

Kritikus tethysi és pannon tektonika

Dr. Stegena Lajos és Dr. Horváth Ferenc

(Reflexió Balkay B. a Földtani Közlöny 105/4 számában megjelent
hozzászólásához)

(2 ábrával)

Bevezetés

A Földtani Közlöny 105/2. számában megjelent tanulmányunkban (STEGENA, GÉCZY és HORVÁTH, 1975) a Pannon-medence késő-kainozóos fejlődésére lemeztektonikus modellt adtunk, amely a következőkben foglalható össze: A nem egyveretű (hanem részben európai részben afrikai lemezrészekből összeállt) Pannon terület alá a felsőoligocén-középső-miocén során az európai lemez felől (és feltehetőleg az Adria felől is) szubdukciós folyamatok irányultak. Ezek egyrészt felgyúrták a Külső Kárpátok (és Dinaridák) hegyívét másrészt a mélybe kerülő volatilkok, a surlódásos hő és/vagy másodlagos köpenyáramlások révén a Pannon terület alatt részleges köpenyolvadást hoztak létre. A részlegesen olvadt köpenyanyag felemelkedett (aktív köpeny-diapir), elérve a szilárd kérget oldalt szétterült és alulról elvékonyította azt (szubkrusztaális erózió). Az elvékonyodott kéreg izosztatikusan lesüllyedt; a süllyedés mértékét a lerakódott üledékek felfokozták. Így jött létre a — zömmel pannoniai üledékekkel feltöltött — ívközi Pannon-medence.

E modell előnye, hogy:

1. Közös okra vezeti vissza a Kárpátok miocén orogenezisét és a hegységív konkáv oldalán létrejött posztorogén Pannon-medence kifejlődését. A Kárpátok és a Pannon-medence egymásmellettségét soha nem tekintették véletlennek, eddig azonban nem volt elmélet, amely a közös okot megadta volna.

2. Összhangban van a medence számos lényeges (általános jellegű, nagy területre érvényes) földtani-geofizikai bélyegével. Nevezetesen, megmagyarázza, miért anomális (átlagosnál kisebb sűrűségű és forróbb) a felsőköpeny, miért vékony a kéreg (amely úgy van elvékonyodva, hogy az alsókéreg egy része hiányzik), mi okozta a miocén-pleisztocén vulkanizmust, a Pannon-medence nagy hőanomáliáját és az intenzív pliocén-kvarter süllyedést.

Míndezek a bélyegek a felsőoligocén-középsőmiocén korú kárpáti szubdukció által létrehozott köpeny-diapir eredményei. Abból kiindulva, hogy a Pannon terület a szubdukciós folyamat során (kb. a miocén végéig) általában kompressziós, majd utána extenziós jellegű volt, levezethető a miocén riolit-andezites vulkanizmus és annak átváltása a pliocén bazaltos vulkanizmusba, a terület blokkos („basin and range”, „tectonique cassant”) lesüllyedése és az üledékek lényegében atektonizált jellege.

Az elmélet „egy sor izgatató kérdést vet fel” (BALKAY, 1975). Az ilyenfajta elméletek felvetői számára szinte kötelező, hogy kritikusan megvizsgáljanak minden, az elmélettel lényegileg kapcsolódó új ismeretet, és e vizsgálat tükrében bizonyítsák, módosítsák vagy elvessék nézeteiket.

Jelen dolgozat célja *kritikus* tethysi-pannon vizsgálgódás BALKAY (1975) figyelemre méltó hozzászólása tükrében.

Tethysi és globális összevetések

1. Egy másik tanulmányunkban (HORVÁTH, GÉCZY és STEGENA, 1974; 1975) összefoglaltuk a kontinentális és óceáni kérgű ívközi medencékre vonatkozó ismereteket. A rájuk vonatkozó ismeretek foka különböző; a legjobban ismert Tírrén- és Pannon-medencék összehasonlító vizsgálata (BOCCALETTI, HORVÁTH, LODDO, MONGELLI és STEGENA, 1976) lényeges analógiákra vezetett. A cirkum-

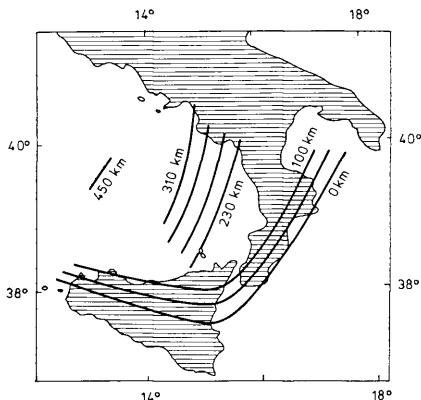
pacifikus gyűrű Ny-i oldalán szintén megtalálhatók az ívközi medencék (partmenti tengerek formájában, mint pl. az Ohotszki, a Japán, a Fülöp tengerek; KARIG, 1971, MATSUDA és UYEDA, 1971).

A kritikus hozzáállás azonban felveti a kérdést: miért nem sülyyed le a tethysi rendszerben Irán és Tibet, és miért nincsenek ívközi medencék az Andok mögött? — Nem minden részükben megoldott kérdések, bár vannak elfogadható lemeztektikus megoldások. WILSON és BURKE (1972) a lemezek relatív (egymásra vonatkoztatott) sebessége mellett azok abszolút (a köpenyre vonatkoztatott) sebességét is figyelembe véve a következő eredményre jut: ha a (kontinentális) lemez, amely alá a szomszédos (óceáni) lemez tolódik, a köpenyhez képest áll (pl. Ázsia), akkor létrejön az ívközi medence. Ha a kontinentális lemez (a köpenyhez képest) a szubdukeiós zóna irányában mozog (mint Dél-Amerika), akkor az ívközi medence kialakulására kedvezőtlenek a feltételek, mivel a kinyíló medence a kontinens mozgása miatt állandóan záródik. DALZIEL és társai (1974) az Andok D-i részén egykori szigetív-ívközi medence maradványait mutatták ki. Az ívközi medence az alsókrétában nyílt ki és a felsókrétában záródott, amikor a dél-amerikai lemez mozgása nagyobb sebességre váltott.

Az iráni és tibeti köztes területek le nem sülyyedését, és általában a tethysi rendszer ázsiai részén az ívközi medencék hiányát abban kereshetjük, hogy ez az öv kontinentális litoszféra-lemezek (Ázsia, Arábia, India) ütközésének az öve (DEWEY és BIRD, 1970), amely folyamat még ma is tart (NOWROOZI, 1972). A Vörös-tenger kinyílása ma is folyamatban van (CRAWFORD, 1974), az Irán-Arábiai rendszer a miocén óta 700 km térrövidülést vett fel, és a Zagrosz-hegység alatti aktív Benioff-zóna jelzi, hogy a térrövidülés még nem fejeződött be (NOWROOZI, 1971). Az indiai szubkontinens É-ra vándorlását újabb VERMA (1976) paleomágneses úton, BARDHAN (1976) pedig földtani módszerrel mutatta ki, megállapítván, hogy a Himalájától D-re fekvő nagy medence aljzata a Tethys D-i partvonalához tartozó self. A hegységképződés, a kompresszió azonban még itt sincs befejezve; BOULANGER (1974) a Pamir recens vertikális és horizontális (!) mozgását cm/év nagyságrendben mérte, geodéziai úton. Az erős, szórt szeizmicitás és vastag kéreg mind Iránban mind Tibetben arra utal, hogy e területeken nincsenek meg a köztes medence kialakulásához szükséges extenziós feszültségviszonyok. — Ezek inkább érvek, mint bizonyítások; mindenestre a lemeztektika lényegesen többet mond, különösen a jól tanulmányozott ívközi medencékről, mint a régebbi nézetek, pl. a köztes tömeg elmélet. (Ez sensu stricto nem elmélet, csupán fenomenológiai regisztrálása annak, hogy a lánchegységek között vannak fel nem gyúrt, tehát feltevés szerint szilárdabb, immobilisabb részek. A mélyszerkezeti vizsgálatok nem mutattak semmi olyasmit, hogy a Pannon-medence, és más ívközi medencék mélyszerkezete merevebb lenne. Sőt ellenkezőleg, ezeken a területeken a melegebb felsőköpeny képlekenyebb felsőköpenyt és kérget jelez.) És, bár él a meditalás (MARTIN, 1972; BALKAY, 1975, 1. pont), hogy az orogenezis torlódásos öveiben miért is feltételezhető a medence kialakulásának, mert az a medence alatt torlódást eredményez (BALKAY, 1975, 2. pont). A feltételezetten ívelt felszíni nyomvonalú kárpáti szubdukeiós azonban nem specifikus, hanem általános jelenség: majd min-

2. A kritikus szemlélet egy második, lényegesnek tűnő kérdést is felvet. Rideg lemezeket feltételezve nehéz megérteni a hegységív felől a medenceközép felé irányuló szubdukeiós, mert az a medence alatt torlódást eredményez (BALKAY, 1975, 2. pont). A feltételezetten ívelt felszíni nyomvonalú kárpáti szubdukeiós azonban nem specifikus, hanem általános jelenség: majd min-

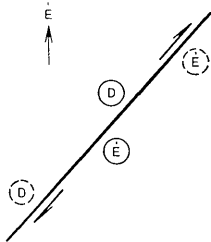
den jelenlegi mélytengeri árok (a szubdukciós nyomvonal) ívelt jellegű. Mivel az alábukó lemez nem teljesen rideg (és egyre kevésbé az, minél hosszabb ideje illetve minél mélyebbre tolódott alá), a körülményeknek megfelelően deformálódik és/vagy törik (szakad). A modern Benioff-zónák világosan mutatják ezeket a formákat a Mediterráneumban (RITSEMA, 1972; CAPUTO et al., 1972; MORELLI et al., 1975) és a Nyugat-Pacifikumban (KATSUMATA és SYKES, 1969) (1. ábra).



1. ábra. A Benioff-sík elhelyezkedésének mélységi izovonalai a Tirrén-medence alatt (CAPUTO et al., 1972 nyomán)

Az ívelt szubdukciós folyamatok pontosabb tárgyalását elősegítené a lemezek alátolódási (és általában mozgási) mechanizmusának pontosabb tisztázása. Van olyan nézet (pl. BULLARD, 1969; BALKAY, 1975, 4. pont), hogy az akkréciós, forró és emiatt könnyű lemezrész a felszínre kerülve egy bizonyos földtani idő alatti vándorlása során kihűl, sűrűbbé válik az asztenoszféranál, és ez okozza a szubdukciót. Ma — ezt az erőhatást is figyelembe véve — elsősorban a mélyáramlásokat (konvekciós köpenyáramlások) teszik felelőssé a lemezek mozgatásáért (MC KENZIE, 1969; ANDREWS, 1972).

Mindenesetre, az alábukó litoszféra-lemez hidegebb a környezeténél, hogyan tud mégis hőtöbbletet eredményezni a mögöttes ívközi medencék területén (BALKAY, 1975, 4. pont)? Ezt a köpenyanyag-feláramlás (köpeny-diapir) hozza létre, amely az ívközi medencék kialakulását irányítja (HASEBE et al., 1970, COLEMAN, 1975). Kevésbé megmagyarázott kérdés, hogy hogyan hozza létre az alátolódó lemez a köpeny-diapirt? Több magyarázat és mo-



2. ábra. Transzform mozgás által létrehozott E—D-i helycsere

dell van e folyamat leírására (pl. TURCOTTE és SCHUBERT, 1973, ANDREWS és SLEEP, 1974), a mégis fennálló problémák abból adódnak, hogy nem ismerjük még a szükséges pontossággal a felsőköpeny anyagi tulajdonságait.

3. Egy kritikus elméletnek valóban „minden más lehetőséget meg kellene vizsgálni és mindegyiket elvetni” (BALKAY, 1975, 6. pont), a maga nézetének alátámasztására. Tulajdonképpen ezt végezte és végzi a földtudományokkal foglalkozók hosszú nemzedéke. Vizsgálatuk eredménye: legalábbis jelenleg, csak a lemeztektonika él mint nagytektonikai elmélet, nincs megfelelő alternatívája, amely a megismert geofizikai és földtani regionális tényeket, azok minden lényeges elemét mégcsak meg is kísérelné oly egységesen és egyszerűen magyarázni, mint a lemeztektonika. Más modern nézet (oceanifikálódás, BELOUSSOV, 1970) ellentmondásokra vezetett (JACOBY, 1972) és nincs bizonyító háttere. Minden régebbi nézet (WEGENER, TAYLOR, AMPFERER, VAN BEMMELEN, GRIGGS, HAARMANN) pedig már a történelemé, az úttörőknek kijáró elismeréssel és avval a felismeréssel, hogy a lemeztektonika egy-egy elemét (WEGENER-kontinensvándorlás, AMPFERER-szubdukció) zseniálisan előrejelezték.

Ha elfogadjuk a lemeztektonika érvényességét annak klasszikus vizsgálati területére, a Pacifikumra (és a tények lenyűgöző hatására el kell fogadnunk), akkor csak egyetlen kitérőnk marad ott (a Pacifikumban) érvényes lehet, de a világ más részein (pl. a Tethys vagy szűkebben a Kárpát—Balkán területén) nem. Vannak ilyen feltevések (pl. MARTIN, 1972, SZÉNÁS, 1972), de ezek ellentmondásra vezetnek: minden földi főkör mentén ui. a horizontális lemezsebességek összege mindenkor zérus kell legyen, másként a Föld gömbalakja eltorzul, ami energetikailag elképzelhetetlen és nem figyelhető meg. Ebből következik a Tethys „kényszerű” bezáródása, egy, nagyjából Venezuela partjainál levő forgáspont körül, 0.0009 ívperc/év sebességgel; ez az Alpok távolságánál 1400 km/60 millió év térrövidülést jelent (STEGENA, 1975). — A lemeztektonika általános érvényességére utal a hegységképződés általános érvényességének vett (DE SITTE, 1963) geoszinklinális elmélete is: a hegységképződési folyamat vezérmotívumai (mély süllyedés, üledékgyűjtés, bazisos magmatizmus, színorogén flis és vulkanizmus, kompresszió, szubszekvens vulkanizmus, kiemelkedés, finális vulkanizmus, erózió), többé-kevésbé mindenütt megjelennek; így van egy hegységképződési folyamat, amely alapvonásaiban egyforma — hasonló kellett legyen mind a pacifikus mind a tethysi hegységrendszer területén.

A lemeztektonika szerint a fennálló hegység szerkezeti különbségeket főleg a kollíziók különbsége (óceán-kontinens, óceán-szigetív, kontinens-kontinens), a lemezek különböző sebessége (DEWEY és BIRD, 1970), és az hozza létre, hogy a Tethys zömmel bezárult, a Pacifikum záródó* óceán (SYLVESTER-BRADLEY, 1968, ILLIES, 1969).

Bár e megfontolások azt mutatják, hogy a lemeztektonika általános érvényű. a földfelszín minden pontján „hat”, ez nem jelenti azt, hogy minden földfelszíni jelenség a lemeztektonikából vezethető vagy vezetendő le. Ugyanakkor a lemeztektonika feladatának érzi, hogy magyarázatot adjon minden lényeges (-globális vagy regionális elterjedésű) földtani-geofizikai ismeretre. A Pannomedencét illetően úgy véljük (szemben BALKAY nézetével, 1975, 6. pont), sok ilyen megfelelő mérvű ismeret rendelkezésünkre áll, hála elődeink és kortársaink

* Konzumálódó, konzumációs, konzumpciós, ahogy tetszik; ez utóbbi nyelvtanilag helyesebb (BALKAY, 1975) de sajnós (?) a szaknyelvet sem latin grammatikusok csinálják.

kutatásainak. Így bátran foghatunk regionális tektogenetikai vizsgálódásokhoz, miként azt a nagy elődök (STILLE, LÓCZY, ...) lényegesen kevesebb adat birtokában és a geotudományok fejletlenebb fokán is, nem kevés sikerrel tették.

4. A lemeztektonikusok nagyjából (a kréta óta) állandó horizontális lemezmozgás-sebességgel számolnak (HEIRTZLER és társai 1968), a földtani tények viszont inkább a hegységképződés hirtelen szakaszait (paroxizmusait) látszanak regisztrálni. Ez utóbbi vetette fel az intermittáló (szakaszos) spreading gondolatát (MC ELHINNY, 1972, LE PICHON, 1973). Erre gondolhat BALKAY (1975, 532. old. 1. pont) is, amikor szaggatott kéreg- és köpenyfolyamatot javasol. Az intermittálás elfogadása ott ütközik nehézségbe, hogy „túl jól” ismerjük a harmadidőszak 34 és a mezozoikum 22 földmágneses térfordulását 153 millió évig (felsőjura) visszamenően, és az ezekből, a tengeri mágneses mérések alapján levezetett lemezmozgásokat. Bizonyos lokális intermittálások lehetségesek. Izlandon, a San Andreas törésvonalnál és más szárazföldi területen haladó lemezszegélyek mentén végzett geodéziai mérések és más megfigyelések alapján tudjuk, hogy a lemezek gyakran éveket nem mozognak, majd egy-egy nagyobb földrengés során akár több méteres elmozdulások is létrejönnek. Millió éves időskálán azonban a lemezek mozgása általában folytonosnak tekinthető.

Az érem másik oldalát vizsgálva, a pillanatszerű és világméretű orogén fázisok fogalmát STILLE vezette be. Később többen demonstrálták, hogy e fázisok gyakran földtani értelemben is hosszú időt fognak át és megjelenésük sem globális; elsőként GILLULEY (1949) demonstrálta ezt az Appalache-hegységre. Ma, ahogyan azt TRÜMPY (1973) a Nyugati Alpok hegységképződési fázisait tárgyaló munkájában írja, általában — főleg Nyugat-Európában — alkalmazzák STILLE nevezékét, de a kutatások eredményeként a fázisokat időben szét-húzzák (pl. újstájer fázis: a felsőoligocéntól a középsőmiocénig). A fázisok időbeli szétkenésének szélsőséges példája RUTTEN (1969). A Kárpát-Balkán területen végzett újabb vizsgálatok is időben szét húzott orogén fázisokra vezettek (MAHEL, 1974).

A Pannon-medence problémái

E tethysi és globális körültekinvés mellett szükséges egy kritikus Pannon-medencei összevetés a földtani tényekkel; nézzük a BALKAY (1975) által megjelöltekre és sorrendben.

BALKAY (2. pont) úgy véli, hogy egy ÉK—DNy-i (Orosz-tábla—Dinaridák) szubdukció jobban egyezne a Pannon-medence belsejének határozott ÉK—DNy-i főcsapásával, mint a centrikusan a medence felé irányuló szubdukciós folyamat, az előbbi viszont a Kárpátok „cipőformáját” hagyja magyarázatlanul. Vonatkozó tanulmányunk 10. ábrája egy szelvényben (Orosz tábla—Dinaridák) illusztrálja a szubdukciós folyamatot, de nem akarja azt jelezni, hogy ez a két irány a szubdukciós főirány. A terület alpi tektonikai fejlődése térben bonyolult, időben kiterjedt módon játszódott le. A Kárpát—Dinári rendszer egykori (jura-alsókréta) mélytengeri (óceáni kérgű) területeinek maradványait (szutura-zónák) a Külső és Belső Kárpátok határzónájában, az Igal-Bük zone peremén, a Maros vonal mentén, a dinári ofiolit övben és a Vardar zónában lehet megtalálni (SZÁDÉCZKY KARDOSS, 1974, ROTH, 1974, LEXA és KONECNY, 1974, DIMITRIJEVIC, 1974, HERZ és SAVU, 1974). Túlzott egyszerűsítés lenne

azt gondolni, hogy ezen övek mai geográfiai elrendeződése az egykori szubdukciós zónák elrendeződését pontosan tükrözi és hogy a szubdukciók egyidőben zajlottak volna le.

A vizsgált területen két fő, „alpi” szubdukciós fázisra lehet következtetni (középső-felsőkréta—paleocén, oligocén—miocén) és feltehetőleg egy fázison belül sem egyetlen összefüggő szubdukciós zóna létezett, hanem a terület mikrolemez mozgásainak megfelelően, a hely és idő függvényében összetett módon zajlott le a folyamat (CHANNELL és HORVÁTH, 1976). Erre a Ny-i, K-i és D-i Kárpátok tectogenezisében tapasztalható eltérések (pl. a szubszekvens vulkanizmus és a fő tektonikai deformációk korában) világosan utalnak.

A Pannon-medence paleozóos-mezozóos *aljzatának* van határozott ÉK—DNy-i főiránya, amelynek kialakításában nem a felsőoligocén—középsőmiocén szubdukció játszott a döntő szerepet, de amely valamilyen módon preformálta a neogén-kvarter üledékgyűjtő és az ignimbrites vulkanizmus elterjedésének főcsapását.

A Kárpátok mai „cipőformájának” kialakításában plio-pleisztocén folyamatok is szerepet játszhattak: a Pannon-medence (néhányszor 10 km-es) extenziója növelte a kárpáti ív görbültségét.

Összefoglalva, a kárpáti területen bizonyos időeltérésekkel, de általában két fő (alpi) fázisban aktív, néhány, a jelenlegi szutura-zónáknál enyhébben ívelt szubdukciós zóna létezhetett. Ezek pontos rekonstrukciója a Kárpát-Balkán terület alapos földtani-geofizikai ismerete és bizonyos további vizsgálatok révén valószínűleg részleteiben is tisztázható lesz.

2. GÉCZY (1972) felteszi, hogy a Pannon terület aljzata a mezozóos Tethys É-i és D-i pereméről származó két mikrolemezből tevődik össze, és pedig inverz helyzetben (a D-i perem É-on, az É-i D-en van). BALKAY (1975, 3. pont) megjegyzi, hogy „ilyen hatalmas méretű és intenzitású föltételezett mozgásnak szembeszökő tektonikai bélyegeken kellene tükröződnie, márpedig ilyen bélyegeket tudtommal nem sikerült fölfedezni”. GÉCZY eredményein kívül azonban van néhány más alapvető eredmény is e tárgyban. A Szolnok—Debrecen—máramarosi flis vályú (BALOGH és KÖRÖSSY, 1968), és az Igal-bükki eugeoszinclinális (WEIN, 1969), valamint a kapcsolódó ofiolitok demonstrálják, hogy a Pannon-medence aljzatát egy ÉK—DNy irányú mobilis zóna váasztja két részre. NAGY (1971) és GÉCZY (1972) felhívta a figyelmet a két rész mezozoikumának markáns eltérésére. SZEPESHÁZY (1975) elsősorban az Alföld és környezete mélyfúrásai anyagának alapos ismeretében kifejti, hogy a terület „két, földtani fejlődéstörténetét, rétegtanát és nagyszerkezeti felépítését tekintve egymástól alapvetően különböző félre osztható”, a Zágráb—Hernád vonal mentén. SZEPESHÁZY szerint ezek a részek „eredetileg a nagy Tethys geoszinclinális rendszer különböző, egymástól tekintélyes távolságra levő részein halmozódtak fel, s az Alpoknak és Kárpátoknak a krétától a neogénig tartó kialakulása közben tektonikusan kerültek egymás mellé.” E lényeges és valószínűleg több fázisban végbement mozgásokra* további fontos bizonyítékot adnak (MÁRTON P. szövege közlése) a hazai mezozóos kőzeteken végzett paleomágneses vizsgálatok.

3. Lemeztektonikus modellünk szerint a Pannon terület a miocénben még zömmel kompressziós, majd a pliocéntól extenziós jellegű volt. BALKAY (1975, 6. pont) megjegyzi, hogy a cserhádi (és talán más) alsótortonai andezittelérek

* Bármilyen (szinisztrális vagy dextrális) transform mozgás létrehoz(hat) É—D-i helyeserét, kivéve a K—Ny irányúkat, ahogy a 2. ábra mutatja; itt téved BALKAY (1975, 3. pont).

jellegzetes hasadék-típusú vulkanizmusok, aligha keletkezhettek nyomófeszültség alatt. Másrészt pedig, a Mecsek-hegységben és a Muraközben későneogén-kvarter korú gyűrődéses formák vannak.

Ezek a tények csak periférikusan érintik azt a tételt, hogy a Pannon terület a pliocénig általában kompressziós, majd a pliocéntól (vagy már a miocén középtől) általában extenziós jellegű volt. KROPOTKIN (1972) vizsgálatai azt mutatják, hogy a horizontális feszültségek, amelyek (a jelen korban) egyes helyeken nagyon jelentősek, irány és nagyság szerint regionálisan állandók, konformisak, de jelentős lokális eltérések is fellépnek. Pl. Skandinávia kérgét zömmel ÉNy—DK irányú, horizontális nyomó feszültségek jellemzik, de vannak helyek ahol másirányú és húzó feszültségek lépnek fel. Megjegyzendő még, hogy lemeztektonikai megfontolások vezettek arra a lényeges vulkanológiai felismerésre, hogy a Benioff öv (az „elsődleges magmakamrák”) mélysége korrelál a vulkáni kőzetek K, Na/Si hányadosával (HATHERTON és DICKINSON, 1969), valamint arra, hogy az andezit-vulkanizmus képes a benne levő vízgőz nagy parciális nyomása miatt kompressziós területeken is a felszínre törni (SCHOLZ et al., 1971). Az utóbbi megállapítás lehetővé teszi (de nem bizonyítja), hogy a Cserhát tortonai andezit-teléreit nyomás alatt keletkezettnek feltételezzük.

Későneogén-kvarter gyűrődéses formák az egész külső kárpáti ívben vannak (MAHEL, 1974, 6. old), a Pannon-medencében csak a Muraközben és a Mecsekben, periférikus jelleggel és kis intenzitással. Létezésüket talán a peremi helyzetük magyarázza, gravitációs csúszás, vagy a medencehatároló törés inverz jellege révén. Másrészt meg kell jegyezni, hogy húzófeszültségeknek kitett területeken nem egységesen jön létre a süllyedés. A kéreg normál vetők mentén blokkokra szakad és a süllyedő blokkok között bizonyos egységek relatív vagy abszolút értelemben emelkedhetnek. Ezt RÓNAI (1973) recens vertikális kéregmozgási vizsgálatai jól demonstrálják. Ilyen emelkedő kéregrészek is hozzájárulnak ahhoz, hogy extenziós területeken enyhén gyűrt formaelemek lokálisan kialakuljanak.

Javaslatok további kutatásokra

A Pannon-medence lemeztektonikai elméletének továbbbővítését — BALKAY véleményével (1975. 533. old.) összhangban — az eddigi eredmények kontrolljában, és a prekainozóos történet továbbkutatásában látjuk. Megjegyzésén felbuzdulva, néhány általunk fontosnak vélt kutatási irányt és feladatot felsorolunk.

1. A Pannon-medence vulkáni kőzeteiről sok elemzési adat van és történet is kíséreltek a relatív K (Na) módszer alkalmazására a primer magmakamra mélységének meghatározása céljából (SZADECKZY—KARDOSS, 1974). Újabbban francia és japán geokémikusok kritizálják e módszert (pl. VITRAC et al., 1974) és helyette a frakcionált kristályosodásra kevésbé érzékeny Th/Cs, Th/P, Th/Hf, Nb/Zr, Nb/Hf mikroelem-arányokat (TREUIL, 1974) és más módszereket ajánlanak (lásd WEDEFOHL, 1974 összefoglalóját). E vizsgálatok eredményei a primer magmakamra-mélységek révén hozzájárulhatnak a paleo-szubdukciós zónák megismeréséhez.

2. A hazai jura-alsókréta (?) bázisos-ultrabázisos kőzetek (ofiolitos ösztlet) geokémiai és rádióizotópos vizsgálata jelentős eredményekkel járhat. MEIJER (1974) szerint a Pb izotóp arányok alapján el lehet különíteni az óceáni, az ívközi és kontinentális eredetű bazaltokat. LANPHERE és társai (1975) a dinári Ofiolit övben, peridotitok amfiboljain végzett K-Ar kormeghatározások alapján arra következtettek, hogy az ofiolitok jura korú (160—180 millió éves) óceáni kéreg és felsőkőpeny származékok.

3. Részletező mélyszerkezeti, kéreg- és felsőkőpeny-szerkezeti vizsgálatokat lenne célszerű végezni az Igal-Bükk zónát harántoló szelvények mentén földtani és komplex geofizikai módszerekkel. (Ilyen jellegű program lényegében folyamatban van a Darnó-vonal körzetében a KFH égisze alatt.)

4. A mezozoos (elsősorban üledékes) kőzetek paleomágneses vizsgálatától szintén alapvető előrehaladás várható, elsősorban a terület prekainozoos tektonikáját illetően. Bizonyos, rendkívül érdekes jurai üledékvizsgálatok máris folyamatban vannak (MÁRTON P. szóbeli közlése).

5. Korszerű módszerekkel reambulálni és továbbfejleszteni kell azokat az adatokat, amelyek a Pannon-medencebeli pozitív hőtanomália alapul.

6. Az országról és környezetről készült szatellita felvételek egységes szempontú kiértékelésével várhatóan pontosíthatók a hazai fő tektonikai vonalak valamint ezek alpi-kárpáti kapcsolatai.

7. A lemeztektonikával foglalkozó sokezer cikk áttekintését megkönnyítendő adtak ki az Egyesült Államokban, majd újabban a Szovjetunióban a lemeztektonika „alapl műveit” tartalmazó cikkgyűjteményt (COX, 1973, ZONENSCHNEIN és KOVALEVA, 1974). Igen hasznos lenne egy hasonló cikkgyűjtemény magyar nyelvű kiadása is, figyelembe véve a legújabb eredményeket és speciális hazai vonatkozásokat.

Még sok más teendő is felsorolható lenne, amelyek hozzásegítenének a hegységívek konkáv oldalán kialakult posztorogén süllyedések, az ívközi medencék tektogenezisének pontosításához. A jelenlegihez hasonló korrekt diskussziók is hasonlóképpen fontosak.

Irodalom — References

- ANDREWS, D. J. (1972): Numerical simulation of sea-floor spreading. *Journ. Geophys. Res.*, **77**, 6470—6481.
- ANDREWS, D. J., SLEEP, N. H. (1974): Numerical modelling of tectonic flow behind island arcs. *Geophys. Journ. Roy. astr. Soc.*, **38**, 237—251.
- BALKAY B. (1975): Hozzászólás Dr. Stegena Lajos, Dr. Géczy Barnabás és Horváth Ferenc „A Pannon-medence késő-kainozoos fejlődése c. dolgozatához. *Föld. Kézl.* **105** (4), 531—533.
- BALOGH, K., KÖRÖSSY, L. (1968): Tektonische Karte Ungarns im Masstabe 1 : 1 000 000. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, **12** (1—4), 255—262.
- BARDHAN, M. (1976): Evolution of the regional hydrogeologic units of the Great Indian sedimentary basin in relation to prevailing tectonic movements. *Int. Hydrogeol. Conf. IAH-IASH*, Budapest, Abstracts, 36.
- BELOUSSOV, V. V. (1970): Against the hypothesis of ocean-floor spreading. *Tectonophysics*, **9**, 489—511.
- BOCCALETTI, M., HORVÁTH, F., LODDO, M., MONGELLI, F., STEGENA, L. (1976): The Tertiary and Pannonian basins: A comparison of two Mediterranean interarc basins. *Tectonophysics* (nyomás alatt)
- BOULANGER, J. D. (1974): Szóbeli közlés
- BULLARD, E. (1969): The origin of the oceans. *Sci. Am.*, Sept.
- CAPUTO, M., PANZA, G. F., POSTPISCH, D. (1972): New evidences about the deep structure of the Lipari arc. *Tectonophysics*, **15**, 219—231.
- CHANNELL, J. E. T., HORVÁTH, F. (1976): The African (Adriatic) promontory as a palaeogeographical premise for Alpine orogeny and plate movements in the Carpatho-Balkan region. *Tectonophysics* (nyomás alatt)
- COLEMAN, J. M. (1975): Island arcs. *Earth Sci. Rev.*, **11** (1).
- COX, A. (szerk.) (1973): Plate tectonics and geomagnetic reversals. Freeman and Co., San Francisco
- CRAWFORD, A. R. (1972): Iran, continental drift and plate tectonics. *Int. Geol. Congr., Canada 1972, Sec. 3, Tectonics*, 106—112.
- DALZIEL, I. W., DE WIT, M. J., PALMER, K. F. (1974): Fossil marginal basin in the southern Andes. *Nature*, **250** (5464), 291—294.
- DE SITTER, L. U. (1963): The relation between geology and geophysics. *ICSU Review of World Sciences*, **5**, 20—24.
- DEWEY, J. F., BIRD, J. M. (1970): Mountain belts and the new global tectonics. *J. Geophys. Res.* **75** (14), 3179—3206.
- DMITRIJEVIC, M. D. (1974): The Dinarides: A model based on new global tectonics. In: *Metallogeny and concepts of the geotectonic development of Yugoslavia*. Belgrade
- GÉCZY B. (1972): A jura faunaprovinciák kialakulása és a Mediterrán lemeztektonika. *MTA X. Oszt. Kézl.*, **5** (3—4), 297—311.
- GULLUY, J. (1949): The distribution of mountain building in geologic time. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **60**, 561—590.
- HASEBE, K., FUJII, N., UYEDA, S. (1970): Thermal processes under island arcs. *Tectonophysics*, **10**, 335—355.
- HATHERTON, T., DICKINSON, W. R. (1969): The relationship between andesitic volcanism and seismicity in Indonesia, the Lesser Antilles, and other island arcs. *Journ. Geophys. Res.*, **74**, 5301—5310.
- HERTZLER, J. R., DICKSON, G. O., HERRON, E. M., PITMAN, W. C., LE PICHON, X. (1965): Marine magnetic anomalies, geomagnetic field reversals, and motions of the ocean floor and continents. *Journ. Geophys. Res.*, **73**, 2119—2136.
- HERZ, N., SAVU, H. (1974): Plate tectonic history of Romania. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **85**: 1429—1440.
- HORVÁTH, F., GÉCZY, B., STEGENA, L. (1975): Ensimatic and ensialic interarc basins. *J. Geophys. Res.*, **80** (2): 281—288.
- HORVÁTH, F., STEGENA, L., GÉCZY, B. (1974): Szialikus és szimalikus ívről medencék. *Földt. Kut.* **XVII**, 11—16.
- ILLES, J. H. (1969): An international belt of the world rift system. *Tectonophysics*, **8** (1), 5—29.
- JACOBY, W. R. (1972): Oceanization and isostasy: a discussion. *Tectonophysics*, **15**, 331—333.
- KARG, D. E. (1971): Origin and development of marginal basins in the western Pacific. *Journ. Geophys. Res.*, **76**, 2542—2561.
- KATSUMATA, M., SYKES, L. R. (1969): Seismicity and tectonics of the Western Pacific. *Journ. Geophys. Res.* **74** (25), 5923—5948.
- KROPOTKIN, P. N. (1972): The state of stresses in the Earth's crust as based on measurements in mines and geophysical data. 24th IGC, Section 3, 64—70, Montreal
- LANPHERE, M. A., COLEMAN, R. G., KARAMATA, S., PAMIC, J. (1975): Age of amphibolites associated with Alpine peridotites in the Dinaride Ophiolite zone, Yugoslavia. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **26**, 271—276.
- LE PICHON, X. (1973): Sea-floor spreading and continental drift. In: A. Cox (szerk.): *Plate tectonics and geomagnetic reversals*. Freeman and Co., San Francisco, 89—121.
- LEXA, J., KONČEKY, V. (1974): The Carpathian volcanic arc: a discussion. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, **18** (3—4), 279—293.
- MAHEL, M. (szerk.) (1974): Tectonics of the Carpathian Balkan regions. Bratislava

- MARTIN, R. (1972): Sixty years of global tectonics pros and cons of some modern concepts. 24th IGC, Section 3, 143–152, Montreal.
- MATSUDA, T., UYEDA, S. (1971): On the Pacific-type orogeny and its model-extension of the paired belts concept and possible origin of marginal seas. *Tectonophysics*, 11, 5–27.
- McELHINNY, M. W. (1972): Palaeomagnetism and plate tectonics. 24th IGC, Section 3, 153, Montreal.
- McKENZIE, D. P. (1969): Speculations on the consequences and causes of plate motions. *Geophys. Journ. Roy. astr. Soc.*, 18, 1–32.
- MEJZER A. (1974): Pb isotopic data bearing on the origin of volcanic rocks of the Mariana island arc system. Abstracts of EGS-ESC Symp., F. 10., Trieste.
- MORELLI, C., PISANI, M., GANTAR, C. (1975): Geophysical studies in the Aegean sea and in the Eastern Mediterranean. *Boll. Geofis.* 66: 127–167.
- NAOY E. (1971): A lábai fázis jelentősége a Dunántúli szerkezetfejlődése szempontjából. *M. Áll. Föld. Int. évi jel.* 1969. évről, 583–586.
- NOWROOZI, A. A. (1971): Seismo-tectonics of the Persian plateau, eastern Turkey, Caucasus, and Hindu-Kush regions. *Bull. Seism. Soc. Am.* 61 (2), 317–341.
- NOWROOZI, A. A. (1972): Focal mechanism of earthquakes in Persia, Turkey, West Pakistan, and Afghanistan and plate tectonics of the Middle East. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 62 (3), 823–850.
- RTSSEMA, A. R. (1972): Deep earthquakes of the Tyrrhenian sea. *Verh. Ned. Geol. Mijnbouwk. Genoot.* 51 (5), 541–545.
- RÓNYAI A. (1973): A negyedkori kéregmozgások térképe Magyarországon. *MTA X. Oszt. Közl.*, 6 (1–4), 241–243.
- RÓTH, Z. (1974): Palaeotectonic classification of the geosynclinal filling of the Outer Carpathians. *Sbornik Geol. Ved, Geol.*, 26, 95–100.
- RUTTEN, M. G. (1969): The geology of western Europe. Elsevier Publ. Co., Amsterdam
- SCHOLZ, C. H., BARAZANGI, M., SBAR, M. L. (1971): Late Cenozoic evolution of the great basin, Western United States, as an ensialic interarc basin. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 82, 2979–2990.
- STEGENA, L. (1975): Plattentektonik, Tethys und das Pannonische Becken. In: M. MAHEL: Tectonic problems of Alpine system, Bratislava, 87–108.
- STEGENA L., GÉCZY B., HORVÁTH F. (1975): A Pannon-medence késő-kainozóos fejlődése. *Földt. Közl.* 105 (2), 101–123.
- STEGENA, L., GÉCZY, B., HORVÁTH, F. (1975): Late Cenozoic evolution of the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 26., 71–90.
- SYLVESTER-BRADLEY, P. C. (1968): Tethys: the lost ocean. *Sci. Journ.* 4 (9), 47–53.
- SZÁDECKY-KARDOSS, E. (1974): Alpines Magmatismus und Plattentektonik des karpatischen Beckensystems. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 18 (3–4), 213–233.
- SZEPESHÁZY K. (1975): Az Északkeleti-Kárpátok földtani felépítésének és a kárpáti térségben való nagyszerkezeti helyzetének vázlatja. *Ált. Földt. Szerle* 8. füzet, 25–45.
- SZÉNÁS, Gy. (1972): The Carpathian system and global tectonics. *Tectonophysics*, 15 (4), 267–286.
- TREUIL, N. (1974): Paper on the EGS Symp., Trieste.
- TRÚMPY, R. (1978): The timing of orogenic events in the Central Alps. In: DE JONG, K. A. and SCHOLTEN, R. (szerk.), Gravity and tectonics. Wiley-Interscience Publ., New York
- TURCOTTE, D., SCHUBERT, G. (1973): Frictional heating of the descending lithosphere. *Journ. Geophys. Res.*, 78., 5876–5886.
- VERMA, R. K. (1976): Előadás az ELTE Geofizikai Tanszékén.
- VITRAC, A., HAMET, J., ALLEGRE, C. J. (1974): Granitization process during orogenesis. Estimation of mantle contribution in continental crust based on Sr 87/Sr 86. Abstracts of the EGS Symp., Trieste
- WEDEPOHL, K. H. (1974): The contribution of chemical data to assumptions about the origin of magmas (a review). *Abstr. of EGS-ESC Symp.*, Gen. 21., Trieste
- WEIN, Gy. (1969): Tectonic review of the Neogene covered areas of Hungary. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 13., 399–436.
- WILSON, J. T., BURKE, K. (1972): Two types of mountain building. *Nature*, 239 (5873), 448–449.
- ZONENSCHEN, L. F., KOVALEVA, A. A. (szerk.) (1974): *Novaja globalnaja tektonika (tektonika plit)*. Izd. Mir., Moskva