

# A Bükk hegység szerkezetének főbb vonásai

## Structural outline of the Bükk Mts (N Hungary)

CSONTOS László<sup>1</sup>

(24 ábra)

*Key words: ductile structures, folds, faults, N Hungary*

*Tárgyszavak: képlékeny szerkezetek, redők, törések, Észak-Magyarország*

### Extended abstract

The region comprising the Bükk mountains is composed of intensely deformed anchimetamorphic Mesozoic rocks, surrounded by a non-metamorphic Paleogene–Neogene cover. The Mesozoic formation is subdivided into a Nagyfennsík (plateau) parautochthonous series and a Szarvaskő nappe series (CSONTOS, in press). Both have suffered the same ductile and brittle deformations, indicating that the nappe emplacement came prior to the syn-postmetamorphic tectonic events.

The study describes the main deformation styles with the help of some key outcrops and regions. The map scale structure of the Bükk Mts is influenced by: the nappe emplacement; the syn-schistose folding (Figs 2, 3, 5, 6, 7, 8; P2) and mega-boudinage (Figs 9, 10; B2), as well as by the mainly southvergent thrust faults (Fig. 17; T2, T3); the later, major shear-related folds (Figs 15, 16; P6); and the arching (Figs 2, 13, 14; A5) of all primary structures. The dating of the structural events is based on superposition of the structures, on their relationship to metamorphism and the ductility of the structural style. The latter criterion is based on the assumption that there was continuous cooling and an uplift of the mountain mass from the time of the peak of metamorphic conditions – i.e. since 120 Ma (ÁRKAI et al. 1995). This also means that the structures have become less ductile over time.

The main trends of the structural evolution of the Bükk Mts are delineated by several ductile and brittle tectonic phases (Fig. 24). These can be grouped into 9 events.

1. Emplacement of the Szarvaskő nappes (possibly Late Jurassic–Early Cretaceous – age of last dated sediments), probably synchronously with layer-parallel flattening (S1), and eventually shearing along the E–W elongation lineation. This latter may be due to nappe transport.

2. During the Barremian period (120 Ma radiometric age, ÁRKAI et al. 1995) there was the development of the main schistosity (S2) and synschistose folds (P2) in both the rocks of the Parautochthonous and Mónosbél–Szarvaskő nappes. These folds are dominantly southvergent. They have possibly Triassic–Liassic carbonate cores and determine the basic structure of the Bükk Mts (Fig. 2). A large scale boudinage (B2) resulting in tectonically sheared major fold limbs and eventually elongation lineation (giving E–W elongation) may be synchronous with this tectonic episode. Anchimetamorphism seems to be synchronous with this event (ÁRKAI 1983).

Major folds are generally linked to thrust boundaries, which cut the overturned southern limbs. A fault propagation-fold origin for the basic folds seems probable. The limit of the tectonic imbricates (Fig. 17) reactivated former (Triassic) facies boundaries.

<sup>1</sup> ELTE TTK Általános és Történeti Földtani Tanszék, Budapest H-1088 Múzeum krt 4/a

3. This event took place during Mid-Late Cretaceous development of the E-W chevron folds (Fig. 11a; P3). It turns the generally northern dip of main schistosity to an occasionally southern dip of one (Fig. 12) and E-W strike thrust faults may have been active during this event.

4. This event occurred during the Mid-Late Cretaceous, but after the E-W chevrons (CSONTOS 1988, FODOR 1989) development of the originally N-S chevron folds (P4). Both chevron folds may locally have caused the crenulation cleavage which is parallel to their axial planes. Both fold sets have been flexed by later arching (Figs 13, 14). A later, also N-S axis chevron fold set (Fig. 11b; P4a), has not been deformed by prior structures and is not linked to the strike of main schistosity. This is why it has been assigned to a later event (P6). Separation is not always without ambiguity.

5. During the Late Cretaceous the whole mountain range was sheared and arched along the NE-SW left lateral Darnó and NW-SE right lateral conjugate shear system. Arching of all previous structures is pre-Paleogene, since Paleogene and Early Miocene rocks show a uniform paleomagnetic rotation throughout the area (MÁRTON & MÁRTON 1996). In other words, these younger rocks are not flexed in an opposite way such that they would be opposed to the Mesozoic ones. Shortening of the inside the arch has been accommodated by new or reactivated earlier thrust faults, some of which are northvergent.

6. This event probably post-dates the arching (between the Late Cretaceous and Paleogene) N-S axis chevrons (P4a, P6) and a weak crenulation cleavage has developed. Major, map-scale folds may be related to strike-slip shear bands arranged alternatively into an E-W shortening or NE-SW shortening strain field (Fig. 15). Both strains may be present, successively. It may have been this event that was the cause of the development of weak cleavage in the Early Oligocene Tard Clay.

7. During the Early Miocene there was a quasi-perpendicular shortening along the Darnó zone (TELEGDI ROTH 1951; SCHRÉTER 1952; SZTANÓ & TARI 1993; FODOR et al. 1992, 1999). Probably it was this shortening which also created northwest vergent thrusts (FODOR et al. 1992). During this period (Late Oligocene) the whole region underwent a 60°CCW rotation (MÁRTON & FODOR 1995).

8. During the Middle Miocene there was a smaller left lateral shear along the Darnó zone (Fig. 19). A smaller 30°CCW rotation has also been recorded (MÁRTON & FODOR 1995).

9. In the Late Miocene-Quaternary an alternating extensional-compressional regime is settled. Due to inversions, folds and thrusts (Fig. 18) which developed even in the Pannonian (Late Miocene) strata, the dominant structures remain pull-apart basins along ENE-WSW lineaments (Figs 22, 23; Vatta-Maklár trough, TARI 1988). The Quaternary is an inversion period demonstrating several 100 m of uplift (DUNKL et al. 1994).

Manuscript received: 22 01 1999

## Összefoglalás

A Bükk szerkezetét több, különböző korú tektonikai fázis hatásainak egymásra rakódása határozza meg. Egyes kulcs-feltárások leírásával bemutatásra kerülnek a főbb szerkezetek. A plasztikus és töréses formákra kiterjedő megfigyelések után 9 deformációs eseményt sikerült elkülöníteni.

1. A Mónosbél-Szarvaskő típusú takarók érkezése (késő-jura-kora-kréta?), talán ezzel egyidőben az első palásság és rétegmélti lapulás (S1), nyírás megjelenése.

2. A barrémi során dél felé vergáló, palássággal (S2) egyidejű nagy és kis redők valamint mega-budinász jöttek létre a paraautochton és a Szarvaskő-Mónosbéli takarók kőzeteiben. Ezek az általában triász mészkő magvú redők határozzák meg a hegység elsődleges szerkezetét. Az alakváltozás alatt az egész építmény feltolódások szabdalták. Az így létrejött pikkelyek határa egybeesik a paraautochton triász fácieszónáinak határával.

3. A középső-késő-kréta során a hegység kőzeteinek cikcakk redőkbe gyűrődése (K-NY-i tengelyű redők, esetleg klivázs),

4. É-D-i tengelyű cikcakk redők és klivázs keletkezése.

5. A késő-kréta során a terület a Darnó eltolódás-rendszer mentén elnyíródott. Hatására a Bükk régebbi szerkezetei megívelődtek. E kompressziók hatására új feltolódások, (Nagyfennsík északi határa), esetleg kései K-NY-i tengelyű cikcakk redők keletkeztek, illetve ujjaéledt a déli pikkely-rendszer, s egyes pikkelyek messze DK felé toldódtak.

6. A késő-kréta–paleogén időszakban valamikor (esetleg a Tardi Agyag képződése idején?) K–NY-i és/vagy ÉK–DNY-i rövidülés hatására újabb cikcakk redők és nyírással összefüggő nagy redők keletkeztek.

7. A kora-miocén során a Darnó övezet mentén feltolódások zajlottak le. Ugyancsak e rövidülések egyéb, másodlagos feltolódásokat (Upponyi feltolódás) gerjeszthettek (FODOR et al. 1992). Az eseménnyel egyidőben (a késő-ottngiban) jelentős elforgást is végzett az egész régió (MÁRTON & FODOR 1995).

8. A középső-miocénben a Darnó mentén ismét balos eltolódások alakultak ki. Ezen eltolódások során a kisebb tömbökre szabdaltságot jelentős forgást végzett.

9. A pannonban hol tágulások, hol kompresszív rendszer működött. Ennek hatására a pannon összletekben redők, feltolódások, illetve a Darnó mentén és a Vatta–Maklári árokban (TARI 1988) KÉK–NyDNY-i csapású balos transztenziós vetők keletkeztek. A kvarterban többszáz méteres emelkedés történt (DUNKL et al. 1994).

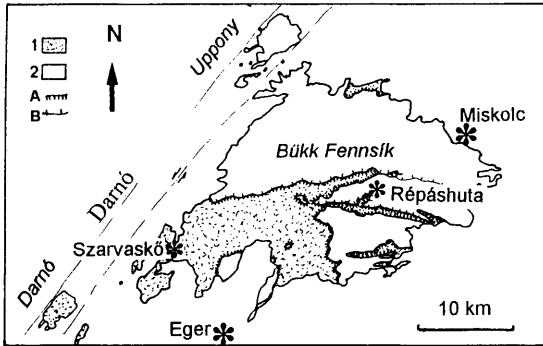
## Bevezetés

A Bükk hegység földtani felépítésével számos kiváló hazai geológus foglalkozott (BÖCKH et al. 1930; SCHRÉTER 1943; BALOGH 1964). A század derekán nyilvánvalóvá vált, hogy a hegység metamorf képződményei nem csak paleozoosak, hanem zömükben mezozoosak és igen erősen deformáltak. A felgyülemlett rétegtani, szerkezeti megfigyeléseket BALOGH (1964) klasszikus monográfiája és térképe foglalta össze.

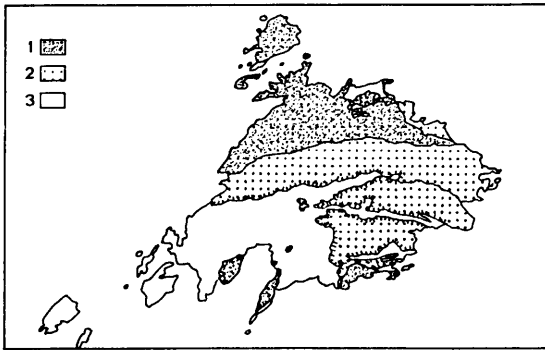
A 80-as években a Bükk hegység területéről publikált szórványos jura őslénytani adatok (BÉRCZINÉ & PELIKÁN 1984; KOZUR 1984) és néhány terület földtani felvétele (BALLA 1983; BALLA et al. 1986, 1987) a klasszikus BALOGH (1964, 1981) féle földtani modell újraértékelését tették szükségessé.

Az újraértékelésre már csak azért is szükség volt, mert a szórványos rétegtani adatok új, egymásnak sokszor ellentmondó szerkezeti modellek (1. *ábra*) megjelenését eredményezték (DERCOURT et al. 1984; BALLA et al. 1986; BALOGH et al. 1984; CSONTOS 1988). Különösen a hegység központi, kiemelt részét képező karbonátok: a Nagyfennsík, és annak déli előterében lévő bázitok, agyagpalák megítélésében mutatkoztak különbségek. Míg BALLA (1983), BALLA et al. (1986), DERCOURT et al. (1984) számára a jelenleg kiemeltebb nagyfennsíki terület képezte a déli palák és a szarvaskői magmatitok üledékes és tektonikai aljzatát (1a, c *ábra*), addig BALOGH et al. (1984) számára a Nagyfennsík takaróként tolódt az előterében lévő szarvaskői és dél-bükk-i összletre (1b *ábra*). E problémák megoldására 1982 és 1988 közt a Bükk három, az újraértékelés szempontjából fontosnak ítélt területén (a Nagyfennsík nyugati és keleti elvégződésénél és a Lök-völgy tágabb térségében) részletes földtani térképezést folytattam. Eredményeim francia nyelvű összefoglalása (CSONTOS 1988) után szükségét éreztem azok hazai szakmai közönség elé tárásának is. A számos előadás és beszámoló óta eltelt idő mintegy ellenőrzésként is szolgált.

A bükk-i geológia egyik nagy gondja, hogy a rétegzés az intenzív, mindenütt jelen lévő palásság miatt nehezen vagy nem látható, illetve a palássággal összetéveszthető. A másik gond az, hogy a szelvények, illetve a rétegsorok



a



b

1. ábra. A Bükk hegységről alkotott különböző tektonikai modellek.

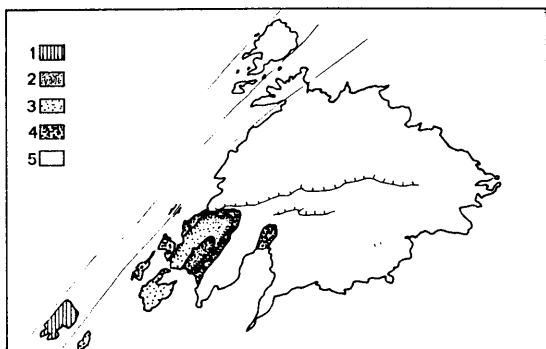
a) DERCOURT et al. (1984) gondolatai alapján. 1. Darnó-Szarvaskői allocthon sorozat; 2. Nagyfennsíki autocthon. A – Takaróhatár; B – Feltolódás. A csillagok nagyobb helyiségeket, a dőlttel szedett nevek tájakat, hegységeket jelölnek.

b) BALOGH et al. (1984) nyomán. 1. Nagyfennsíki takaró, nem metamorf, Északi-antiklinális egység; 2. Nagyfennsíki takaró, anchi-epimetamorf egység; 3. Darnó-Szarvaskői parautocthon

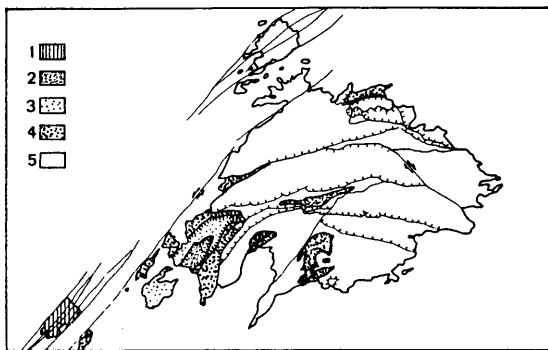
Fig. 1. Tectonic models of the Bükk Mts.

a) After ideas of DERCOURT et al (1984). 1 Darnó-Szarvaskő allocthonous series; 2 Paleo-dinaric autocthonous; A – Nappe boundary; B – Thrust. Stars indicate bigger settlements, while cursive text indicates geographic regions.

b) After BALOGH et al. (1984). 1 Nagyfennsík nappe, non-metamorphic part, Northern anticline unit; 2 Nagyfennsík nappe, anchi-epimetamorphic unit; 3 Darnó-Szarvaskő parautocthonous.



c



d

1. ábra. c) BALLA (1983, 1984, 1987a) gondolatai alapján. 1. Darnó-Szarvaskői allochton; 2. Szarvaskői II. takaró; 3. Szarvaskői I. takaró; 4. Mónosbéli típusú takarók; 5. Tarkói (Nagyfennsíki) parautochton. Egyéb jelek mint az a) részában.

d) CSONTOS (1988) nyomán. 1. Darnó-Szarvaskői allochton; 2. Szarvaskői II. takaró; 3. Szarvaskői I. takaró; 4. Mónosbéli takaró; 5. Bükki (Nagyfennsíki) parautochton. Egyéb jelek mint az a) részában

Fig. 1c) After ideas of BALLA (1983, 1984, 1987a). 1 Darnó-Szarvaskő allochthonous; 2 Szarvaskő II. nappe; 3 Szarvaskő I. nappe; 4 Mónosbél nappe; 5 Tarkő (Nagyfennsík) parautochthonous. All other symbols same as on Fig. 1a

d) After CSONTOS (1988). 1 Darnó-Szarvaskő allochthonous; 2 Szarvaskő II. nappe; 3 Szarvaskő I. nappe; 4 Mónosbél nappe; 5 Bükk (Nagyfennsík) parautochthonous. All other symbols same as on Fig. 1a

folyamatossága, fiatalodási iránya nem magától értetődő, sőt egyes esetekben biztosan szerkezetileg tagolt és zavart.

Nagyszámú, szelvény szerinti biosztratigráfiai adat híján a rétegsorok polaritását a szerkezeti elemek és ritkán egyéb bélyegek (rétegzés és palásság viszonya, mikroredők vergenciája; l. FODOR 1989, keresztretegzés, gradáció; l. BALLA et al. 1987) alapján állapítottam meg. Ilyen módon a szerkezetföldtani észlelések kulcsfontosságúnak bizonyultak a rétegtani problémák megoldása szempontjából is. Éppen ezért munkám rétegtani részének is a szerkezeti megfigyelések, azok értelmezése volt az egyik megbízható alapja.

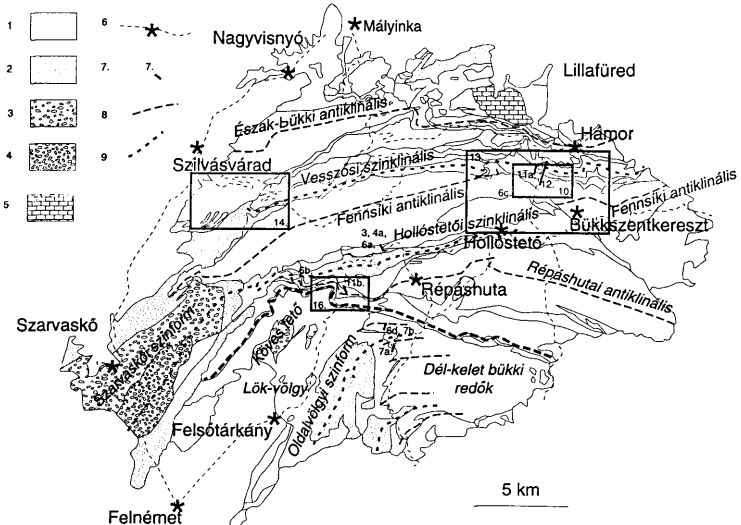
A rétegtani elemzésből (CSONTOS 1988; CSONTOS et al. 1991a, 1991b, CSONTOS in press) kiderült, hogy a hegységet legalább két nagy szerkezeti egység: a Nagyfennsíki parautochton és a Szarvaskő–Mónosbéli takarók (röviden Szarvaskői) építik fel. Ezek a hegységet ért deformációk szempontjából egységesen viselkednek, köztük különbség nem észlelhető. Elkülönítésük földtani térképezési, rétegtani, szedimentológiai, geodinamikai megfontolások eredménye (CSONTOS 1988; CSONTOS et al. 1991a, 1991b), amelyeket a rétegtannal foglalkozó cikkben (CSONTOS in press) és nem jelen munkában részletezek.

### Képlékeny deformációs elemek

A Bükk egészére jellemző az igen intenzív képlékeny deformáltság, ami egyrészt a kőzetek mélyreható palásodásában, másrészt a sík elemek gyűrődésében mutatkozik. A redők több nagy antiformot és szinformot alkotnak (2. ábra), amelyek a hegység alapvető szerkezetét is meghatározzák. A nagy redők utólagos deformációt szenvedtek. Az egyik ilyen utólagos szerkezet a hegység ívelődése, amely az eredetileg párhuzamos, lineáris szerkezeteket adott zónákban elgörbítette. A most következőkben a képlékeny alakváltozásokat néhány kiválasztott feltárás leírásával szeretném bemutatni.

#### *Palásságok (S1, S2)*

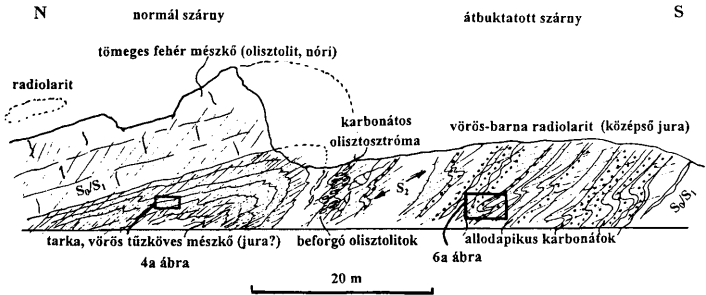
Néhány ritka kivételtől eltekintve a Bükkben található összes kőzet szabályos elválást: palásságot mutat. E deformációs forma természetes a gyenge metamorfózist ért kőzetekben (pl. TWISS & MOORES 1992; CSONTOS 1998). A kőzetek igen erős irányított szövetet vesznek fel, amely a karbonátos kőzetekben ikerlemezség kifejlődésével, az agyagos kőzetekben a csillámok statisztikusan egyirányba rendeződésével jár. Az elválási felületek szabad szemmel, nagyítóval, mikroszkóppal megfigyelhetően sűrű, egymással általában párhuzamos rendszert alkotnak. Palásság nagyobb kőzettömeg általános, nagyméretű (legalább 30%-os) rövidülésével jön létre, vagy képlékeny nyírási övekben (tehát meghatározott, kisebb kőzettérfogatban), a nyírás hatására keletkezik. A Bükk hegységben bizonyos, hogy gyakorlatilag az egész kőzettömeget jelentős rövidülés érte, de nem zárhatjuk ki a nyíráshoz kapcsolódó palásság jelenlétét sem.



2. ábra. a Bükk hegység nagyobb redőinek vázlata. A vékony vonalas kontúrok a térképezett litológiai határoknak felelnek meg. 1. Nagyfennsík parautochton; 2. Mónosbéli takaró; 3. Szarvaskő I. takaró; 4. Szarvaskő II. takaró; 5. Kisfennsík takaró(?); 6. Főbb út helyiséggel. 7. A cikkben szereplő feltárások, térképek helye az ábra számával; 8. Antiform tengely; 9. Szinform tengely

Fig. 2. Sketch map of the major folds of the Bükk Mts. Thin lines indicate lithological boundaries. 1 Nagyfennsík parautochthonous; 2 Mónosbél nappe; 3 Szarvaskő I. nappe; 4 Szarvaskő II. nappe; 5 Kisfennsík nappe (?) 6 Main road with settlement. 7 Outcrops, figures, maps of the paper with their numbers; 8 Axis of antiform; 9 Axis of synform

A korábban harántpalásságnak, azaz a rétegzést átmetsző elválásnak leírt jelenséget kiválóan tanulmányozhatjuk a Déli-Bükk bánya-hegyi alapszelvényében (3. ábra; Eger–miskolci főút, fennsík leágazás). Itt egy vastag fehér mészkőtömb alatt rózsaszín, sárgás, vékonyan rétegzett meta-mikrit található. A rétegzéssel párhuzamosan igen gyakran vörös tűzközsínorok, lencsék, rétegek találhatók. E színnel és anyagváltozással jelzett rétegzést ferdén metszi egy sűrű, sík elválás: a hegységben általában tapasztalt főpalásság (S2; 4a ábra). A főpalásság sík vagy hullámos volta messzemenően függ a kőzet anyagától. A homogén kőzetekben sík palásság mutatkozik. A különböző finomszemcsés rétegek váltakozásából felépülő kőzetekben síkობól összeálló, ún. refraktált palásságot látunk. Az inhomogén kőzetekben, mint pl. a kavicsos agyagpalákban a főpalásság jellegzetesen hullámos, azaz kerületi a nagyobb, keményebb elegyrészeket. A főpalásság általánosan észak felé dől, de egyes helyeken mind csapása, mind dőlése változhat. E változások okaira később térek ki.



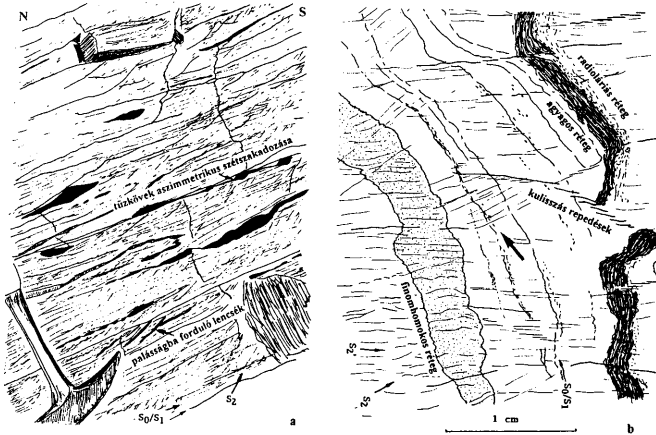
3. ábra. A bánya-hegyi alapszelvény vázlatos képe. S0/S1: rétegzés és vele párhuzamos paláság; S2: főpaláság. A keretek a feltárás részleteit bemutató ábrák helyét jelölik

Fig. 3. Sketch of the Bánya-hegy key-section. Lithologies: the core of the antiform in the northern half is composed of variegated, mainly red, pink micrite with red chert layers and nodules. The overlying cliff is a massive, light-grey limestone with shallow-water fossils. The southern half of the exposure is dominated by red, brown, occasionally green radiolarite with grey allodapic limestone beds, occasionally olistostromes. All these rocks are boudinaged and folded. S0/S1: layering and parallel schistosity; S2: main schistosity. Inserts indicate location of details in further figures

Részletesebben megfigyelve a kőzetet nyilvánvaló, hogy a rétegzéssel párhuzamosan is kialakult egy irányított szövet és paláság: ez az elválás (S0/S1) feltehetően a főpaláságot megelőző deformációs folyamatok eredménye. A rétegzéssel párhuzamos paláság létrejöttére hegység-szerre számos bizonyítékot találtunk. Ilyen a rétegzés felületének selymes becsillanása (rétegzéssel párhuzamosan rendezett agyagásványok), a rétegek és elegyrészek rétegzéssel párhuzamos megnyúlása, szétszaggatódása (4a ábra), arra merőleges ellapulása (4b ábra), a vékonycsiszolatokban a rétegzéssel és főpalásággal párhuzamos irányított szövet léte (azaz legalább kétirányú lapultság van egyazon kőzetben). Egyes ritka esetekben a rétegzés felületén elegyrészek szétszaggatódásából álló nyúlási vonalasságot is látható. Ez gyakorlatilag párhuzamos a főpaláság és a rétegzés alkotta metszési vonalassággal (S0/S2) és a fő (palásággal egyidejű) redők tengelyével (5. ábra).

A rétegzésre merőleges metszetekben nem csak a lapultságot és megnyúlást figyelhetjük meg, hanem egyes klasztok forgását is. E forgások általában nyíráshoz kapcsolódnak. Ugyancsak nyírást jeleznek a szétszaggatott, elvonszolt, beforgatott tüzkőrétegek-lencsék is (3a ábra). A bánya-hegyi szelvényben két fajta nyírásirányt is lehet észlelni. A vastag fehér mészkő alatti tüzkőzsinórok aszimmetrikus hurkásodása egy dél felé irányuló nyírást jelez. A feltárás déli részén, radiolaritban lévő allodapikus mészkövek elegyrészein gyenge, bizonytalan irányú nyírás nyomai látszanak. Ezek értelmezéséhez a hegységen belüli ilyen adatok megsokszorozására van szükség. Ezek az adatok azért fontosak, mert egy korai, rétegmenti lapulással esetleg párosuló nyíródást jellemezhetnek.

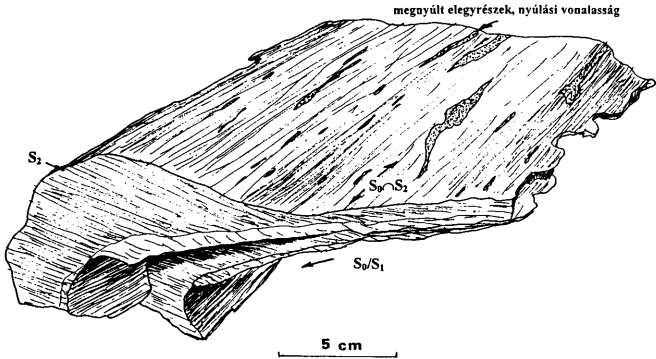




4. ábra. Rétegzéssel párhuzamos palásság, lapultság és a főpalásság okozta áttevődési jelenségek. a) A bánya-hegyi alapszelvény részlete (normál szárny, l. 3. ábra). A színsávokkal párhuzamosan (a kép közepén) a tűzkövesinórok kissé aszimmetrikusan szétszakadoznak: ez dél felé történő nyírást jelez. A rétegzés felülete csillámosan fénylik. A főpalásság egyes lencsékét önmagával párhuzamosra forgat be. A méretet a kalapács adja. b) Radiolárit vékonycsiszolati képe. A radioláriák finom törmeléként jelentkeznek. A radiolária-vázak rétegzéssel (S0/S1) párhuzamosan erős lapulást szenvedtek (e testeket nyíl jelzi). A lapult rétegek redőződtek. A kőzetet a főpalásság (S2) és egy utólagosnak tűnő palásság (S2') szabdalja

Fig. 4. Effects of layer-parallel flattening, schistosity and main schistosity. Transposition. a) Detail of the Bánya-hegy key-section (normal limb, see Figure 3). At the centre of the picture the layer-parallel red chert nodules and seams are asymmetrically boudinaged, indicating southwards directed shear. Layering has a silky shine because of oriented phyllosilicates. Main schistosity turns some dissected chert nodules parallel to itself (near hammer). Hammer for scale. b) Thin section of radiolarite. Radiolarian tests form fine clasts in shale. The tests are all flattened parallel to layering (arrow, S0/S1). Flattened layers are folded. The rock is also affected by main (S2) and secondary (S2') cleavage

Szintén a palás deformáció jellegzetessége az áttevődés (transzpozíció). A jelenség abból áll, hogy az anizometrikus (sík, lencseszerű) elemek eredeti (főként rétegzéssel párhuzamos) irányukból kiforognak és a főpalássággal párhuzamosan állnak be (CSONTOS 1998). Legszébben a tűzköves mészkövekben és konglomerátum jellegű-olisztosztrómákban észlelhető. A már említett bánya-hegyi alapszelvény középső szakaszán (3. ábra) egy karbonátlencséből álló olisztosztróma húzódik. E pad követésével megállapítható, hogy a rétegdőlés meredek és kisebb szoros redők által deformált. Maguk az olisztosztrómát alkotó mészkőlepenyek azonban nem a rétegzés lefutását követik, hanem a palássággal párhuzamosan állnak be. Ugyanígy a rétegszerűen települő tűzközsínórok is szétnyíródtak, s a lapulás miatt a palássággal párhuzamos irányba forognak (4a ábra). E jelenség miatt igen könnyen félre lehet ismerni a rétegzés



5. ábra. Nyúlási vonalasság a palássággal egyidejű szoros redőben. A szerkezet radiolaritban lévő allodapikus karbonátban alakult ki. A karbonátos rétegben a klasztok megnyúlásából adódó vonalasság a redő tengelyével párhuzamos

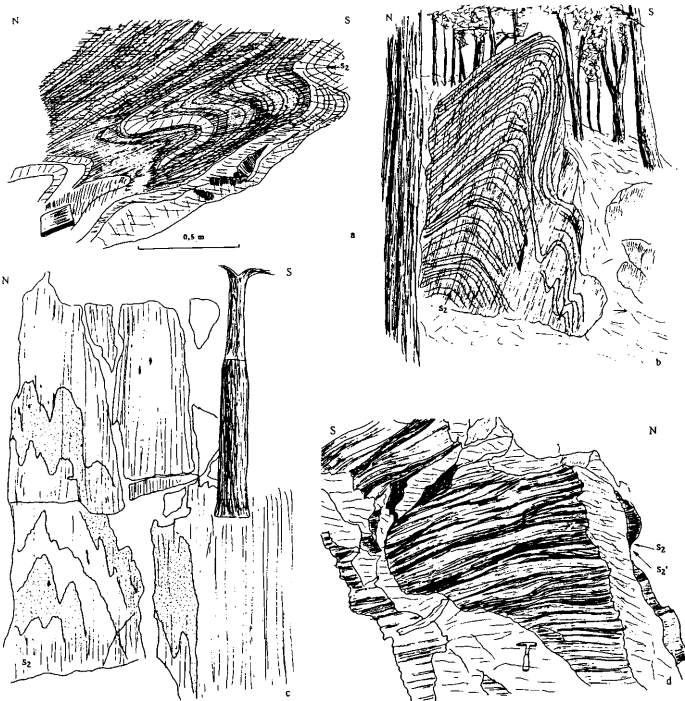
Fig. 5. Stretching lineation in a syn-schistose fold of allodapic carbonate bed and radiolarite. The stretching lineation formed by elongation of clasts within the allodapic carbonate is parallel to the axis of the fold. No sheath fold was ever observed in the Bükk Mts

lefutását, s főként ez a jelenség az oka annak, hogy a nemes elődök a hegység rétegsorát és szerkezetét eltérően értelmezték.

#### Palássággal egyidejű redők (P2)

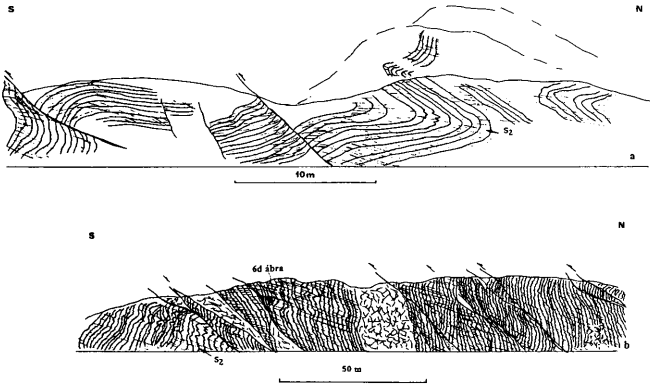
A Bükk számos pontján látni igen szép redőket (6, 7. ábra). Legjobban megközelíthető talán az Eger-miskolci főút bányá-hegyi alapszelvényében, radiolaritban lévő redő-sorozat (3, 6a ábra). E barnás, jól rétegzett kőzetben szürke allodapikus mészkövek láthatók. A rétegzés szép ívben hajlított. Tengelyfelületével párhuzamosan a radiolarit rétegeket átmetsző, sűrű sík főpalásság húzódik. E megfigyelés általánosítható: e szoros redőtípus tengelye párhuzamos a főpalásság-rétegzés metszési vonalassággal ( $S_0/S_2$ ) és tengelysíkjaival a főpalásság ( $S_2$ ) mindig párhuzamos (8. ábra). E geometriai viszony arra utal, hogy a két szerkezet egyszerre, egy deformációs térben keletkezett. Éppen ezen bélyeg alapján nem lehet üledékes rogyás eredetű ez a redősorozat.

A feltárás-méretű, palássággal egyidejű redők (P2) formája anyagtól függően változó. Vékonyréteges, képlékenyebb képződmények, mint a szürke és tarka tűzköves mészkövek, agyaggalakú igen hegyes, szoros, egynémely esetben izoklinális redőket alkothatnak (6a ábra). Vastagabb réteges, ridegebb képződmények, mint a radiolaritok, a Nagy-Ökrös közelében előforduló tűzköves mészkő lekerekítettebb, szoros redőket alkotnak (6b, 7a, 7b ábra). E redők közös jellemzője az aszimmetrikus forma s a dél felé kibillenés (hiszen a tengelysíkjukat



6. ábra. Főpalássággal egyidejű (P2) redők. a) Allodapikus mészkő (világos) és radiolarit (sötét rétegek) alkotta aszimmetrikus parazitaredő a bánya-hegyi feltárás átbuktatott szárnyán (l. 3. ábra). S2: főpalásság. b) Vékony radiolarit-rétegek (vastagabb vonalak) alkotta redő a Toldi-lápa környezetében. S2: főpalásság. c) Eltérdő árnyalatokkal jelzett rétegek (vastagabb vonalak) gyűrődése Bükkfennsík Mészkőben, a Lusta-völgy felett. S2: főpalásság. A képlékeny anyagáramlásra a rétegek fogacsolt, zegzugos határa utal. A méretet a kalapács adja. d) Redőkéve (mullion) a Nagy-Ökrös tűzköves mészkövében (ld. 7b ábra). A kévek iránya párhuzamos a redőtengellyel és a metszési vonalassággal. S2: főpalásság. S2': utólagos palásság. A méretet a kalapács adja

Fig. 6. Synschistose meso-scale folds (P2). a) Asymmetric parasitic fold in allodapic limestone (light) and radiolarite (dark) on the inverted limb of Bánya-hegy key-section (see Figure 3). Notebook for scale. S2: main schistosity. b) Fold in thin radiolarite beds (thicker lines) near Toldi-lápa. S2: main schistosity. c) Fold in Bükkfennsík Limestone above the Lusta-valley. Bedding (thicker lines) is indicated by different shades of grey in the original exposure. S2: main schistosity. Ductile, inhomogenous flow is indicated by the wavy pattern of the bedding-surfaces. Hammer for scale. d) Mullion in cherty limestone at Nagy-Ökrös (see Figures 2, 7b). Mullions are parallel to the axis of synschistose folds and intersection lineation of bedding and main schistosity. S2: main schistosity. S2': secondary cleavage. Hammer for scale



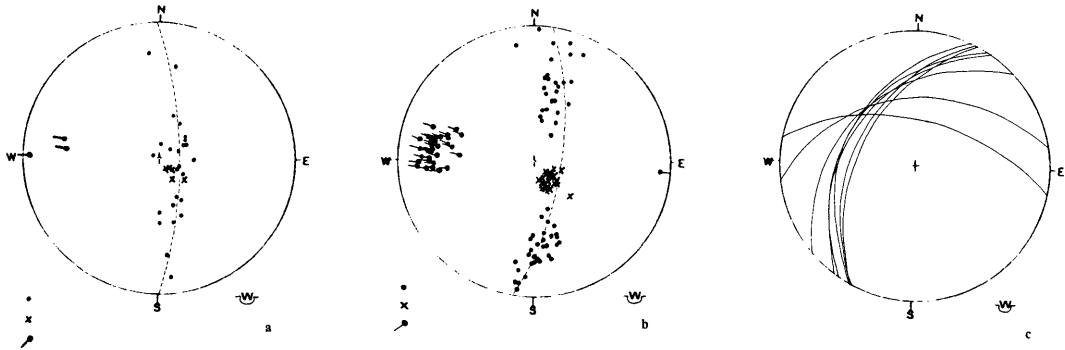
7. ábra. Feltárás-méretű palássággal egyidejű (P2) redők a) A Földszakadás erdészeti útjának bevágásában lévő szoros redő, melyet tűzköves mészkő alkot. Vastag vonal: rétegzés; S2: főpalásság. b) A Nagy-Ökrös erdészeti bevágásának szelvénye: vastag vonal: rétegzés; S2: főpalásság

Fig. 7. Outcrop-scale synschistose folds (P2). a) Tight fold of cherty limestone in the road-cut of Földszakadás. Thick lines indicate bedding; S2: main schistosity. b) Section of road cut at Nagy-Ökrös. Thick lines indicate bedding; S2: main schistosity

jelző főpalásság észak felé dől). A kibillentett redők ún. normál, északi szárnyán (3, 7a ábra) a rétegzés dőlése laposabb, mint a palásságé; a déli, rendszerint átbuktatott szárnyán a rétegzés dőlése meredekebb, mint a palásságé. A redő csuklózónájában a rétegzés és a palásság dőlése egymásra merőleges (l. FODOR 1989). E geometriai viszonyokat rétegsorok fiatalodásának megállapítására, feltárás-méretet meghaladó redők egyes elemeinek meghatározására használhatjuk.

Ezen eszköz következetes alkalmazásával kiderült, hogy a Bükk hegységet ilyen, a palássággal egyidejű, nagyméretű redők építik fel (2. ábra). A BALOGH (1964) által értelmezett szinklinálissal ellentétben a Nagyfennsík nagyszabású, délre kibillentett antiformot (antiklinálist) alkot (BALLA et al. 1986; CSONTOS 1988, 9. ábra). Répáshuta környékén a vastag karbonátok szintén nagy antiklinális magját alkotják. Az idősebb karbonátok a Hór-völgy környékén kisebb antiklinális-sorok magvában bukkannak felszínre (2. ábra). A hegység fiatalabb mezozoos képződményei elsősorban a déli palaterületeken (Lök-völgy tágabb környezete), szinklinálisokban található (BALLA et al. 1986, 1987). A legfelső helyzetben lévő Szarvaskői-takarók (pl. Szarvaskő környéke, Oldal-völgy környéke) ugyancsak szinformokban őrződtek meg (BALLA 1983; CSONTOS 1988).

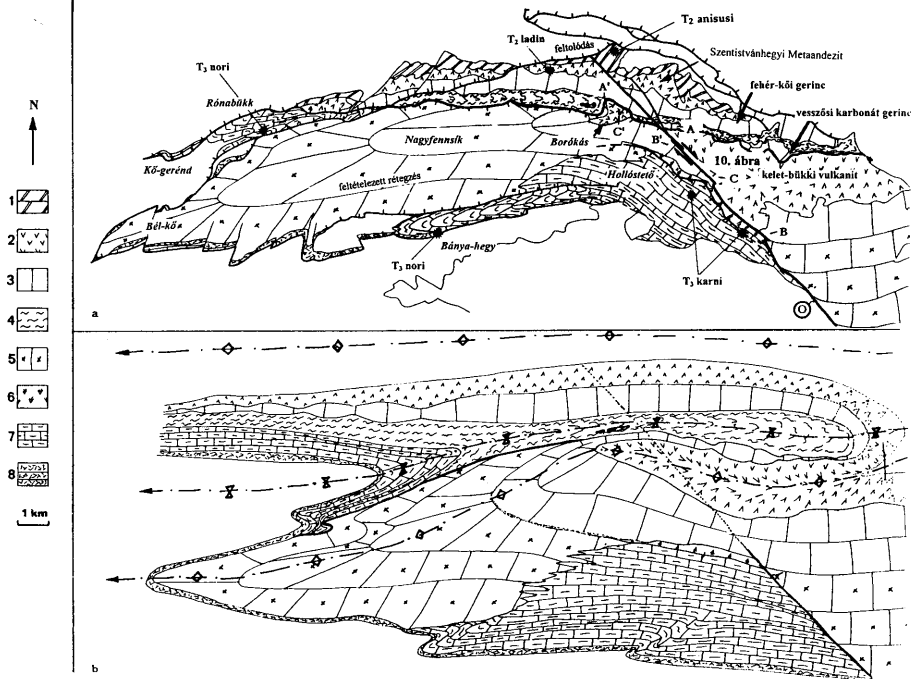
A palássággal egyidejű redőkhöz számos mikroforma is társul. Gyakran figyelhetünk meg a nagyobb redők hátán észlelhető ún. parazita-redőket, melyek a ré-



CSONTOS L.: A Bükk szerkezete és fejlődése

8. ábra. Palássággal egyidejű redőkhöz kapcsolódó szerkezeti elemek sztereografikus képe. a) A Földszakadás redőjének sztereogramja. A pontok a rétegzés, az x-ek a palásság pólusait jelölik, míg a szakállas pontok a rétegzés/palásság metszési vonalasságot és a mért redőtengelyt ábrázolják Wulff, alsó félgömb vetületben. A redő hengeres, a palásság és rétegzés pólusai azonos zónakörön (szaggatott vonal) találhatóak. b) A Nagy-Ökrös redőjének sztereogramja. A pontok a rétegzés, az x-ek a palásság pólusait jelölik, míg a szakállas pontok a rétegzés/palásság metszési vonalasságot és a redőkévéket ábrázolják Wulff, alsó félgömb vetületben. A redő hengeres. c) A Nagy-Ökrös redőjéhez kötődő feltolódások sztereogramja. A mért nyírási (többségükben feltolódásos jellegű) felületek nyomvonalas képe látható. A K-Ny-i csapásúak feltehetően a redőzöldéssel egykorúak, az ÉK-DNy-i csapásúak feltehetően utólagosak

Fig. 8. Stereographic plots of synschistose folds. a) Stereographic plot of the fold at Földszakadás. Points stand for poles to bedding, crosses stand for poles to main schistosity, barbed points indicate bedding/schistosity intersection lineation and measured fold axes. Wulff, lower hemisphere projection. The fold is cylindrical, the poles to bedding and schistosity are found on the same zone (dashed). b) Stereographic plot of folds at Nagy-Ökrös. Points stand for poles to bedding, crosses stand for poles to main schistosity, barbed points indicate bedding/schistosity intersection lineation and mullions. Wulff, lower hemisphere projection. The fold is cylindrical. c) Stereographic plot of faults related to the folds at Nagy-Ökrös. Faults are indicated by their traces. Wulff, lower hemisphere projection. The measured faults are generally thrusts. E-W strike faults are probably synchronous to, NE-SW strike faults are probably postdating the synschistose folds



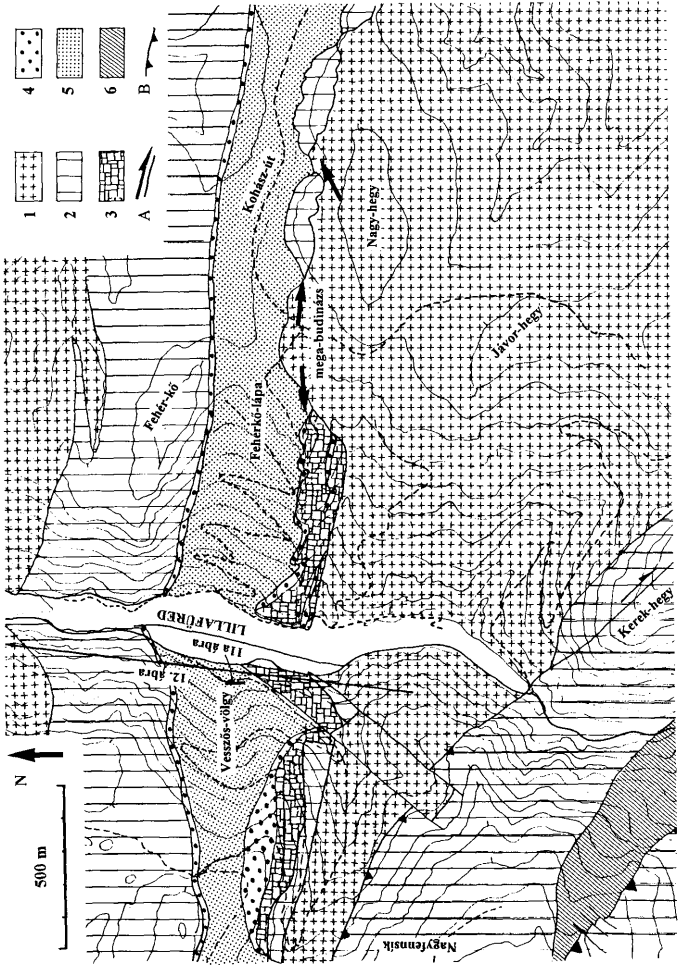
tegzést zegzugossá teszik. A csuklózónában gyakran fűrészfogas formákat alkotnak eme kis redők (6c ábra). Egyes esetekben nyilvánvaló, hogy a formák kialakulásához az anyag teljesen képlékenyen kúszott, nyíródott (emiatt is nehéz az eredeti, rétegzéssel párhuzamos nyírások különválasztása a redőződéssel egyidejű nyírásoktól). A palássággal egyidejű redőkhöz kapcsolódik a Hollóstetőn, a Lustavölgy bejáratánál, illetve a Nagy-Ókrös tűzköves mészkövében észlelhető redőkéve (mullion) is (6d ábra). Ez a forma a kompetens mészkőrétegek márgarétegek rovasára történő kihalmozódásával jön létre. A keletkező hurkák csatornákra, kévére hasonlítanak, s a palásság-réteglap metszési vonalával párhuzamosak. Feltehetően a palásságra merőleges képlékeny rövidülés, anyagáramlás következményei.

### Mega-budinázs (B1?, B2)

A hegység rétegtani felépítésére jellemző, hogy egyes, ún. teljes rétegsorok csapás mentén hiányosakká válnak és vastagságuk oldalirányban jelentős változásokon megy keresztül. Legszébben e jelenséget a Nagyfennsík északi előterében, Szilvásvárad illetve Bükkszentkereszt térségében figyelhetjük meg (9. ábra). E korábban tektonikus kihengerlődésként nevezett jelenségnek van egy figyelemreméltó jellemzője: az egyes rétegtani hiányok ellenére a rétegsor nem borul fel (azaz ha A, B, C, D közül C hiányzik, a maradék "rétegsor" A, B, D lesz). Gyakran csak a rétegsorok elemeinek vastagsága csökken (pl. Kő-gerénd–Csortos-kő, Szilvásvárad–Nagyfennsík erdészeti út holló-kövi szelvénye). A laterális vastagságváltozások általában hirtelenek, de folyamatosak: az egyes rétegtani elemek térképi méretű lencsét alkotnak. Ilyen mega-lencse, vagy kőhurka (boudin) a Szilvásvárad melletti Kő-gerénd–Csortos-kő számos rétegtani eleme, vagy a Fehér-kő-lápa főjében húzódó Kohász-út mentén található fehér mészkő-hurkák (10. ábra; mások, pl. PELKÁN e szerkezeteket feltolódással magyarázzák). E lencsék általában ridegebb kő-

←9. ábra. A Nagyfennsík környékének rekonstrukciója. a) Jelenlegi helyzet térképvázlata (csak a középső-triász–alsó-jura képződmények feltüntetésével). 1. Anisusi Hámori Dolomit; 2. Anisusi–ladin (Szentistvánhegyi Metaandezit); 3. Ladin–karni Fehérkői Mészkő; 4. Karni (?) Vesszős Agyagpala; 5. Felső-triász világos Bükkfennsíki Mészkő; 6. Karni(?) Szinvai Metabazalt; 7. Karni–nori Hollóstetői Mészkő ill. Rónabükki Mészkő; 8. Liász (?) átülepített sorozat. A csillagok az egyes fauna-lelőhelyeket mutatják, a meghatározott korrallal. A, A', B, B', C, C' egymástól elkerült és a rekonstrukció (b ábra) során egyesített pontok. O: Bükkszentkereszt eltolódás. b) Rekonstruált helyzet. A rekonstrukció a kései (feltehetően késő-kréta) eltolódások, feltolódások hatása előtti (nagyjából kora-kréta) helyzetet mutatja. Az antiformokat, szinforákat hagyományos módon jelöltem

Fig. 9. Reconstruction of the surroundings of Nagyfennsík area. a) Geological sketch-map of present situation (only Middle Triassic–Lower Jurassic formations are indicated). 1 Anisian Hámor Dolomite; 2 Anisian–Ladinian Szentistvánhegy Metaandezite; 3 Ladinian–Carnian Fehérkői Limestone; 4 Carnian (?) Vesszős Shale; 5 Upper Triassic Bükkfennsík Limestone; 6 Carnian Szinva Metabasalt; 7 Carnian–Norian Hollóstető Limestone and Rónabükk Limestone; 8 Liassic (?) redeposited series. Stars indicate the location of fauna, with determined ages. A, A', B, B', C, C' indicate offset points, which are reunited by reconstruction (Figure b). O: Bükkszentkereszt strike slip zone. b) The original reconstruction represents an approximately Early Cretaceous situation. Antiforms and synforms are indicated by conventional symbols





zetekből (fehér mészkő, dolomit, ignimbit) állnak, míg a környezetükben lévő kőzetek (agyagpala, tuft) képlékenyebbek. A rétegek ilyen szétszakadozását budinázsként ismeri a szakirodalom, s rétegmenti megnyúlás következményének tartja. Valószínű, hogy a jelentős rétegtani hiányok, valamint egyes rétegtagok izolált, lencseszerű előfordulása rétegzés menti, K–NY-i megnyúláshoz köthető. A deformáció a képlékeny tartományra (anchimetamorf körülmények) jellemző, ideje nem világos. Elképzelhető, sőt valószínű, hogy a korábban említett rétegzéssel párhuzamos palásság, lapultság kialakulásával egyidejű jelenség, de az is elképzelhető, hogy a főpalásság és az azzal egyidejű redőződés velejárója. Mivel utólagos (cikcakk) redők is érintik az imígyen nyújtott-elvékonyított szakaszokat, a mega-budináz az utólagos redők előtti jelenség.

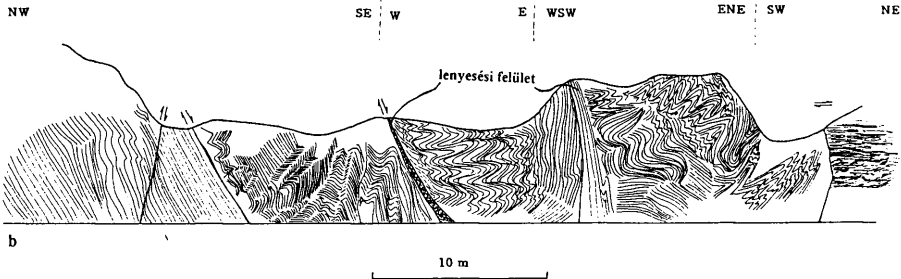
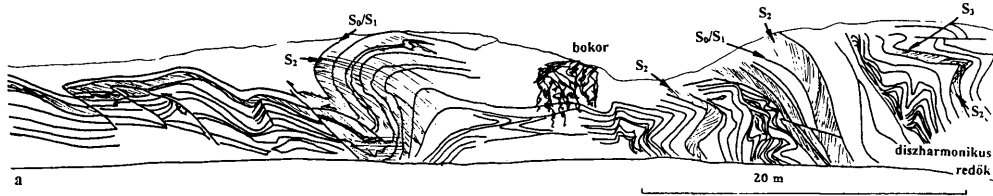
#### *Palásság utáni redők (P3, P4a, P4b)*

Nem csak szoros, kerekített redőket láthatunk a hegységben, hanem szegletesebb, ún. cikcakk formákat is. Igen szép ilyen redők észlelhetők három, jól megközelíthető helyen is: Lillafüreden, a Vesszős-völgybe felvezető erdészeti út mentén; a Szilvászarádról a fennsíkra vezető út róna-bükki kanyarjának környezetében és az Eger–miskolci főút hereg-réti kanyarjában. E feltárásokból az elsőt és a harmadikat mutatom be részletesebben.

A Vesszős-völgy redői (11a ábra) fekete agyagpala-közös fekete, bitumenes mészkőben húzódnak. A redők helyenként hegyesek, hirtelen átfordulásúak, szegletesek. Igen gyakori a diszharmonikus redő, azaz az egyes rétegekben lévő formák geometriája nem egyezik meg a szomszédos rétegekével. Más szóval: eltérő számú, formájú, görbület redő található egymás alatt-mellett. A helyproblémákat gyakran kicsiny, egy-egy réteget átmetsző és ismétlődő feltolódások oldják meg. Az agyagpala rétegekben (de gondos megfigyeléssel a mészkő rétegekben is) kiválóan látszik a főpalásság, amely a rétegzéssel együtt gyűrődik, hajlik. Ez eredetileg (a palássággal egyidejű redőkben) síkszerű felület volt. Mivel ez a felület is gyűrűt, az észlelt redők a főpalásság keletkezése utániak. E redők (P3) tengelye nagyjából K–NY-i (gyakor-

← 10. ábra. A Szinva-völgy környékének fedetlen földtani térképe. 1. Anisusi-ladin Szentistvánhegyi Metaandezit; 2. Ladin–karni Fehérkői, Bükkfennsíki Mészkő; 3. Ladin–karni (?) szürke dolomittá átkristályosodott platform-karbonátok; 4. Karni (?) szürke tűzköves mészkő; 5. Karni (?) Vesszősi Agyagpala; 6. Karni Szinvai Metabasalt. A nyilak a rétegmenti megnyúlás által szétszaggatott, térképi méretű kőhurkákat jelölik. A mega-budináz a platform-karbonát összlet jelentős kivékonyodását is okozta. A Vesszős-völgy és Fehér-kő-lápa déli oldalán látható karbonát-gerinc a Fehérkői, illetve a Fennsíki Mészkő megfelelője

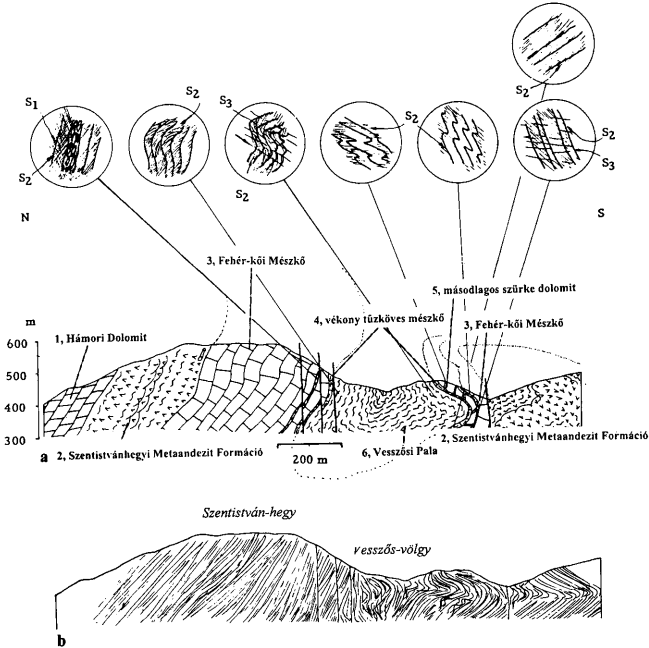
Fig. 10. Uncovered geological map of the surroundings of Szinva-valley. 1 Anisian–Ladinian Szentistvánhegy Metaandesite; 2 Ladinian–Carnian Fehérkő, Fennsíki Limestone; 3 Ladinian–Carnian(?) platform-carbonates transformed into grey dolomite; 4 Carnian(?) grey, thin-bedded cherty limestone; 5 Carnian(?) Vesszős Shale; 6 Carnian Szinva metabasalt Arrows indicate map-scale boudins of platform-carbonates, embedded in more ductile material of shales and tuffites. Mega-boudinage caused considerable flattening perpendicular to bedding planes (and coeval E–W stretching) of the platform carbonates. The sequence affected by boudinage is held equivalent to the carbonates to the N (Fehérkő Fm.) and to the S (Bükkfennsík Fm.; see also Figure 12)



11. ábra. Főpalásság utáni (P3, P4a, P4b) redők. a) A Vesszős-völgy erdészeti útján látható redők (P3). A diszharmonikus redők a főpalásságot is hajlítják. A diszharmoniót rétegmenti és néhány réteget átszelő feltolódás oldja. S<sub>0</sub>/S<sub>1</sub>: rétegzés; S<sub>2</sub>: főpalásság; S<sub>3</sub>: a diszharmonikus redőkkel egyidejű, gyenge elválás. b) A hereg-réti útkanyar redői (P4a, P4b). A diszharmonikus cikcakk redők közt szelidebben gyűrt rétegek is találhatóak, melyekkel párhuzamosan egyes rétegcsomagok egymástól lenyesődnek. Vastag vonal: S<sub>0</sub>/S<sub>1</sub>/S<sub>2</sub>: rétegzés és vele párhuzamos főpalásság

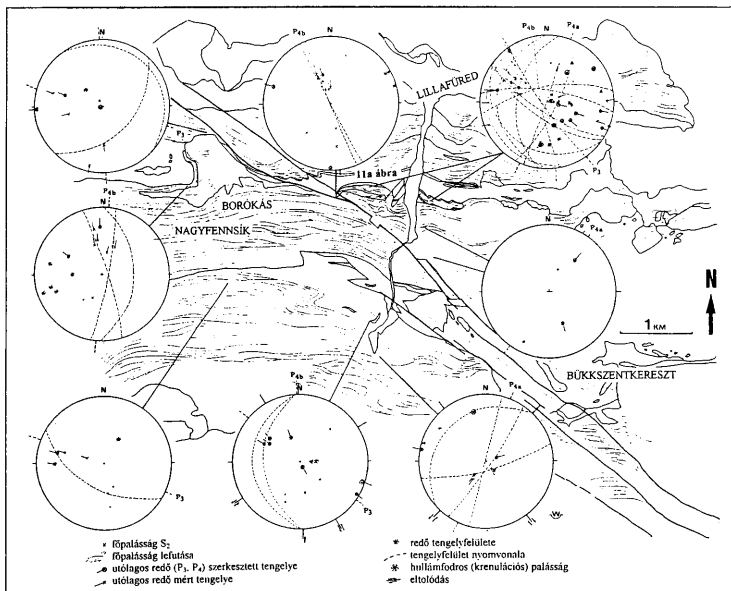
Fig. 11. Post-schistosity folds (P3, P4a, P4b). a) Folds at the forest road-cut of Vesszős-valley (P3). The disharmonic folds affect the main schistosity, too. Disharmony is accommodated by local layer-parallel detachments or smaller thrusts cutting only some layers. S<sub>0</sub>/S<sub>1</sub>: layering; S<sub>2</sub>: main schistosity; S<sub>3</sub>: weak cleavage synchronous with disharmonic folds. b) Folds at the curve of Hereg-rét (P4a, P4b). Progressive disharmony towards the fold-cores is accommodated by local layer-parallel detachments. Thick lines: S<sub>0</sub>/S<sub>1</sub>/S<sub>2</sub>: bedding and parallel main schistosity

latilag párhuzamos a palásság csapásával). A rétegzés és a főpalásság hajlítása során a palásság dőlése az eredeti északiasból helyenként déliessé vált. E megfigyélést kiterjesztve elmondható tehát, hogy ha a főpalásság déli dőlésű, akkor e helyzete utólagos, palásság utáni redőződés eredménye. A Vesszős-völgyben egyébként e másodlagos redők mentén egy palássággal egyidejű szinklinális még tovább gyűrődött. Ennek eredményeként a szinklinális két szárnya egymás felé hajlott



12. ábra. A főpalásság hajladozása utólagos redőződés hatására. A Szinva-völgy szelvénye. a) Rétegtani szelvény. A litológiák a rajzon jelezve. A szelvény feletti körök az észlelt rétegzési ill. palássági viszonyokat és mezo-szerkezeteket mutatják. A rétegzést vastag vonalak jelölik. S1: elsődleges palásság. S2: főpalásság. S3 harmadlagos, gyenge elválás. b) Ugyanezen szelvényben a főpalásság (S2) lefutását vékony vonalak jelzik

Fig. 12. Change of attitude of main schistosity due to later folding. Cross section of the Szinva-valley. a) Stratigraphic section. Lithologies: 1 Anisian Hámor Dolomite; 2 Anisian-Ladinian Szentistvánhegy Metaandesite; 3 Ladinian-Carnian Fehérkő Fm., Bükkfennsík Limestone; 4 Carnian (?) thin, grey cherty limestone; 5 Ladinian-Carnian (?) secondary dolomite; 6 Carnian (?) Vesszős Shale. Small circles indicate observed bedding/schistosity relations and outcrop-scale structures. Bedding planes are indicated by thicker lines. S1: first schistosity. S2: main schistosity. S3 weak cleavage. b) Attitude of main schistosity (S2), indicated by thin lines, in the same section



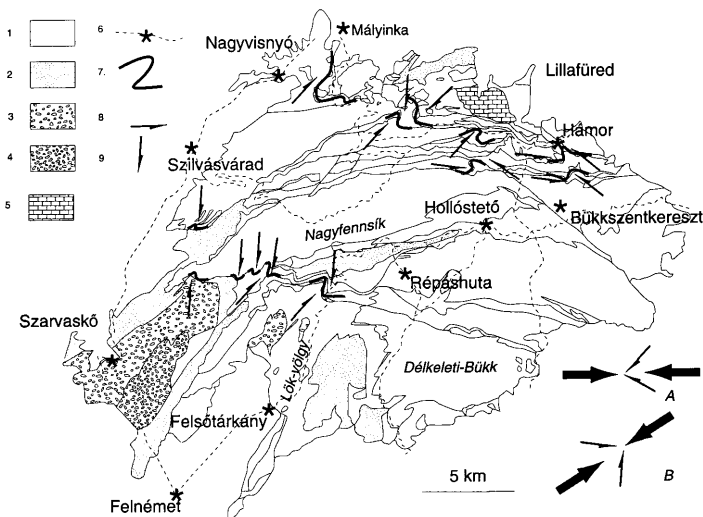
13. ábra. A Nagyfennsík keleti elvégződése körzetében mért utólagos redők sztereografikus képe. Mindegyik sztereogram Wulff alsó félgömb vetületben készült. A betűkódok az egyes utólagos redő-családokat jelölik. Elkülönül egy, a palásság csapásával együtt forgó tengelyű P3 és P4a, valamint egy ívelődésre érzéketlen Pb család

Fig. 13. Stereographic plots near the eastern termination of Nagyfennsík. All plots in Wulff lower hemisphere projection. Codes refer to the defined fold-groups. Two groups (P3 and P4a) turning with the attitude of main schistosity, and one not sensible to this flexure (P4b) are separated. Cross: Main schistosity. Thin lines: strike of main schistosity. Barbed surrounded cross: constructed axis of late fold. Dashed line: measured axis of late fold. Star: pole to axial plane of late fold. Dashed line: trace of axial surface. Surrounded star: pole to crenulation cleavage. Shear arrows: strike-slip zone

(12. ábra). Fontos megjegyezni, hogy e redőket érinti a palásság csapásváltása-ívelődése (13. ábra), tehát igen valószínűen ívelődés előttiek.

A Hereg-rét útkanyarjában a Bánya-hegyről megismert tarka, vékonyréteges sorozat gyűrődik (11b. ábra). A rétegek igen préseltek, a főpalásság sem különül el a rétegzés felületétől. Eredeti (P2) redők nem láthatók az összletben. Annál szebben mutatkoznak utólagos, hirtelen átfordulású, cikcakk redők. Ezek tengelye északias dőlésű, tengelysíkja közel függőleges. A kifejezetten diszharmonikus redőkben szabályszerűség figyelhető meg. A redők külső burkát enyhébb ívű, nagy redők képezik, melyekből befelé a redők magva felé egyre jobban





15. ábra. Térképi méretű utólagos redők a Bükk hegységben. 1. Nagyfennsíki parautochton; 2. Mónosbéli takaró; 3. Szarvaskő I. takaró; 4. Szarvaskő II. takaró; 5. Kisfennsíki takaró(?); 6. Főbb út helyiséggel; 7. Jelentősebb utólagos redők; 8. A redők okaként feltételezett egyik fajta nyírás-rendszer; 9. A redők okaként feltételezett másik fajta nyírás-rendszer. Bővebb magyarázat a szövegben. Az alsó kis ábrák (A, B) a két, összetartozó nyírás-rendszert, illetve az azokból következő rövidülési irányokat mutatják

Fig. 15. Sketch map of map-scale late folds of the Bükk Mts. Thin lines indicate lithological boundaries. 1 Nagyfennsíki parautochthonous; 2 Mónosbél nappe; 3 Szarvaskő I nappe; 4 Szarvaskő II nappe; 5 Kisfennsíki nappe(?); 6 Main road with settlement; 7 Main late folds; 8 First type shear system, probably resulting these folds; 9 Second type shear system, probably resulting these folds. Smaller figures at lower right (A, B) show a cartoon-representation of the conjugate shear systems and the inferred shortening directions. Both systems might have acted successively. Other evidence, as strike-slip type slickenslide lineations with needed sense and map-scale offsets exist along both shear systems parallel to the indicated shear-zones

sának torzulásaira. E megfigyelésből az a következtetés adódik, hogy az első redőcsalád (P4a) ívelődés előtti, a másik (P4b) ívelődés utáni.

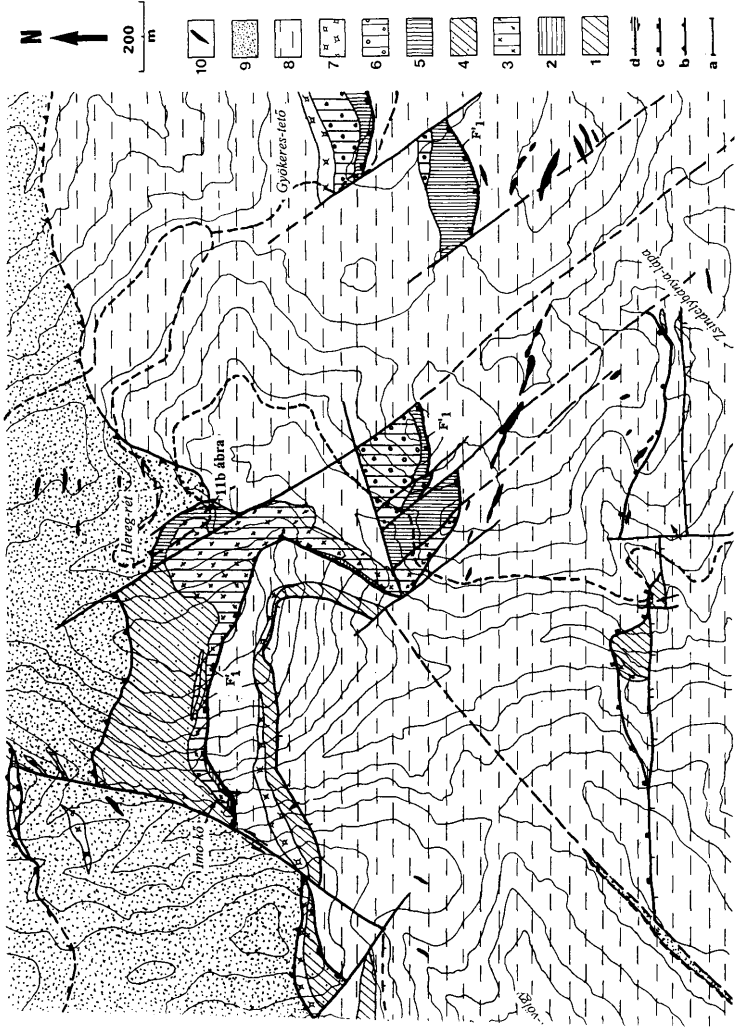
Még egy utólagos redőcsoportról kell megemlékezni, melyek az előzőektől eltérően térképi méretűek (P6). E redők keskenyebb karbonátgerincek vagy képződménysorok cikcakk gyűrődésével keletkeznek. Általánosan függőlegeshez közeli tengelyűek és S vagy Z alakban deformálják a képződményeket. Térképi méretű redők (15. ábra) például a Déli-Bükk Fekete-len nevű gerincén (16. ábra), az Északi-Bükk Odvas (Bartus)-kövénél, vagy a Látó-hegy közelében láthatóak. A Nagyfennsíki déli pereme (15. ábra) ugyanilyen módon redőzött, eme szerke-

zetek miatt különül el, és ugrik rendre északra a Pes-kő–Oltár-kő–Messzelátó–Bél-kő vonulat. Megjegyzendő, hogy a hereg-réti feltárásnál említett É–D-i tengelyű feltárás-méretű redők gyakran eme térképi redők csuklózónájában fordulnak elő, tehát elképzelhető, hogy a két forma genetikai kapcsolatban van. A függőleges tengelyű cikcakk redők általában ott fordulnak elő, ahol regionális eltolódási zónák vannak: a redők aszimmetriája az eltolódás menti nyírásokat jelzi. A térképi méretű redők zöme ÉK–DNY-i jobbos és ÉNY–DK-i balos, vagy É–D-i csapású jobbos és K–NY-i csapású balos nyírási rendszerre illeszkedik. (15. ábra). Egyes helyeken (pl. Fekete-len, Borókás) a térképi méretekhez kapcsolódó kisebb redők É–D-i tengelyűek (P4b), K–NY-i rövidülést jeleznek, ami jól illeszkedik az első nyírópárhoz. Másfelől a Nagyfennsík nyugati részén található redők zömét É–D-i jobbos eltolódás metszi (pl. Vörös-kő, Hegyes-kő, Pes-kő: az egyes közsávok 100 m-es nagyságrendű jobbos elvoncsolódást, elszakadást szenvedtek), így valószínűbb a második rendszerhez kapcsolódásuk. Ez egy ÉK–DNY-i rövidülési és egy erre merőleges megnyúlási irányt jelez. Feltehető, hogy a térképi méretű cikcakk redők több deformációs fázis eredményei, ilyen módon mindkét nyíró-rendszer sajátosságait tükrözhetik.

#### *Hullámfodrosság, krenulációs elválás*

E jelenség főként igen finoman palás képződményekben látszik. A főpalásság felületét jellegzetes, mm-es barázdák hullámosítják. Keresztmetszetben a főpalásságot gyűrő mikroredők és az azt átmetsző gyenge, de sűrű elválás látható. A krenulációs palásság a mikroredők tengelyfelületével párhuzamos. Ilyen jellegű, nyilvánvalóan a főpalásság utáni elválást és mikroredőket több irányban is sikerült mérni. Az irányok alapján több rövidülési esemény körvonalazható. Ezek relatív sorrendje nem ismert. A K–Ny-i utólagos redők (P3) tengelysíkjaival párhuzamosan (S3) és az É–D-i, ívelődés előtti redők (P4a) tengelyfelületével párhuzamosan (S4? S6?) is húzódik hullámfodros palásság (13, 14. ábra). Ezek alapján elképzelhető, hogy bizonyos krenulációk kapcsolódnak a cikcakk redők képződéséhez. A hegység nyugati felén észlelt ÉNY–DK-i csapású krenulációs palásság ÉK–DNY-i rövidülés hatására, a nagyméretű cikcakk redőkkel együtt (P6?) is létrejöhetett.

Érdekességképpen megjegyzem, hogy igen hasonló jelenséget: mikroredőket és azokhoz kapcsolódó szabályszerű elválást észleltem az oligocén Tardi Agyag laminitjében. A Nagyeged oldalában lévő híres feltárásban az észlelt formák biztosan nem üledékes eredetűek, mert azokhoz nem tartozna a hullámfodrok tengelyfelületében észlelhető elválási felület, s a fodrok nem lennének több rétegen át kirtartóak. A krenuláció alapján az oligocén összletet ÉK–DNY-i irányú rövidülés érte. Ez az elválás megegyezik a hegység belsejében, palás mezozoos kőzeteken mért ÉNY–DK-i csapású krenulációs palássággal. Mivel jelentős betemetődéssel e szerkezet kialakulásakor nem számolhatunk, feltehető, hogy a Tardi Agyag részben képlékeny (kevésbé konszolidált) volt a deformáció ideje alatt. Lehetséges, hogy a mezozoikumot és az oligocént ért alakváltozás közt csak véletlen egybeesés van (pl. felújulás).





## Ívelődés (A5)

BALOGH (1964) klasszikus térképén is feltűnik a bükki, valamint kisebb mértékben az aggteleki képződmények íves lefutása (1. ábra). Eme ívelődést a Darnó vonalhoz, mint jelentős eltolódáshoz való idomulással magyarázták (ZELENKA et al. 1983; BALLA 1987b). Képlékeny-töréses eltolódáskor ugyanis az eredeti szerkezetek elvonszolódnak, újradeformálódnak. Az elvonszolódás jellegéből ZELENKA et al. (1983), BALLA (1987b) Darnó menti balos eltolódásra következtettek, s annak mértékét több 10 km-ben jelölték meg. A szerkezeti mérések térképrevitelekor kitűnt, hogy nem csak a képződmények csapása, hanem a főpalásság lefutása és a palássággal egyidejű redők tengelyirányai is mutatják ezt az ívelődést (2, 13, 14. ábra). Ebből az a következtetés adódik, hogy az ívelődés (Darnó menti elvonszolódás) a főpalásság és ahhoz kapcsolódó redőződés utáni esemény. E deformáció jellege némi képlékeny viselkedést, azaz viszonylag jelentősebb betemetődést feltételez.

Nemcsak a hegység nyugati része áll be a Darnó iránnyal párhuzamosan, hanem bizonyos keleti részek is ívelődnek, méghozzá ellentétes irányban (13. ábra). Ez a jelenség különösen Bükkzentkereszt környékén szembetűnő, ahol egy Darnóra majdnem merőleges zónára, a Bükkzentkereszti törésre párhuzamosan állnak be a szerkezeti irányok annak két oldalán. Jellegzetes képződménysávok korrelálásával mintegy 4 km-es jobbos elvetés állapítható meg a zóna mentén (9b ábra). Ennek az elvetésnek kőhurkák és vetőkarcok formájában bizonyítékai is vannak a Szinva-völgyben. A Nagyfennsík kerek-hegyi, keleti elvégződése is eme eltolódás mentén való kimetsződés és elvonszolódás következménye (9a, 10. ábra).

Érdekes, hogy a bükkzentkereszti jobbos nyírózóna csak kicsiny mértékben metszi a Fehér-kő mészkőgerincét; ráadásul az ettől északra lévő szerkezeti irányok sem vesznek tudomást az ívelődésről (9a ábra). A Bükkzentkereszti törés a Bükkfennsík Mész-kő északi, tektonikus pereméhez simul. Eme tektonikus peremhez a palásság meredekké, vagy déli dőlésűvé válása, valamint K–NY-i tengelyű utóla-

← 16. ábra. Az Imó-kő–Fekete-len vidékének térképe. Az egymással párhuzamos köztetsávok nagyméretű ciccakk redőt alkotnak. A Fekete-len a redő É-D-i szárnyát alkotja. 1. Szürke, vékonyréteges tűzköves mészkő; 2. Vörös–lilás krinoideás mészkő; 3. Világosszürke, vékonyréteges mészkő; 4. Szürke, márga-közberétegzéses tűzköves mészkő; 5. Vöröses–sárga vékonylemez mikit; 6. Masszív, fehéres platform mészkő olisztolitok; 7. Vörös, zöldes, sárgás radiolarit; 8. Fekete, vékonyréteges, síkpalás zindelypala; 9. Hullámos palásságú kavicsos agyagpala (Szarvaskői takaró); 10. Kovás vagy kvarcos erek. a) réteghatár. b) takaróhatár c) pikkelyhatár d) vető vagy eltolódás

Fig. 16. Uncovered geological map of the Az Imó-kő–Fekete-len region. Parallel rock-packages form a large zig-zag fold. Fekete-len constitutes the N–S limb of the fold. 1 Grey, thin-bedded cherty limestone; 2 Redish-purple crinoidal limestone; 3 Light-grey thin-bedded limestone; 4 Grey cherty limestone with marly interlayers; 5 Redish-yellow thin-bedded micrite; 6 Massive, light coloured platform-derived olistoliths; 7 Red, green, brown radiolarite; 8 Black, thin-bedded roofing shale; 9 Dark, gritty shale with undulating schistosity (Szarvaskő nappe); 10 Siliceous veins. a) lithological boundary. b) nappe boundary c) boundary of imbricate d) fault or strike-slip fault

gos redők fellépése (Vesszős-völgy, 9b, 12, 13. ábra) társul. A Bükk-szentkereszti törésmenti jobbos eltolódás tehát igen valószínűen a Bükkfennsíki Mészki északi peremén, annak előterében lévő szerkezetekben oldódik fel. A mozgások, szerkezetek jellegéből a Bükkfennsíki Mészki északkeleti szegélyén jelentkező, km-es nagyságrendű északra tolódás adódik. Ez az északra tolódás alakíthatta ki azt a visszahajló szinklinálist (12. ábra), amelyről a Vesszős-völgynél említést tettem. Mivel a nyugati részen az egész bükki tömeg ívelt, ezért ettől északra szintén feltételezhető hasonló nagyságrendű északra tolódás.

A hegység délnyugati részén, a Köves-tető körzetében (2. ábra) a palássági szerkezeti irányok esetenként É–D-i balos nyírási övekhez símulnak. Ezért lehetséges, hogy a hegységet nem csak a Darnó-irányban, hanem kissé elforgatott irányban is érte részben képlékeny eltolódás.

### Törésszerkezetek

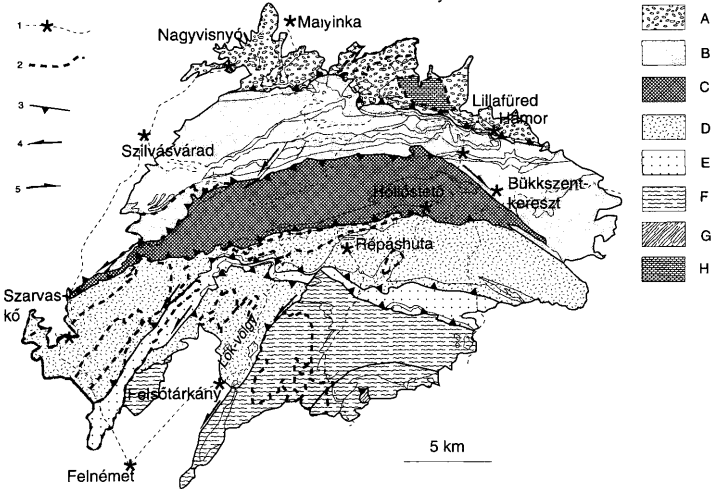
Rendkívül sok törésszerkezetet lehet észlelni a Bükk hegységben. Ezeket igyekszem csoportosítva tárgyalni, bár bizonyos esetekben genetikai kapcsolataik nem kellően tisztázottak. Egyes nagyobb szabású szerkezetek összefoglaló tárgyalása után a jobb datálhatóság miatt a hegységet körülvevő tercier burokban észlelt szerkezeteket szeretném taglálni.

#### K–NY-i csapású feltolódások (T2? T3? T5, T7, T9)

E szerkezetek leginkább térképezéskor, térképi elemzéskor válnak nyilvánvalóakká (17. ábra). Rétegsorok, szerkezetek megszakadásakor, ismétlődésekor következtetünk rájuk. A Bükk két, a domborzati viszonyokból is látható feltolódása a Nagyfennsíkot északról és délről határoló terület, melyek viszonylag meredek dőlésűek (17. ábra). A hegység déli részén az északi dőlésű törésfelületek uralkodnak, míg az északi részen néhol déli dőlésű feltolódásokat is találunk (pl. Lusta-völgy, Kerek-hegy környezete, 10. ábra). E felületek a mezozoos rétegsort ismétlik, bár a Nagy-Ökrös közvetlen déli előterében, a domborzati viszonyok, térképezés alapján lehetséges, hogy az alsó-miocén riolituffát is érte feltolódás.

Különösen a déli részen lévő (északias dőlésű) feltolódások esetén szabályszerű, hogy eme tektonikus felületek nagyobb, palássággal egyidejű antiklinálisok átbuktatott szárnyát fenik el. E geometria esetleges genetikai kapcsolataira (harapódzó feltolódás feletti redők, in CSONTOS 1998) utalhat. Ez esetben a feltolódások és a P2 redők egykorúak (T2). Kapcsolódhatnak azonban e feltolódások a palásság utáni, K–NY-i tengelyű redőkhöz (P3, T3) is.

A Bükk hegység központi és déli részén az egyes antiklinálisok alkotta és feltolódások határolta pikkelyek rendre, szabályszerűen követik egymást (16. ábra). Igen figyelemreméltó, hogy az egyes pikkelyek rétegtani és fácies tartalma kissé eltér, így a pikkelyek egykori (feltehetően triász) ősföldrajzi egységek határait követik. Mászóval: részben azok a törésszerkezetek éledtek újjá, amelyek eme ősföldrajzi egységeket egykor határolták. A feltolódások és nagymé-



17. ábra. Főbb K-NY-i csapású feltolódások vázlata. 1. Főbb út helyiséggel; 2. Eredeti (szarvaskői) takaróhatár; 3. Pikkelyhatár; 4. Balos eltolódás vagy összetevő; 5. Jobbos eltolódás vagy összetevő; A – Északi antiklinális pikkely északi része; B – Északi antiklinális pikkely déli része; C – Nagyfennsík pikkely; D – Répáshutai-szarvaskői pikkely és Lök-völgyi egység (valószínűleg a Répáshutai pikkely elszakadt, délre csúszott része; E – Derecskei pikkely; F – Délkelet-bükk pikkelyek; G – Gerenna-tető pikkelye; H – Kisfennsík takaró vagy pikkely (?)

Fig. 17. Sketch map of the major thrusts of E-W strike. Thin lines indicate lithological boundaries. 1 Main road with settlement; 2 Original nappe boundaries; 3 Boundary of imbrication; 4 Left-lateral fault or component; 5 Right-lateral fault or component; A – northern part of the Northern anticline imbricated sheet; B – southern part of the Northern anticline imbricated sheet; C – Nagyfennsík imbricate sheet; D – Répáshuta-Szarvaskő imbricate sheet and Lök-völgy unit (probable southwards overthrust and erosionally separated part of the Répáshuta imbricate sheet); E – Derecske imbricate sheet; F – Southeast-Bükk imbricate sheets; G – Imbricate sheet under Gerenna-tető; H – Kisfennsík nappe or imbricating (?)

retű redők mindegyik szerkezeti egységet (takarót) és mezozoos réteget érintik. A hegység nyugati részén, ott, ahol a Darnóhoz való ívelődés jelentős méreteket ölt, a keletebről megismert pikkely-sorrend felborul (17. ábra). Keleti szelvényekben a Répáshutai pikkelytől délre a zömmel tűzköves mészkövekből álló Derecskei-, Délkelet-bükk pikkelyek következnek. Nyugati szelvényekben a Szarvaskői-szinform délkeleti szegélyén megtaláljuk a Répáshutai pikkely maradványát, majd egy tűzköves mészkövet tartalmazó Derecskei pikkely következik, ettől délre azonban ismét a Répáshutai pikkelyhez igen hasonló litológiai összetételű Lök-völgyi egység következik. Ennek alapján úgy tűnik, hogy a Répáshutai pikkely bizonyos része dél felé túltolódott az alatta lévő pikkelyeken. Ezen esetben tehát jelentősebb allochtóniát feltételezhetünk.

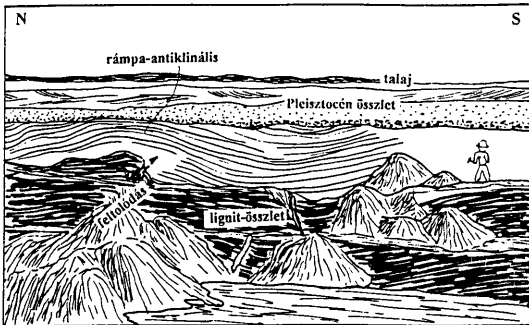
Értelmezésem szerint az eredeti, K-NY-i csapású feltolódások a palássággal egyidejű redők képződéséhez kapcsolódnak, vagy közvetlenül azok keletkezését követik. Egyes jól nyomozható feltolódási felületeket az utólagos cikcakk redők (P4, P6) deformálnak (pl. 16. ábra). A feltolódási felületek, azok szakaszai egy későbbi folyamatkor, pl. az ívelődés alatt vagy miocén rövidüléskor újra-éledhetnek, újramozgathatták a felettük lévő tömböket.

A hegység északi részén lévő feltolódások az előzőektől kissé eltérő jellegűek. A leglátványosabb, a Bükkfennsíki Mészke északkeleti szegélyén húzódó (17. ábra) határozottan kötődni látszik a Darnó és kapcsolt eltolódás-rendszerhez, annak helyproblémáit oldja fel (T5). Ugyancsak déli, délnyugati dőlésű, kisebb feltolódásokat lehet térképezni a Kerek-hegytől délre (10. ábra).

A Kisfennsík környéki szerkezetek igen bonyolultak. Azok taglalása még sok munkát kíván, így azokkal jelen munkában nem foglalkozom.

A hegység körüli alsó-miocén összletet a Darnó vonal mentén jelentős rövidülés érte. Ez egyrészt a Darnó menti rátolódással (TELEGDI ROTH 1951; T7), másrészt a Bükkszék környéki, oligocénben és alsó-miocénben észlelhető antiklinálisokban (SCHRÉTER 1952) mutatkozik. Szerkezeti mérések (FODOR et al. 1992, in press), szeizmikus szelvény elemzések (SZTANÓ & TARI 1993) azt sugallják, hogy a deformáció a Darnóra merőleges feltolódás volt, s ebben a korszakban az eltolódási komponens nem volt jelentős. Lehetséges, hogy a bükki tömeg Upponyra tolódása (SCHRÉTER 1943) is eme rövidülési fázishoz köthető. A feltolódás a senont is átbuktatta (BREZSNYÁNSZKY & HAAS 1984; FODOR et al. 1992).

A Bükk déli előterében, Bükkábrány pannon lignit fejtőjében érdekes jelenségek figyelhetők meg. A lignit rétegben mérhető, (BERGERAT & CSONTOS 1987) vetők és a meddőben észlelhető, ritkább eltolódások mellett szép, rejtett feltolódásokat is észlelhetünk (18. ábra, CSONTOS et al. 1991c). E lapos feltolódások (T9) helyenként a lignitösszletre futnak ki, máshol (Gyöngyösvisonta) a fedőt is átmetszik. E felto-



18. ábra. A bükkábrányi külfejtésben észlelt redők, szerkezetek CSONTOS et al. (1991c) nyomán. A méretet az alak adja.

Fig. 18. Folds, thrusts observed at the open-air pit of Bükkábrány, after CSONTOS et al. (1991c). Scale is given by figure. Non-exposed thrusts inferred from shape of coal-seam and overlying beds. Pleistocene unconformity truncates the probable ramp-folds

lódásokhoz, különösen Bükkábrányban az egész, kvarter előtti pannon összlet redőződése társult (CSONTOS et al. 1991c). A rövidülés iránya nagyjából É–D-i.

### Eltolódások

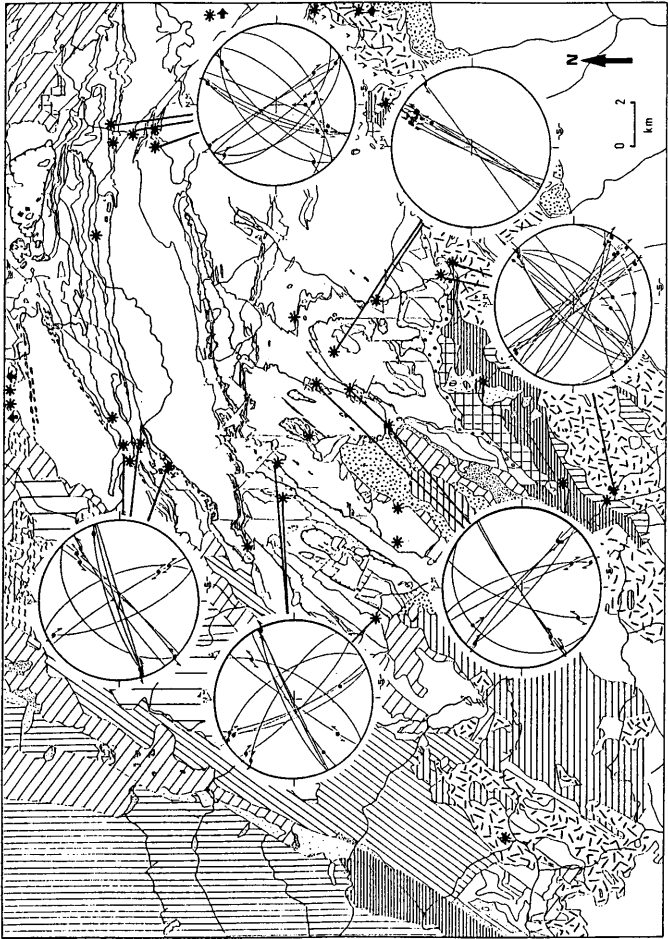
A hegységben számos eltolódás mérhető. Ezek egyrészeről, mint képlékeny-rideg deformációs zónákról már korábban említést tettem. Itt csak annyit szeretnék megjegyezni, hogy kisebb-nagyobb ÉK–DNY-i irányú balos, ÉNY–DK-i irányú jobbos eltolódási felületeket igen sokszor mérhetünk (19. ábra). Ezekhez rendre ankeritesedés is társul. Az említett Darnó irányú és kiegészítő rendszer fontos eleme a Lök-völgygel párhuzamosan húzóódó törés, amely szintén balos elvetésű.

A hegység körüli miocén összletben az alsó-miocén homokköveken, szenes összleten, aleuriton, alsó-bádeni középső riolittufán, homokon, slíren szép, ÉK–DNY-i balos, illetve kiegészítő irányú jobbos eltolódások mérhetők. Ráadásul egyes feltárásokban több, egymáshoz viszonyítva kissé elforgott törérendszer is észlelhető (l. még MÁRTON & FODOR 1995; FODOR et al. in press). Ilyen, a Darnóhoz képest elforgatottnak vehető rendszer az É–D-i balos eltolódásokkal jellemzett (20. ábra). A hegységet ért kora–középső-miocén forgások alapján (MÁRTON & FODOR 1995) ez lehet az időben első, amelyet a Darnó irányú eltolódások követnek.

Az említett eltolódás-rendszereken kívül, különösen a hegység nyugati felén észlelhető egy É–D-i csapású jobbos rendszer, amelynek a kiegészítő párja is megvan KÉK–NYDNY-i balos eltolódások formájában. Mindkét iránnyal párhuzamosan a körzetben megfelelő elvetésű vetőkarcok mérhetők (21. ábra). A fennsík déli pereme több helyen, így a Hegyes-kőnél térképi méretű eltolódásos elvetést szenvedett, ami a csapásirányok elvonzolódásával is járt. Lehetséges, hogy ez a deformáció fiatal, középső–késő-miocén, de az is lehet (valószínű), hogy a nagyobb elvetéseket egy hasonló, korábbi szerkezeti esemény (pl P6) hozta létre. Mindenesetre a déli előtér pannon feltárásaiban is megfigyelhetők ilyen rendszerbe illő eltolódások. A KÉK–NYDNY-i balos mozgás kapcsolatba hozható a Vatta-maklári-árok fejlődésével (TARI 1988; FODOR et al. in press; 22. ábra).

### Vetők

Az igen sok vetőre vonatkozó adat nem enged egyértelmű értelmezést. Igen kései, a pannonban észlelt tágulásos eseményeken kívül több, ÉK–DNY-i, É–D-i, ÉNY–DK-i tágulást és hozzájuk kapcsolódó vetőket is rögzíteni lehet. Ezen események kora, esetleg eltolódásokkal való kapcsolata azonban meglehetősen bizonytalan. A Darnó zónában és környékén végzett mérések (FODOR et al. 1992, in press) valamint a déli pannon lignitbányák alapján a pannonban NYÉNY–KDK-i tágulás volt jellemző a vidékre (22, 23. ábra).

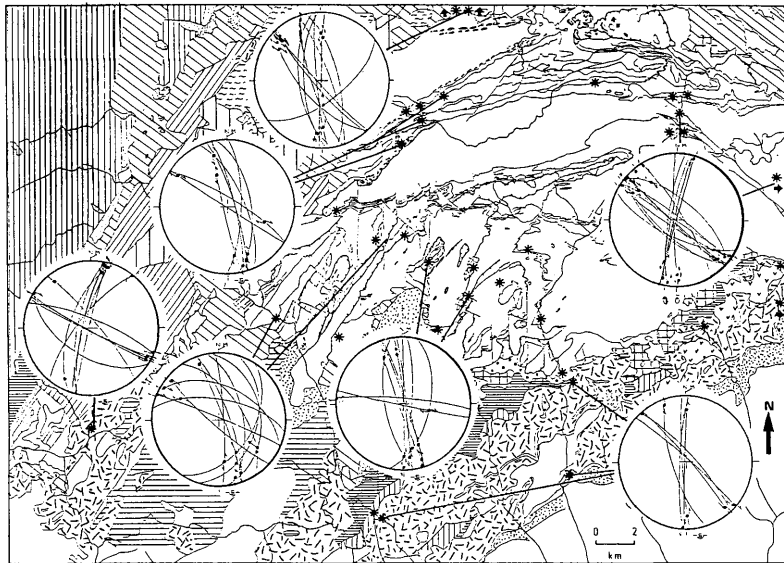


## Forgások

A hegység szerkezetfejlődése szempontjából talán nem haszontalan, ha összefoglalom a főként MÁRTONNÉ SZALAY E. és munkatársai által paleomágneses vizsgálatokkal nyert eredményeket (MÁRTON & MÁRTON 1996). A Bükk környékéről igen sok helyről és szerencsére időben is részletes információ áll rendelkezésre. A mintázott összletek kor szerint eltérő forgásokat mutattak, amelyeket sikerült egységes földtani modellbe illeszteni (MÁRTON & FODOR 1995). Az ismételt próbálkozások ellenére a paleogén előtti bükki minták eddig nem adtak a mezozoos fejlődésre egyszerűen értelmezhető paleomágneses eredményt. Az ottnanginál idősebb terciér minták jelentős, 75–80°-os óramutatóval ellentétes forgást, a kora-bádeninél idősebbek 30°-os ugyanilyen irányú forgást mutattak, a kora-bádeninél fiatalabbak nem mutattak forgást (MÁRTON & FODOR 1995). E forgásokat gyakorlatilag homogén módon, a hegység körül, annak tágabb környezetében is észlelték. Ez a tény annyit is jelent, hogy a hegység nyugati felét érintő, Darnó irányú elhajlást nem lehet e forgáshoz kötni (I. BALLA 1987 b), hiszen a hegység keleti fele ellentétesen ívelődik, s ez a paleomágneses anyagban nem mutatkozik. A forgások az említett szerzők szerint rövid idő alatt (a késő-ottnangiban 50°, illetve a kora-bádeniben 30°) zajlottak le. A tömbforgások kielégítően magyarázzák a hasonló, a forgásokkal azonos mértékben elforgatott törésképeket.

← 19. ábra. Darnó és kiegészítő irányú eltolódási övek mért törései Schmidt alsó félgömb sztereografikus vetületben. A csillagok az észlelési pontokat jelölik. A törések nyomvonalasan, az észlelt karcok pontszerűen vannak ábrázolva. Az eltolódási jellegeket a nyíró nyíl-párok adják. Az alaptérkép BALOGH (1964) nyomán készült. A hegység paleo-mezozoos magvában a litológiai határok vannak jelölve. 1. Felső-eocén alapbreccsa; 2. Felső-eocén mészkő; 3. Eocén-oligocén márga; 4. Oligocén agyagok; 5. Eggenburgi konglomerátum, faunás homok és tarka sorozat; 6. Alsó-miocén ignimbrít és riolittufa; 7. Ottnangi szenes rétegek; 8. Chlamysos homok, szénfedő; 9. Kárpáti slír; 10. Középső-miocén riolittufa; 11. Bádeni mátrai andezit; 12. Bádeni tufás márga, agyag lajtamészkővel; 13. Szarmata homok, agyag, kavics; 14. Szarmata riolittufa; 15. Pannon agyagos-homokos lignites összlet; 16. Pannonnál fiatalabb összletek (délén)

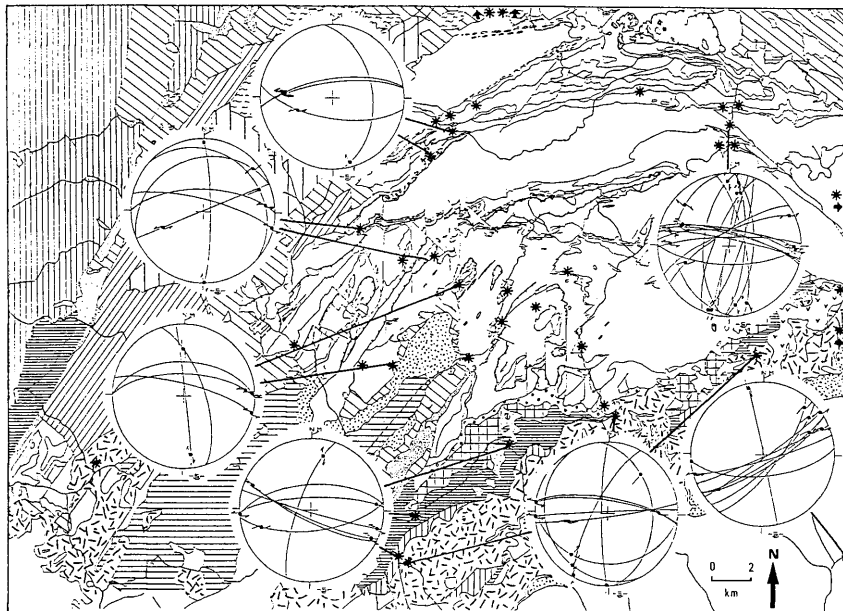
← Fig. 19. Stereographic plots of the Darnó strike-slip system. Schmidt, lower hemisphere projection. Stars indicate measured sites. Faults are plotted by their traces, while slickenside lineations are indicated with points on the fault trace. Shear-arrows indicate determined sense of shear. Base map after BALOGH (1964), slightly modified. Only lithological boundaries are marked in the Paleo-Mesozoic core of the Bükk Mts. 1 Upper Eocene breccia; 2 Upper Eocene limestone; 3 Eocene-Oligocene marl; 4 Oligocene clays; 5 Eggenburgian conglomerate, sand and variegated series; 6 Lower Miocene ignimbrite and rhyolite-tuff; 7 Ottnangian coaly beds; 8 Chlamys sand; 9 Karpatian schlier; 10 Middle Miocene rhyolite-tuff; 11 Badenian Mátra andesite; 12 Badenian tuffaceous marl, clay with Leitha-limestone; 13 Sarmatian sand, clay, gravel; 14 Sarmatian rhyolite-tuff; 15 Pannonian sandy-clayey lignite series; 16 Series younger than Pannonian (in South)



20. ábra. Az elforgatott Darnó eltolódási rendszer mért törései Schmidt alsó félgömb sztereografikus vetületben. A csillagok az észlelési pontokat jelölik. A törések nyomvonalasan, az észlelt karcok pontszerűen vannak ábrázolva. Az eltolódási jellegeket a nyíró nyíl-párok adják. Az alaptérkép jelkulcsa megegyezik a 19. ábráéval

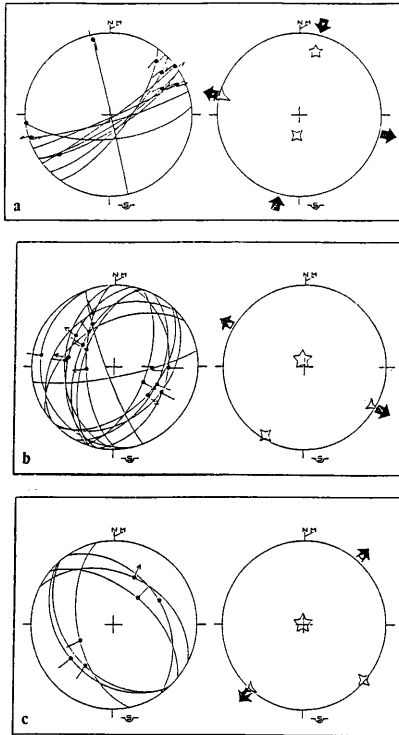
Fig. 20. Stereographic plots of the rotated Darnó strike-slip system. Schmidt, lower hemisphere projection. Stars indicate measured sites. Faults are plotted by their traces, while slickenside lineations are indicated with point on the fault trace. Shear-arrows indicate determined sense of shear. Base map and other symbols are the same as on Figure 19





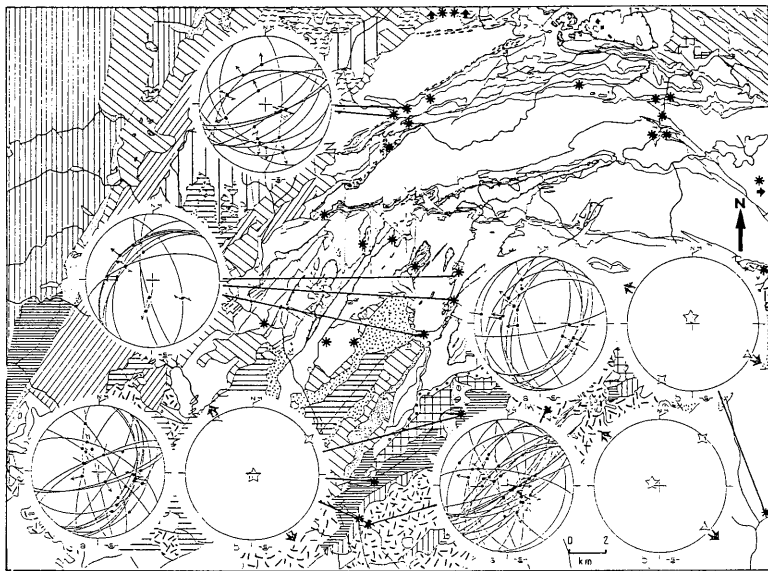
21. ábra. A Vatta-maklári eltolódási rendszer mért törései Schmidt alsó félgömb sztereografikus vetületben. A csillagok az észlelési pontokat jelölik. A törések nyomvonalasan, az észlelt karcok pontszerűen vannak ábrázolva. Az eltolódási jellegeket a nyíró nyíl-párok adják. Az alaptérkép jelkulcsa megegyezik a 19. ábráéval

Fig. 21. Stereographic plots of the Vatta-Maklár strike-slip system. Schmidt, lower hemisphere projection. Stars indicate measured sites. Faults are plotted by their traces, while slickenslide lineations are indicated with point on the fault trace. Shear-arrows indicate determined sense of shear. Base map and other symbols same as on Figure 19



22. ábra. A bükkábrányi külszíni fejtésben mért törések sztereografikus vetülete, Schmidt alsó félgömb vetületben, részben CSONTOS et al. (1991c) nyomán. A törések nyomvonalasan, az észlelt karcok pontszerűen vannak ábrázolva. Az eltolódási jelegeket a nyíró nyíl-párok adják. A kifelé mutató szakállas pontok normál vetős elmozdulást jeleznek. A baloldali sztereogramok a mért adatokat, a jobboldaliak az ezek alapján számolt feszültségtereket (ANGELIER 1979) jelölik. Háromszög:  $\sigma 3$ . Ötszög:  $\sigma 1$ . Négyzög:  $\sigma 2$  a) Eltolódások. b) ÉNy-DK-i tágulást jelző vetők. c) ÉK-DNy-i tágulást jelző vetők. Az a, és b, ábrán szereplő eltolódások, -vetők egyazon feszültségtérben is keletkezhetnek. A fejtőben észlelt feltolódásokat (18. ábra) nem lehetett lemérni

Fig. 22. Stereographic plots of faults measured at the Bükkábrány open-air pit partly after CSONTOS et al. (1991c). Schmidt, lower hemisphere projection. Faults are plotted by their traces, while slickenside lineations are indicated by barbed point on the fault trace. Shear-arrows indicate determined sense of shear. Outwards pointing barbs indicate normal faulting in that direction. Left-side plots show measured faults, right-side plots show calculated stress-tensors (ANGELIER 1979). Triangle:  $\sigma 3$ . Star:  $\sigma 1$ . Diamond:  $\sigma 2$ . a) Strike-slip faults. b) Normal faults indicating NW-SE elongation. c) Normal faults indicating NE-SW elongation. Strike-slip and normal faults on plots a, and b, may have acted together, in a common stress-field. Thrust faults observed in the pit could not be measured



23. ábra. ÉNy–DK-i távulást jelző vetők adatai Schmidt alsó félgömb sztereografikus vetületben. A csillagok az észlelési pontokat jelölik. A törések nyomvonalasan, az észlelt karcok pontszerűen vannak ábrázolva. A kifelé mutató szakállas pontok normál vetős elmozdulást jeleznek. A baloldali sztereogramok a mért adatokat, a jobboldaliak az ezek alapján számolt feszültségeket (ANGELIER 1979) jelölik. Háromszög:  $\sigma_3$ . Négyyszög:  $\sigma_2$ . Ötszög:  $\sigma_1$ . Az alaptérkép jelkulcsa megegyezik a 19. ábráéval

Fig. 23. Stereographic plots of the NW–SE elongation. Schmidt, lower hemisphere projection. Stars indicate measured sites. Faults are plotted by their traces, while slickenside lineations are indicated by barbed point on the fault trace. Shear-arrows indicate determined sense of shear. Outwards pointing bars indicate normal faulting in that direction. Left-side plots show measured faults, right-side plots show calculated stress-tensors (ANGELIER 1979). Triangle:  $\sigma_3$ . Star:  $\sigma_1$ . Diamond:  $\sigma_2$ . Base map and other symbols same as on Figure 19

## A szerkezetalakulás időrendje

A Bükk szerkezeteinek időbeni kialakulása máig sokat vitatott és részleteiben homályos. Ennek elsősorban az az oka, hogy a legfiatalabb mezozoos üledékek kora nem kielégítő pontossággal meghatározott, valamint a szerkezeti fejlődés szempontjából igen fontos késő-jura vége–kréta és kora-paleogén nincs üledékekkel képviselve, így erről az intervallumról csak analógiák (BALLA 1987a) és ritka radiometrikus koradatok alapján (ÁRVA-SOÓS et al. 1986; ÁRKAI et al. 1995) találgathatunk. A következőkben összefoglalom azokat az érveket, amelyek a szerkezetek relatív korának és feltehető korának megállapítására szolgálnak. A mezozoos üledékekkel egyidejű, tágulós jellegű mozgásokkal, valamint a Szarvaskői takarók feltolódásának első jeleivel a rétegtani cikkben (CSONTOS in press) foglalkozom.

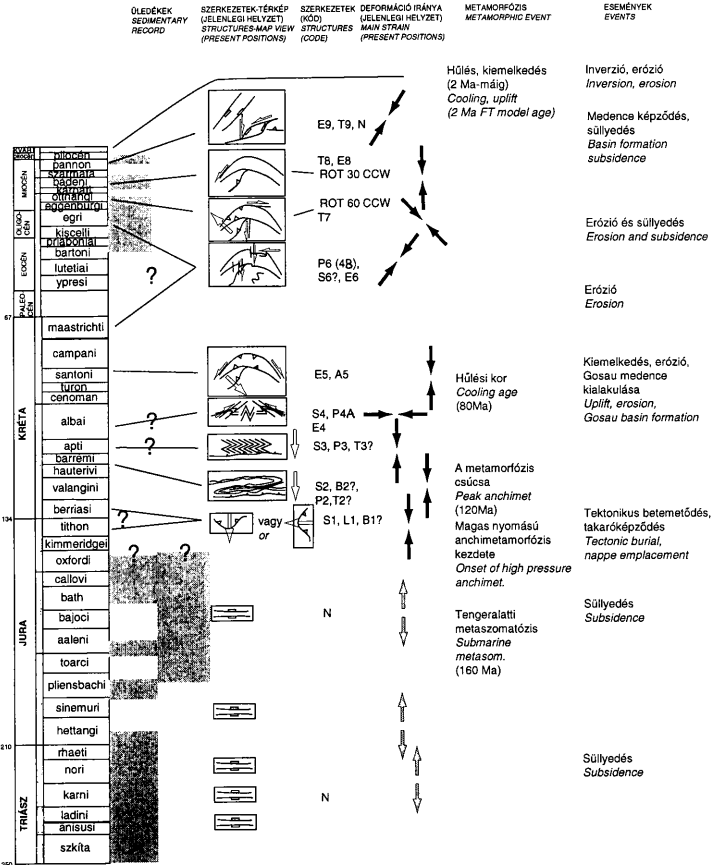
A deformációk sorrendjét egyrészt a megfigyelt egymásrarakódás elvének alkalmazása, másrészt az alakváltozás képlékenységi foka határozhatja meg. Az előbbi sorrendet az egyes deformációk leírásánál említettem. Utóbbi elven azt értem, hogy a legképlékenyebb alakváltozások nyilvánvalóan a metamorfózis csúcsa körül keletkezettek, a kiemelkedéssel (és a hőmérséklet folyamatos csökkenésével, l. ÁRKAI et al. 1995) egyre törésesebb jellegű lett az alakváltozás. Mivel a hegység a Késő-eocénre üledékképződési tórszínre vált (BALOGH 1964), az igazán képlékeny deformációk csakis ezelőtt a kor előtt képzelhetők el.

A legképlékenyebb, legnagyobb hőmérsékletet igénylő alakváltozások a rétegzéssel párhuzamos lapulás, a mega-budinázs és a palássággal egyidejű redők képződése (24. ábra). Fontos, hogy mindeme képlékeny szerkezetek, azonos irányokkal és jellegekkel egyaránt megtalálhatók a parautochton és a szarvaskői takarók rétegsorában is. Ez arra utal, hogy e szerkezetek a takarók érkezése után keletkeztek. A takarók érkezésével esetleg egykorúnak tekinthetjük a rétegzéssel párhuzamos lapultság kialakulását.

Nem dönthető el pontosan, hogy a mega-budinázs és a palás redők tengelyével párhuzamos megnyúlás a rétegzéssel párhuzamos lapultsággal, vagy a főpalássággal képződött egyszerre. E részletkérdések esetleg célzott radiomet-

→ 24. ábra. A Bükk hegység szerkezetfejlődésének vázlatos összefoglalása. Az "üledékek" oszlopban a sötét sávok jelölik az üledékekkel reprezentált időt. Az alsó két sáv a Bükkfennsík parautochtonnak és a Szarvaskői takaróknak felel meg. A második oszlopban a térképek a mai helyzetben ábrázolják igen vázlatosan a kialakult szerkezeteket. A jelentős forgások miatt ezek eredeti irányja jelentősen eltért a maiktól. A harmadik oszlopban a szövegben használt betűkóddal jelöltem az eseményeket. S: schistositas, cleavage. P: folds. B: boudinage. T: thrusts. L: lineation. N: normal faults. E: strike-slip faults. A: arching. ROT: rotation. Without earlier Mesozoic normal faulting 9 main structural events could be distinguished

→ Fig. 24. Schematic summary of the structural evolution in the Bükk Mts. Grey bands in the first column represent time intervals of sedimentary record. The two bands are related to the record in the Parautochthonous and in the Szarvaskői nappes. The second column indicates cartoons of the main structures in their present positions. Because of very important block-rotations in the Tertiary the original directions and positions were occasionally much different. In the third column the successive events are indicated by the code used in the text. S: schistositas, cleavage. P: folds. B: boudinage. T: thrusts. L: lineation. N: normal faults. E: strike-slip faults. A: arching. ROT: rotation. Without earlier Mesozoic normal faulting 9 main structural events could be distinguished



rikus mérésekkel megválaszolhatók. Akárhogy is történtek ezen alakváltozások, mindenképpen a metamorfózis csúcsa környékén születtek. Erre vonatkozólag pedig eligazítást jelentenek a radiometrikus mérések. Ezek szerint a Bükk területén egy 160 Ma, egy 120 Ma és egy 80–95 Ma év körüli esemény (ÁRVA-SOÓS et al. 1986; ÁRKAI et al. 1995) nyomozható. A szarvaskői bazaltok óceánfenéki metamorfózisaként értelmezett elsőknek (felső-jura; ÁRKAI et al. 1995) nincs igazán köze a deformációkhoz. 120 Ma (barrémi) a fő metamorfózis kora. Végül a 95–80 Ma (késő-kréta) kort kihülési korként értelmezték (ÁRKAI et al. 1995). A főpalássággal (S2) egyidejű, vagy azt megelőző deformációk tehát nagy valószínűséggel a legkésőbbi-jura-kora-kréta időintervallumban keletkeztek. A palássággal egyidejű redők képződésével valószínűleg együttjárt a déli pikkelveződés nyírási zónáinak kialakulása.

A főpalásságot gyűrő, másodlagos, K-NY-i és É-D-i tengely redők azonos termodinamikai feltételek között jöttek létre, a metamorfózis lecsengő ágában. Ugyanez vonatkozik a hullámfodrokra, s a velük jelentkező elválásokra is. Megfigyelések szerint a K-NY-i tengelyű redők megelőzték az É-D-i tengelyűeket (l. fent és az ottani hivatkozások). A K-NY-i tengelyűeket és az É-D-i tengelyűek egy részét meghajlította az ívelődés, másrésze valószínűen az ívelődés utáni. A K-NY-i tengelyű, palásságot gyűrő redők valószínűen a palás deformáció mintegy záróakkordjaként jelentkeznek (24. ábra), és a metamorfózis lecsengő ágában, feltehetően a barrémi-középső-kréta folyamán keletkeztek. Ugyanígy középső-kréta korúnak kell tartanunk a torzított irányú É-D-i tengelyű redőket is. Jelenleg nem világos, milyen folyamat okozta a deformációs tér derékszögű változását.

A Darnó- és Bükkszentkereszti-törés menti eltolódások fő, képlékeny-töréses szakasza hozta létre az ívelődést. Az ívelődés a paleomágnesesen igazolható forgások előtti (pre-paleogén), azaz legfeljebb késő-kréta-kora-paleogén lehet. Az ívelődéshez kapcsolódnak déli dőlésű feltolódások is, amelyek a hegység középső részét feltehetően kiemelték. Elképzelhető, hogy az ívelődés és a kapcsolt szerkezetek középső-kréta korúak, de valószínűbb, hogy éppen azok hozták létre a Bükk cenomán-senon kori kiemelkedését (95–80 Ma hülési kor, ÁRKAI et al. 1995), valamint a nekézsényi gosau medence süllyedését. Hasonló, nagyszabású képlékeny balos eltolódásokhoz kötődő, egyidejű aljzat-kiemelkedéseket és medenceképződést a nekézsényi gosaura hasonlító kainachi-gosauból és környékéről írtak le (FRITZ et al. 1991).

Az ívelődést időben követő É-D-i cikcakk redők, azokhoz kapcsolódó nyírások, krenulációk kora bizonytalan: késő-kréta-paleogén (24. ábra). Amennyiben a Tardi Agyagban észlelt krenuláció valóban kapcsolódik a térképi méretű, jobbos eltolódásokhoz köthető cikcakk redőkhöz, úgy e defromáció valószínű kora késő-kiscelli lehet. Figyelemreméltó, hogy a késő-oligocénben-kora-miocénben a hegységet korábban viszonylag egységesen burkoló képződmények jelentősen differenciálódtak: a Kisfennsíkon eróziós felületre transzgregáló képződmény-sort találunk (Csókás; LESS 1991), míg a hegység pereménél durvatörmelék áramlik kifelé (Noszvaj; SZTANÓ személyes közlés 1991). E tények arra utalnak, hogy a késő-oligocénben kiemelkedés, lepusztulás, majd helyen-

kisebb süllyedés jellemezte a bükki területet. A kora-miocén darnói rövidülés, redőződés is hozzájárulhatott a központi rész kiemelkedéséhez, illetve egyes térségek (Csókás) süllyedéséhez. Az ottngai alatt történt a bükki térség első jelentős forgása (MÁRTON & FODOR 1995).

Fission track vizsgálatok (DUNKL et al. 1994) szerint a központi tömeget jelentős fiatalabb miocén üledékburok borította. A középső-miocénben, a Bükk-környéki feltárások tanúbizonysága szerint a Darnó mentén újabb, kisebb mértékű eltolódás zajlott. Ezen kárpáti-kora-bádeni eltolódás alatt érte az egységet az újabb, kisebb méretű forgás (MÁRTON & FODOR 1995; 24. ábra).

A késő-miocén-pliocén időszakban több szerkezetföldtani esemény is történt. Ezek pontos korának, sorrendjének meghatározása még várat magára. A pannon derekán nagyjából É-D-i rövidülés során keletkeztek a bükkábrányi redők. E rövidülés feltehetőleg a hegységet is megemelte. Valószínűleg a késő-pannon során alakult ki vagy újult fel az a KÉK-NYDNY-i balos transztenziós rendszer, amely a Vatta-maklári-árok jelenlegi szerkezetét is megszabja (TARI 1988; TARI et al. 1992).

Végül a fission track tanulmányok (DUNKL et al. 1994) arra is fényt derítettek, hogy a hegység központi magva a negyedkorban is jelentős, több 100 m-es emelkedést szenvedett. Ez az emelkedés feltehetőleg összefüggésben van a jelenlegi rövidülésekkel, feszültségtérrel (GERNER 1992; HORVÁTH & CLOETINGH 1997).

### Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönettel tartozik a MÁFI volt Észak-magyarországi Osztályának a munkához nyújtott segítségért. A lille-i egyetem munkatársai, különösen F. THIEBAULT, F. GUILLOT és E. HANTON hathatós segítsége jelentősen hozzájárult a munka sikeréhez. A cikk részben az OTKA T. 2671 és T. 019431 támogatásával készült. Köszönet illeti FODOR Lászlót és PELIKÁN Pált a részletes lektori munkáért.

### Irodalom – References

- ANGELIER, J. 1979: Neotectonique de l'Arc Egéen. – *Soc. Geol. du Nord, Publ.* 3, 417 p.
- ÁRKAI, P. 1983: Very low-and low-grade Alpine regional metamorphism of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Bükkium, NE Hungary. – *Acta Geol. Hung.* 26/1–2, 83–101.
- ÁRKAI, P., BALOGH, K. & DUNKL, I. 1995: Timing of low-temperature metamorphism and cooling of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Bükkium, innermost West Carpathians, Hungary. – *Geol. Rundschau*, 84, 334–344.
- ÁRVÁNE SÓS E., BALOGH K., RAVASZNE BARANYAI L. & RAVASZ Cs. 1986: Mezozoos magmás kőzetek K/Ar kora Magyarország egyes területein. – *A MÁFI Évi Jelentése az 1985. évről*, 295–307.
- BALLA, Z. 1983: A Szarvaskői színform rétegsora és tektonikája. – *A MÁELGI 1982. évi jelentése*, 42–65.
- BALLA, Z. 1984: The North Hungarian Mesozoic mafics and ultramafics. – *Acta Geol. Hung.* 27/3–4, 341–357.
- BALLA, Z. 1987a: A Bükk hegység mezozoos tektonikája és kapcsolatai a Nyugati Kárpátokhoz és a Dinaridákhoz. – *Általános Földtani Szemle*, 22, 13–54.
- BALLA, Z. 1987b: Tertiary paleomagnetic data for the Carpatho-Pannonian region in the light of Miocene rotation kinematics. – *Tectonophysics*, 139, 67–98.

- BALLA Z., CSONTOS L., HAVAS L., & HORVÁTH Á. 1986: A tarkói fennsíkerem és előtér (DNY-i Bükk) geológiája. – *A MÁELGI 1985. évi jelentése*, 37–51.
- BALLA Z., CSONTOS L., HAVAS L. & HORVÁTH Á. 1987: A Lök-völgyi szinklinális. – *A MÁFI Évi Jelentése az 1985. évről*, 195–207.
- BALLA, Z., HOVORKA, D., KUZMIN, M. & VINOGRADOV, VI. 1983: Mesozoic ophiolites of the Bükk mountains (N Hungary). – *Ofoliti*, 8, 5–46.
- BALOGH K. 1964: A Bükk hegység földtani felépítése. – *MÁFI Évkönyv*, 48/2, 555–705.
- BALOGH, K. 1981: Correlation of the Hungarian Triassic. – *Acta Geol. Hung.*, 24/1, 3–48.
- BALOGH, K., KOZUR, K. & PELIKÁN, P. 1984: Die Deckenstruktur des Bükkgebirges. – *Geol. Palaont. Mitt. Innsbruck*, 13/3, 89–96.
- BERCZINÉ MAKK A. & PELIKÁN P. 1984: Jura képződmények a Bükk hegységből. – *A MÁFI Évi Jelentése az 1982. évről*, 137–166.
- BERGERAT, F. & CSONTOS, L. 1987: Présence de fiales hydroplastiques de compaction dans les lignites miocenes et pliocenes des massifs Mátra et Bükk (Hongrie). Interprétation dans le contexte extensif du Bassin Pannonien. – *C. R. Acad. Sci. Paris*, 305, Serie II, 791–796.
- BOCKH H., SCHRÉTER Z. & RAKUSZ Gy., 1930: Szakvélemény arról, hogy a lillafüredi fúrásban remélhető-e nagyobb mennyiségű magasabb hőmérsékletű víz feltárása. – Kéziratoss jelentés, Orsz. Földt. Geof. Adattár, MÁFI.
- BREZSNYÁNSZKY K. & HAAS J. 1984: A szenon nekézsényi konglomerátum formáció sztratotípus szelvényének szedimentológiai és tektonikai vizsgálata. – *Földt. Közl.*, 114/1, 81–100.
- CSONTOS, L. 1988: Étude géologique d'une portion des Carpathes Internes: le massif du Bükk. – These (Doktori dolgozat) Univ. Lille I., n 250, 327 p.
- CSONTOS, L. 1998: Szerkezeti földtan. – Egyetemi jegyzet. Eötvös kiadó, Budapest, 208 p.
- CSONTOS, L. (in press): A Bükk hegység mezozoos rétegtani újraértékelése. *Földtani Közlemények*.
- CSONTOS L., BÉRCZINÉ MAKK A. & THIEBAULT F. 1991a: Újabb foraminifera leletek a Bükk hegységből. – *A MÁFI Évi Jelentése az 1989. évről*, 383–409.
- CSONTOS L., DOSZTÁLY L. & PELIKÁN P. 1991b: Radiolaria leletek a Bükk hegységből. – *A MÁFI Évi Jelentése az 1989. évről*, 357–381.
- CSONTOS, L., TARI, G., BERGERAT, F. & FODOR, L. 1991c: Evolution of the stress-fields in the Carpatho-Pannonian area during the Neogene. – *Tectonophysics*, 199, 73–91
- DERCOURT, J., GEYSSANT, J., LEPVRIER, C., BERGERAT, F., BIGNOT, G., DEWEVER, P., GÉCZY, B., GUERNET, C., & LACHKAR, G. 1984: Hungarian mountains in Alpine framework. – *Acta Geol. Hung.* 27/3–4, 213–222.
- DUNKL, I., ÁRKAI, P., BALOGH, K., CSONTOS, L. & NAGY, G. 1994: A hőtörténet modellezése fission track adatok felhasználásával: a Bükk hegység kiemelkedés-története. – *Földt. Közl.* 124/1, 1–24.
- FODOR L. 1989: Többfázisú redőképződés a Bükk hegységi Nagy Ökrös környékén. – *Földt. Közl.* 118, 147–162.
- FODOR L., SZTANÓ O., CSONTOS L., JÓZSA S. & NAGYMAROSY A. 1992: A Darnó övezet tektonikai és szedimentológiai kutatása a Darnó hegység és az Upponyi hegység környékén. – Kéziratoss kutatási jelentés, Orsz. Földt. Geof. Adattár, MÁFI, 52 p.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÖRFI, I. & BENKOVICS, L. (in press) Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of paleostress data. – In: DURAND, B., HORVÁTH, F. (eds): IBS volume, Spec. Publ. of the Geological Society, London.
- FRITZ, H., NEUBAUER, F. & RATSCHBACHER, L. 1991: Compression versus extension in the Paleozoic of Graz (Eastern Alps, Austria). – *Zbl. Geol. Paläont.* II/1, 55–68.
- GERNER P. 1992: Recens közefeszültség a Dunántúlon. – *Földt. Közl.* 122/1, 89–105.
- HORVÁTH, F. & CLOETINGH, S.A.P.L. 1996: Stress-induced late stage subsidence anomalies in the Pannonian Basin. – *Tectonophysics*, 266, 287–300.
- KOZUR, H. 1984: New biostratigraphical data from the Bükk, Uppony and Mecsek mountains and their tectonic implications. – *Acta Geol. Hung.* 27/3–4, 307–319.
- LESS Gy. 1991: A bükki felső-oligocén nagy foraminiferái. – *A MÁFI Évi Jelentése az 1989. évről*, 411–465.
- MÁRTON, E. & FODOR, L. 1995: Combination of paleomagnetic and stress data - a case study from North Hungary. – *Tectonophysics*, 242, 99–114.



- MÁRTON, E. & MÁRTON, P. 1996: Large scale rotations in North Hungary during the Neogene as indicated by paleomagnetic data. – In: MORRIS, A & TARLING, D.H. (eds): *Palaeomagnetism and Tectonics of the Mediterranean Region*. Geol. Society, London, Spec. Publ. 105, 153–173.
- SCHRÉTER Z. 1943: A Bükk hegység geológiája. – A M. Kir. Földtani Intézet 1943. évi jelentésének függeléke. *Beszámoló a M. kir. Földtani Intézet vitaüléseinek munkálatairól*. B.5, 7, 378–411.
- SCHRÉTER Z. 1952: A Mátrától északra eső dombvidék földtani viszonyai. – *A MÁFI Évi Jelentése 1948-ról*, 111–120.
- SZTANÓ, O. & TARI, G. 1993: Early Miocene basin evolution in northern Hungary: tectonics and eustasy. – *Tectonophysics*, 226, 485–502.
- TARI, G. 1988: Strike-slip origin of the Vatta-Maklár trough. – *Acta Geol. Hung.* 31, 101–109.
- TARI, G., HORVÁTH, F. & RUMPLER, J. 1992: Styles of extension in the Pannonian basin. – *Tectonophysics*, 208, 203–219.
- TELEGDI ROTH K. 1951: A bükkszéki ásványolajkutatás és termelés földtani tanulságai. – *MÁFI Évkönyv*, 40, 21 p.
- TWISS, R. J. & MOORES, E. M. 1992: *Structural Geology*. Freeman Co., New York, 532 p.
- ZELENKA T., BAKSA Cs., BALLA Z., FÖLDESSY J. & JÁRÁNYI-FÖLDESSY K. 1983: Mezozoos ősföldrajzi határ-e a Darnó-vonal? – *Földt. Közl.* 113, 27–37.
- A kézirat beérkezett: 1999. 01. 22.*