületek ívelten ágaznak szét — szigmoid alakú keresztmetszettel rendelkeznek. Hasonló irányú a sztilitolit palásság és a rétegzés metszése is.

A rétegdőlés mérhető a kőzettest néhány természetes feltárásán is. A bányaudvar fölött és tovább a DK-i szegélyen egészen a Patkó-sziklákig ez lényegében azonos a kőfejtő É-i és K-i oldalán mérttel, bár a mérés a mállott felszínű és esetenként kimozdult tömbökön a kőfejtőbelineél bizonytalanabb. A határ térképi lefutása — amit a terepen lejtőszögváltozás és sziklakibúvások jeleznek — is ennek megfelelő; a sziklák kialakulása a kevésbé állékony feké erősebb lepusztulásának köszönhető. A kőzettest ÉNy-i szegélyének csak alsó (D-i) részén vannak jó feltárások, amelyeken a bányaudvar Ny-i oldalán észlelhető hasonló, kb. ÉK–DNy-i (közel vízszintes) tengelyű, nyílt redőződés tapasztalható, azonban a hajlásszög 35° -nál nagyobb is lehet. A kőzettest felső, É-i szegélye közelében egy karrosodott mészkőkibúváson közel függőleges állású, ÉNy–DK-i csapású rétegzést találtunk, környezetében további kibúvásokon azonban rétegzés nem volt észlelhető. Lehetséges, hogy itt eltérő redőződés vagy elforgatott vetőszeletek vannak, de feltártság hiányában ez nem állapítható meg. A térképi határ az ÉNy-i szegélyen lejtőirányban (DNy felé) növekvő mértékben magasabb helyzetű, mint sík rétegzés esetén lennie kellene (4. ábra). A mészkő kőzettest a fentebb leírtak alapján térképi léptékű közelítésben egy felhajló ÉNy-i szegélyű lencsét alkot az agyagos aleurolitpala felett.



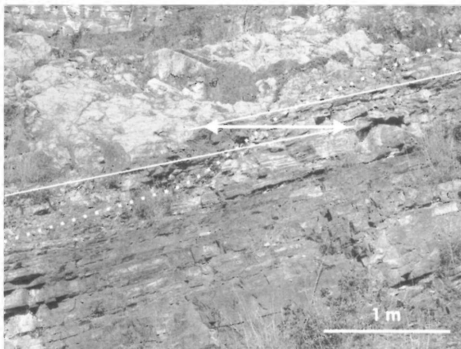
4. ábra. A mészkő kőzettest felszíni határvonalai csapásirányból nézve. Az alsó folytonos vonal a DK-i, a felső pedig az ÉNy-i határ vonala a felszínen; a pontvonal ezek felett a hegyoldal legmagasabb szintjét jelöli. A ritka szaggatott vonal a fedő tarkaagyag szintje a hegy lábánál. Látható, hogy a Bzs-5 fúrás a kőfejtővel együtt a kőzettest lehető legteljesebb, mintegy 70 m vastagságú rétegsorát tárja fel. A Patkó-sziklák a DK-i határ közelében vannak, így a fúrás által feltárt mélyebb rétegekből állnak

Figure 4. Borders of the limestone body on the surface viewed from strike direction (SE). The lower continuous line is the SE, the upper the NW borderline on the surface; dash-dotted line over these indicates the highest level of the slope. The dashed line is the level of the overlying variegated clay at the hillfoot. It is visible that borehole Bzs-5 and the quarry over this together provide the thickest available section of the rock body. Natural outcrops of the 'Patkó Cliffs' are near to the SE border, so these correspond to the low-positioned limestone beds of the borehole

Vetőzónák, breccsás anyagú zónák

A bányában két nagy (az egész feltáráson át követhető) vetőzóna található meg a 3. és az 5. (Vz1, 5. ábra), valamint a 6. és 8. pontok közötti falszakaszokon (Vz2). A mozgási felületek 320° és 325° közötti irányba, 65° és 70° közötti szöggel dőlnek. A felületek mentén mintegy dm-es zónában észlelhető a kőzetanyag felörlődése, részint erős repedezettség (nem szisztematikus kőzetrésrajok, cm-esnél vastagabb kalciterek és -fészkek), breccsásodás, részint pedig barnás, kalcittal cementált vetőagyag megjelenésével. Olykor dm-es, karcos tömbök is találhatóak (pl. a 4. pont közelében), de nem ez a jellemző. A felületeken csak kevés karcos vetőtűkör őrződött meg, ehelyett sok helyen fennőtt kalcitbevonat található. A karcok alapján a zónák menti elvetés jobbos, enyhe szűküléssel, vagyis az ÉNy-i oldalak relatív emelkedésével.

A 4. ponttól a 2. pont felé folytatódó falszakaszon egy harmadik, az előzőektől eltérő irányítottságú: ÉÉK–DDNy csapású, közel függőleges vetőzóna (Vz3) található. Kitöltése 1 m-nél is vastagabb, tiszta kalcit, ami alól egy idősebb vetőtűkör maradványa bukkan elő függőleges felületen, 10 cm-nél hosszabb, 16° -ban DDNy-ra dőlő karcokkal. A 3. pont közelében egy hasonló irányítottságú karcos mozgási felület esetében egyértelmű balos jelleg látszik a K-i oldal relatív megemelkedésével. Az előző vetőzónák egyike ezt a zónát elveti, folytatása azon túl nem követhető.



5. ábra. Vetőzóna (Vz1) a 4–5. pontok közötti falszakaszon, ÉNy felé néző kép. A vető kifizása kb. a pontozott vonal mentén látszik; fölötte az ÉNy-i, alatta a DK-i oldalán lévő rétegek látszanak. Mindkét oldalon megfigyelhető egy finoman rétegzett, vékonypadosan elváló, tűzköves rétegcsoport (alul) és egy vastagpados, ooidos rétegcsoport (felül, világosszürke mállott felületek) határa (vékony folytonos vonalak); a rétegzés ezen a falszakaszon állandó dőlésű, sík. A kép kb. a réteglapok csapásirányába (130° – 310°) néz, ami közel merőleges a vető csapására (55° – 235°). A kettős nyíl a vető menti elvetés vízszintes összetevőjének kép síkjába eső mértékét jelöli; ha azonban az elvetés a másik, 6–8. pontok közötti párhuzamos vetőzónában mért DNy felé dőlő karcirányoknak megfelelően kissé ferde, akkor mértéke akár egy nagyságrenddel nagyobb is lehet

Figure 5. Fault zone on the wall between points 4 and 5, NW-looking view. The trace of the fault is cca at the dotted line; over this there is the NW side (hanging-wall block), under this the SE side beds (footwall block). On both sides there is a fine-layered, laminated, cherty bed group (down) and a thick-bedded, oolitic bed group (up, light grey weathered surface) separated by a thin continuous line on the picture. The bedding is planar, with constant dip. The view is looking towards the strike of the bedding (130° – 310°) which is nearly perpendicular to the strike of the fault (55° – 235°). The double arrow indicates the horizontal separation in the plane of the picture. If the throw is oblique according to the striae of the other, parallel fault zone between points 6–8 then it can fall even in a larger order of magnitude

Található a bányában ezeken felül néhány olyan saját anyagú kőzettöredékekkel, agyaggal és kalcit cementanyaggal kitöltött zóna, amelynek határai nem síkkal jól közelíthető kőzetrésfalak, hanem zegzugos vagy ívelt, változó irányban lefutó felületek (6. ábra), és hosszan, a feltárás határáig követhetőek. Ezek fő csapásiránya a Ny-i oldalon ÉNy–DK, és feltehető, hogy a Vz3 vagy a Vz1 kapcsolt antitetikus vetődiként jöttek létre. A legjelentősebb breccsás zóna a 6. ponttól É-ra megfigyelhető



6. ábra. Két hasadékitöltő breccsatípus a kőfejtőből, közel függőleges, elváló zónákból. a = a 2. pont közelében, durvakristályos kalcittal cementálva, mely a terepen sárgás színével jól elkülönül a szintén jelenlévő fiatalabb kőzetréskitöltések fehéres kalcitjától, b = breccsás zóna (Bz) a 6. pont közelében (előreugró orr), földes állagú mátrixszal

Figure 6. Two fissure-filling breccia type from the quarry, from subvertical, broken-off zones. a = near to point 2, cemented by coarse-grained calcite, well separable in the field by its yellowish colour from the whitish calcite of younger veins also present in the vicinity, b = breccia zone (Bz) near to point 6 (nose-shaped cliff of the quarry), with earthy matrix

É–D csapású, mintegy 1,5 m széles (le nem bányászott) zóna (Bz), amelyet PELIKÁN & DOSZTÁLY (2000) vetőzónaként írtak le. Ennek törmelékanyagából azonban (a 4. pontnál tapasztalhatóakkal szemben) hiányoznak az azt átjáró mozgási felületek, és karcokat sem lehet benne találni. A kőzettöredékek közötti kitöltés és cementáció is laza, a talajhoz hasonló állagú, könnyebben szétválasztható. Az anyag tektonikus eredetére utaló jel nincs, egyszerű lejtőtörmelék-felhalmozódásra emlékeztet. Lehetséges, hogy e zóna a Bzs–5 fúrásból leírthoz hasonló üreg kitöltéseként jött létre.

A bányabeli két párhuzamos vetőzóna, Vz1 és Vz2 (melyeket a bányán kívül valószínűleg továbbiak követnek feltáratlanul), körülbelül azonos csapású a kőzettest hosszabbik átmérőjével. Alakjára nincs egyértelműen kitérkepezhető befolyásuk, de elképzelhető, hogy az ÉNy-i határ nem az általános rétegdőlésnek megfelelő lefutása, magasabbra kerülése nemcsak redőződés következménye, hanem vetőzónabeli érintkezés az aleurolitpalával.

Kőzetrések, kőzetréskitöltések és irányítottáguk

A bányában több szisztematikus kőzetrésraj van jelen (lásd később). Ezek egy részében kinyúlásra utaló kitöltések, más részükben pedig (olykor a kitöltés alatt) oldalelmozdulásra utaló karcok vagy szálas növekedésű kalcitok figyelhetők meg.

1. *Rétegzés menti elválás.* A bányában mindenütt megtalálható, a kőzetösszetétel szerint változó (rendszerint dm-es) térközű, párhuzamos, a ferderétegzett részeken egymást metsző (fonatos) mintázatú raj. Sok helyen észlelhető benne kalcitkitöltés, amelyek jelentős része irányítottan elrendezett szálas-rostos, olykor szakadási lépcsőket tartalmazó, slickenfibre-szerű bevonat (ilyen ritkábban más kőzetrésfelületeken is van, pl. 7. ábra). E bevonatok felülete az akár 2–3 mm-es egyenetlenségeket tartalmazó, bevonat nélküli réteglapokhoz képest sima, közel sík. A kalcitcikk általában a felületek dőlésirányától 10° – 20° -kal (a Ny-i oldal D-ies dőlésű réteglapjai esetében ennél is nagyobb szögben) az óramutató járásával meg egyezően elforgatott irányba dőlnek, vagyis NyDny–DNy felé, és rossz megtartású szakadási lépcsők alapján feltoldódás jellegű elmozdulást jeleznek. Ritkábban karcok is észlelhetők. Néhány esetben a bányaudvar feletti feltárásokon és a Patkó-sziklán megfigyelhető, hogy a kalcitcikk egy része nem párhuzamos az uralkodó irányítottágukkal, néhány cm^2 -es felületrészekben azzal nagy szöget zárva be, emiatt mozgásirányt jelző szerepük kétséges.



7. ábra. Szálas kalcit kiválása egyenetlen kőzetrésfelületen a 2. pont közelében, felülnézeti kép. A felület dőlése $109^{\circ}/45^{\circ}$ (a kép felső szegélye felé), a kalcitszálaké $028^{\circ}/10^{\circ}$ (balra). Ha a látható lépcsők szakadási eredetűek, úgy az azokat létrehozó elmozdulás balos

Figure 7. Fibrous calcite on rough fracture surface near to point 2, top view. Dip of the surface is $109^{\circ}/45^{\circ}$ (towards the upper edge of the picture), plunge of the fibres is $028^{\circ}/10^{\circ}$ (to the left). If the visible steps originated from tearing, then the sense of the movement was sinistral

2. *ÉÉK–DDNy csapású, közel függőleges kőzetrésraj.* E raj a bánya sok helyén megtalálható, de nem egyenetlen eloszlásban, hanem rendszerint 1–2 m-es zónákban koncentrálva, ahol a térköz 1 cm-ig csökkenhet. Igen gyakori a fehér színű, durvakristályos kalcitkitöltés. Ennek vastagsága többnyire 0,5–1 cm között marad, de akár több dm-esre nőhet; a legvastagabb, 1 m-t is elérő kitöltés a 2–4. pontok közötti vetőzónában (Vz3) észlelhető, ahol a fennőtt kristályok alól egy idősebb vetőtűkőr maradványa bukkan elő. A 2. pont környezetében látható volt egymást metsző kőzetréseknél, hogy egy $300^{\circ}/80^{\circ}$ dőlésű kőzetrés fehér színű, cm-es vastagságú kalcitkitöltése egy $347^{\circ}/76^{\circ}$ dőlésű, kitöltetlen kőzetrés

elmozdulása alapján tisztán kinyíló jelleggel távolodó oldalfalak között jött létre.

3. *KDK-NyÉNy csapású kőzetrésraj*. A raj tagjai sík vagy enyhén ívelt, ÉÉK felé dőlő, általában sima, gyakran bevonatos felülettel elváló kőzetrészek elvetés nélkül. Térközük nagy — 1 m feletti —, csak egy helyen (az 5. pontnál) volt dm-es, a 8. pontnál pedig 2 dm-es.

Hasonló irányítottságú mozgási felületek találhatóak a 6–7. pontok közötti falszakaszon egy kb. 1 m széles zónában, ahol az elmozdulás ezek mentén jobbos, és a kis szögben keresztezett, ÉNy felé dőlő vetőzónához tartozó mozgási felületeket kb. 20–30 cm-re vetik el.

4. *ÉK-DNy csapású kőzetrésraj*. Az ilyen irányítottságú (ÉNy-ra dőlő) Vz1 és Vz2 környékén koncentráltan megjelenő, a 2. rajt kis szögben átmetsző, javarészt jól követhető, de elágazó, fonatos mintázatú kőzetrészekből álló raj. Számos esetben valószínűleg mozgási felületekről van szó, amelyek mozgási jelei azonban elmállottak vagy elfedődtek, így a tisztán kinyílasos eredetű kalciterektől nem különböztethetőek meg.

A kőfejtő anyagára (más bükki feltárásokkal összhangban) jellemző, hogy a rétegzés menti elválás és egyéb kőzetrésrajok felületei alakultak mozgási felületekké, így a rideg alakváltozás kis (10 m-es nagyságrendű) térközű, kőzetrésrajokkal párhuzamos, diszkrét vetőzónák kialakulásával és ezt kiegészítő, további kőzetrészek és réteglapok menti elcsúszásokkal történt. A kőzetrésrajok létezhetnek korábban is, de a vetőzónák menti elmozdulásokkal kapcsolatban, nyírásos repedéseként is létrejöhetnek, majd kinyílasuk és kitöltődésük később következhetett be.

A szerkezetalakulás időrendje

Mintthogy a vizsgált kőzetanyag (az érkitöltéseket nem számítva) mezozoos, és annál fiatalabb képződmények vizsgálatára feltárások híján nem volt mód, az egyes események korbesorolásának nincs közvetlenül felhasználható alapja. A bányában észlelhető jelenségek azonban csak több, egymást követő szerkezetalakulási eseménysorozat eredményeként értelmezhetőek. Ezek sorrendjére a következő támpontok vannak:

— A rideg deformációs bélyegeken kívül nyomási oldódással létrejött bélyeg is van (egy szűk zónában), a sztíliolitos palátság. Ennek mészkőbeli kialakulása azonban vízzel kitöltött kőzetrészekkel rideg alakváltozást eredményező feszültségállapotban is elképzelhető a szálas kalcitbevonatok kiválásával egyidejűleg.

— A Vz3 kialakulása nyilván megelőzte az azt elvető Vz1 működését, továbbá a Vz3 vastag kitöltésének kialakulásával járó kinyílast, amely viszont egyidejű lehetett a hasonló irányítottságú 2. kőzetrésraj kinyílasával.

— Ez a kinyílas később történt, mint az ÉNy-DK-i csapású breccsás zónák kialakulása, mert vannak azokat átmetsző kalciterek. Mintthogy a Vz1–2 zónákkal párhuzamos 4. kőzetrésraj is hasonló kitöltéseket tartalmaz, a kinyílas valószínűleg később történt a Vz1 és 2 működésénél is, de legalábbis nem azzal egyidejűleg, mert azok szűkülő jobbos eltolódását eredményező feszültségállapotban a 2. és 4. rajok-

nak megfelelő irányítottságú kőzetrészeknek be kellett záródnuk.

— A 3. kőzetrésraj felületei mentén kialakult jobbos oldaleltolódások elvetik Vz2 vetőt.

Ezek alapján minimálisan négy szerkezetalakulási eseménysorozatot kell feltételeznünk (II. táblázat). Valószínű, hogy valójában ennél több fázisban érte deformáció a kőzetanyagot, csakhogy — különösen a régebbiek esetében — ezek elkülönítéséhez vagy túl kevés, vagy csak rossz megtartású, vagy csak az egyéb fázisokétól irányítottsága miatt megkülönböztethetetlen nyom maradt.

A legidősebb, azonosítható deformációs eseménysorozat (D1) az ÉÉK–DDNy-i csapású Vz3 balos oldaleltolódáskénti kialakulásával járt. Ehhez kb. ÉÉNy–DDK-i, vízszintes irányú legnagyobb (σ_1), és szintén vízszintes, erre merőleges legkisebb nyomó főfeszültségre (σ_3) volt szükség. Ekkor alakulhattak ki kinyíló jobbos ferde vetődésekként az ÉNy–DK-i csapású breccsás zónák és jobbos nyírótörésekként a 3. raj kőzetrészei. Feltehetően a 2. kőzetrésraj létrejötte is ide kapcsolható szintetikus vetőkként, ekkor még kitöltés nélkül, de az is lehet, hogy a Vz3 és az azzal párhuzamos vetők a már meglévő kőzetrésraj felületei mentén alakultak ki, hiszen a Bükk K-i részén általában jelen van ilyen irányítottságú raj (NÉMETH 2005).

A következő eseménysorozatban (D2) olyan jelenségek létrejötte foglalható össze, amelyekhez kb. K–Ny-i vízszintes σ_1 -re volt szükség, és amelyeket rövidüléssel járó alakváltozások hoztak létre (pl. 8. ábra). Mindenekelőtt ilyenek a Vz1 és Vz2 jobbos szűkülő oldaleltolódásai és a 4. raj keletkezése (vagy megléte esetén aktivizálódása) nyírótörésekként, de ehhez kapcsolható a nyílt cikcakkstílusú redőződés és a réteglapok (1. kőzetrésraj) menti, KÉK-i irányú feltolódások és kalcitús bevonatok kialakulása is. Szintén lehetséges a nyomási oldódással létrejött sztilolitos palásság ekkori keletkezése, bár ez akár jóval korábbi (D1 előtti) is lehet; az így megvalósult deformáció mértéke azonban a törésekhez képest elhanyagolható.

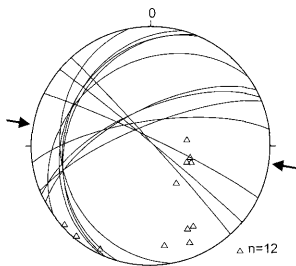
Harmadik eseménysorozatként (D3) említhető a 2. és 4. kőzetrésrajok, továbbá a Vz3 kinyílása és kalcittal való kitöltődése, amely (D)K–(É)Ny-i vízszintes σ_3 és függőleges σ_1 mellett képzelhető el táguló alakváltozás, valószínűleg kiemelkedés során. Ebből a fázisból karcok, vagyis nyírással elmozdulások nyomai nem azonosíthatóak.

Egy negyedik eseménysorozat (D4) nyomának értékelhető a 3. kőzetrésraj egyes kőzetrészei mentén a Vz2 mozgási felületeit elvető, szűk zónabeli jobbos oldaleltolódás. Ez közelítőleg a D1-hez hasonló feszültségállapotot tükröz (kb. ÉNy–DK-i

II. táblázat. A deformációs eseménysorozatok összefoglalása a főbb alakváltozások és a főfeszültségirányok feltüntetésével

Table II. Summary of the deformation events indicating the major deformations and the principal stress directions

események events	alakváltozások deformations	főfeszültségek principal stresses
D1		
D2		
D3		
D4		



8. ábra. A D2 eseménysorozat kb. K-Ny-i rövidülését tükröző kőzetrendszer az 1. pontnál (kőfejtő DNy-i széle), területtartó vetület, alsó félgömb. Az itt, a redőződés által érintett részen NyÉNy felé dőlő rétegzés menti kőzetrajt két egymást keresztező, de el nem vető, elhelyezkedésük szerint a réteglapok menti feltolódásokat kiegészítő Mohr-töréspárt alkotó raj kíséri. Vastag nyilak jelzik σ_1 feltehető irányának vízszintes vetületét, mely valójában nem teljesen vízszintes, inkább a feltolódó, határlapjaikon nyírásnak kitett mészkőpadokbeli feszültségállapotnak megfelelően a rétegzéssel szemben dől

Figure 8. Fracture system representing the E-W shortening of phase D2 at point 1 (SW edge of the quarry), equal area projection, lower hemisphere. Fracture set 1 (parallel with the bedding) dips here toward WNW as this site is affected by the folding. This set is complemented by two other cross-cutting sets of fractures with no throws which seem to form a Mohr pair coupled with the thrusts along set 1. Thick arrows indicate inferred direction of the horizontal component of σ_1 , which is not horizontal in fact; it rather points against the dip direction of the sheared bedding planes, according to the ancient state of stress in the limestone beds

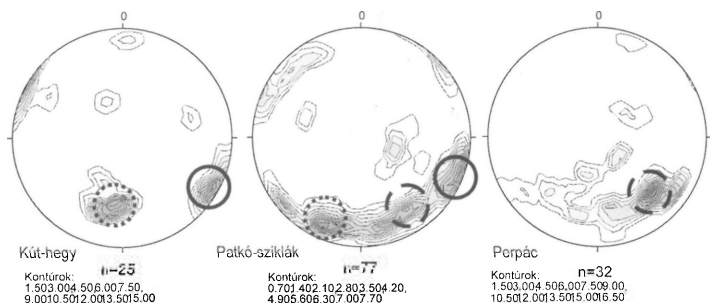
kőfejtőudvarokban észleltekkel. A kőzetanyag ott tiszta, rétegzés menti elválást nem mutató, irányítatlan szövetű tömeges mészkő (Bervai Mészkő E), melyben azonban az itt leírt kőzetrajokkal, illetve vetőkkel csaknem egyező irányítottságú vetőrajokat lehet találni (9. ábra). A kút-hegyi udvarban a 2. és 3. kőzetrajokkal, valamint a Vz3 zónával párhuzamos vetőrajok vannak jelen, míg a perpcában nagy számban megtalálhatóak az ÉNy-ra dőlő (Vz1–2-nek és a 4. kőzetrajnak megfelelő irányítottságú) mozgási felületek is. Az elmozdulások nyomai viszont

vízszintes σ_1 és vízszintes σ_3), de jobb megtartású, viszont csekélyebb mértékű deformációt jelző bélyegekkel. Ide sorolható ugyanezen a falszakaszon egy jó megtartású (az 1. kőzetrajnál leírt általánostól ebben is különböző), KDK-i feltolódást jelző vetőtűkör egy réteglapon. Szintén ide sorolható egy kapcsolt vetőpárnak látszó, szintén jó megtartású vetőtűkörrel borított felületpár a 4–6. pontok közötti szakasról (1. ábra), ahol meredeken DK felé dőlő felületeken balos ferde feltolódás észlelhető. E fázis általános jellemzői a jó megtartású (viszonylag fiatal), ám kis mértékű alakváltozást jelző és csak szórványosan jelentkező bélyegék.

Az 1. ábrán Bz-vel jelölt breccsás zóna kitöltésének állaga, hiányzó cementációja alapján nem állandóan vízzel borított zónában, vagyis a felszín közelében alakult ki, így minden egyéb kitöltésnél fiatalabb. Kialakulása történhetett egy utolsó tágulási esemény során, amely azonban már felszín közeli, málláshoz és karsztosodáshoz kapcsolódó folyamat lehetett.

A kőzettest lencseszerű alakjának kialakulásában a fentebb leírtak szerint a D2 fázis játszotta a legnagyobb szerepet, akár a redőződést, akár a vetődéseket tekintjük meghatározónak. A rétegzés általános DNy-i irányú dőlése viszont már feltehetőleg a D1 fázis előtt is hasonló helyzetű volt, ami — figyelembevéve a tágabb környezet változó rétegdőléseit is — feltehetően korábbi, regionális jelentőségű eseménysorozat(ok) eredményeként alakulhatott ki.

A szerkezetalakulás tágabb összefüggéseinek vizsgálata érdekében összehasonlíthatjuk az itteni kőzet- és vetőrajokat a 3,5 km-re KDK-re, a Hór-völgy alsó szakaszán található



9. ábra. Karcos mozgási felületek (és a Patkó-sziklák esetében egyéb, nem rétegpárhuzamos kőzet-résrajok) sűrűségi sztereogramjai a Patkó-sziklák kőfejtőjében és a Hór-völgyi mészkőbánya udvaraiban mért adatokból, területtartó vetület, alsó félgömb. A Hór-völgyben az észlelés csak a karcos mozgási felületekre terjedt ki. Bekarikázva a két kőbányában egyaránt megtalálható, kb. azonos irányítottágú rajok pólusainak sűrűségi csúcsai; folytonosan a 2., pontozottan a 3., szaggatottan a 4. számmal leírt rajok
 Figure 9. Density stereograms of striated movement planes (and other, not bedding-parallel fractures in the case of Patkó Cliffs) in the Patkó Cliffs quarry and the Hór Valley quarries, equal area projection, lower hemisphere. The survey in Hór Valley included striated planes only. Circles indicate the density peaks of the fracture sets which occur in both localities with nearly the same orientation: continuous line indicates set 2, dotted line set 3, dashed line set 4

nem teljesen azonosak. Az ÉNy-ra dőlő felületeken hasonlóan jobbos szűkülő oldaleltolódások karcai vannak, viszont a Hór-völgyben a 3. rajnak megfelelő, ÉÉK-re dőlő rajon táguló balos oldaleltolódások vagy vetődések bélyegeznek felül feltolódásokat, a 2. rajnak megfelelő ÉÉK-DDNy-i csapásún pedig jobbos ferde feltolódások bélyegzik felül a korábbi jobbos oldaleltolódásokat. A felülbélyegzések már a Hór-völgyben is csak a kút-hegyi udvarban jellemzőek, a perpáciból hiányoznak (ezért, a karcok hiánya miatt nem kerültek bele a perpáci sztereogramba határozott csúcsként az ilyen irányítottágú felületek).

A Hór-völgyi kőfejtők karcai általában jó megtartásúak, szemben a Patkó-sziklálknál tapasztaltakkal. Valószínűleg ezek fiatalabb karcok, és jelenlétük (különösen a kút-hegyi udvar felülbélyegzései) a kőfejtők hegységperemi helyzetének köszönhető, mivel irányítottáguk szerint jól beleillenek a Bükk K-i részén a hegységperem közelében általában hasonló tömegben és jó megtartással megtalálható két legfiatalabb (valószínűleg késő-miocén és pannóniai korú) mozgási rendszerbe (NÉMETH 2005, 2006). A Patkó-sziklák D2 fázisa irányítottág szerint ugyan megfelel ezek közül az idősebbiknek, de a D3 és D4 felülbélyegzések alapján valószínű, hogy inkább egy korábbi szakasszal vonható párhuzam. D4 egy MÁRTON & FODOR (1995) által a Bükkalja vulkanitjaiból is leírt, ottnangi-középső-badeni korúnak tartott fázisnak felel meg (4. rendszer, NÉMETH 2006). D3-nak megfelelő, K-Ny-i tágulásra utaló vetődések a miskolctapolcai vár-hegyi régi kőfejtőből is ismeretesek (NÉMETH 2005), és ott a fentebb említett hegységperemi fiatal rendszerek felülbélyegzik ezeket. D2 eszerint ezeknél idősebb, a MÁRTON & FODOR (1995) által oligocén és eggenburgi üledékekből leírt, de a Bükk K-i részén is ismert (3. rendszer, NÉMETH

2006) szerkezetalakulási eseményeknek feleltethető meg (NyÉNy–KDK irányú σ_1). Megjegyzendő ezzel az időzítéssel kapcsolatban, hogy a Bükkalján a felső-oligocénban Bogácstól K–ÉK felé növekvő mértékű üledékhézag mutatkozik a fúrásokban (BALOGH 1964). Lehetséges, hogy a kőzettést a relatíve kiemelkedő, illetve lesüllyedő területek aktív szerkezeti határzónájában szenvedte el viszonylag nagy mértékű deformációját. Végül D1 a K-en térképi léptékű feltolódásokkal járó, valószínűleg a hegység első, a felső-eocén tarkaagyag lerakódását megelőző kiemelkedését okozó mozgásokkal állítható párhuzamba (1. rendszer, NÉMETH 2006).

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az OTKA támogatta a K 61872. sz. projekt keretében. Köszönöm a projektbeli kutatótársak és a lektorok segítő észrevételeit.

Irodalom – References

- BALOGH K. 1964: A Bükkhegység földtani képződményei. — *MÁFI Évkönyv* 48/2, 245–553.
- FISHER, R. 1953: Dispersion on a sphere. — *Proc. Roy. Soc. London* 217, 295–305.
- HAAS, J., GÖRÖG, Á., KOVÁCS, S., OZSVÁRT, P., MATYÓK, I. & PELIKÁN, P. 2006: Displaced Jurassic foreslope and basin deposits of Dinaridic origin in Northeast Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 49/2, 125–163.
- LESS GY., GULÁCSI Z., KOVÁCS S., PELIKÁN P., PENTELÉNYI L., REZESSY A. & SÁSDI L. 2002: A Bükk hegység földtani térképe, 1:50 000. — MÁFI, Budapest.
- PELIKÁN P. (szerk.) 2005: A Bükk hegység földtana. Magyarázó a Bükk hegység földtani térképéhez (1:50 000). — MÁFI, Budapest, 284 p.
- MÁRTON, E. & FODOR, L. 1995: Combination of paleomagnetic and stress data – a case study from North Hungary. — *Tectonophysics* 242, 99–114.
- NÉMETH N. 2005: A Délkeleti-Bükk keleti részének szerkezetföldtani viszonyai. — Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Földtan-Teleptani Tanszék, PhD-értekezés.
- NÉMETH, N. 2006: Tertiary stress field evolution in the eastern part of the Bükk Mountains, NE Hungary. — *Geolines* 20, 100–101.
- PELIKÁN P. & DOSZTÁLY L. 2000: A bükkzsérci fúrások (D-Bükk) jura képződményei és szerkezetföldtani jelentőségük. — *Földtani Közlemények* 130/1, 25–46.
- Kézirat beérkezett: 2007. 02. 09.