

# Lemeztektonikai rekonstrukciók a magmás kőzetek kémiai összetételének vizsgálata útján

ONUOHA K. MOSTO\*

A Kárpát-Pannon térségben található különböző fajta vulkáni kőzetek (diabáz, andezit, dacit, riolit) eredeti tektonikai helyzetének, képződési körülményének azonosítása fontos feladat a tektonikus rekonstrukció során. Ez indokolja e cikk megírását. Összefoglaljuk azokat a fontosabb módszereket, melyekkel a kőzetek fő- és nyomelem-tartalmának alapján a toleitiikus kőzeteket megkülönböztethetjük az alkáli- vagy mész-alkáli kőzetektől és megállapíthatjuk az eredeti képződési hely óceáni, kontinentális vagy szigeti jellegét. Foglalkozunk a javasolt módszerek korlátaival is, hiszen nem mindig valósul meg, hogy a kőzetek az eredeti kémiai összetételüket megőrizzék a geológiai idők folyamán. Alkáli-migráció és kémiai mobilitás egyaránt megváltoztatja a kérdéses kőzet kémiai összetételét.

Többek között a következő diszkriminációs ábrákat és sémákat tárgyaljuk:  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ ;  $\text{Y/Nb}$  arányok;  $\text{Nb/Y} - \text{Zr/P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{Zr}$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^t/\text{MgO}$ ;  $\text{FeO}^t - \text{FeO}^f/\text{MgO}$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{FeO}^f/\text{MgO}$ ;  $\text{Ti} - \text{Zr}$ ,  $\text{Ti} - \text{Zr} - \text{Y}$ ;  $\text{Ti} - \text{Cr}$ ; a ritka földi elemek (REE). Befejezésül a vázolt módszerek néhány alkalmazását mutatjuk be.

В процессе тектонической реконструкции истории Карпато-Паннонского региона важной задачей является исследование условий возникновения и той тектонической ситуации, в которой образовались выходящиеся в этом регионе различные виды вулканических пород (диабаз, андезит, дасит, риолит). Такое исследование и являлось целью настоящей работы. В работе перечислены наиболее важные методы, которые на основании содержания в различных породах главных и редких элементов дают возможность отличить толеитовые породы от щелочных или известковощелочных, а также установить, согласно месту их образования, с какими породами мы имеем дело: с океаническими, континентальными или с породами островных дуг. В работе уделялось внимание также и пределам применимости указанных методов, поскольку далеко не всегда породы сохраняют неизменным свой химический состав на протяжении некоторого геологического интервала времени. В процессе изменения химического состава некоторой породы одинаковую роль играет как миграция щелочных элементов так и химическая мобильность.

Кроме этого, в работе были обсуждены следующие дискриминантные кривые и схемы: отношения  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ ;  $\text{Y/Nb}$ ;  $\text{FeO}^t - \text{FeO}^f/\text{MgO}$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{FeO}^f/\text{MgO}$ ;  $\text{Ti} - \text{Zr}$ ;  $\text{Ti} - \text{Zr} - \text{Y}$ ;  $\text{Ti} - \text{Cr}$ ;  $\text{Nb/Y} - \text{Zr/P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{Zr}$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^f/\text{MgO}$ , и редкоземельные элементы. В заключение была показана возможность использования некоторых из описанных методов.

It is increasingly becoming very important for the purpose of tectonic reconstructions to determine the original tectonic setting of the different volcanic rocks (basalts, andesites, dacites and rhyolites) found in the Carpathian-Pannonian region. This is what has prompted the writing of this article. Here we discuss the more important methods of using the trace and major element contents for separating tholeiitic and calc-alkalic rocks and for determining whether the original tectonic setting of formation was oceanic, continental or related to island arcs. The limitations of the methods are also discussed because it is not always right to assume that the chemical composition of rocks remained unchanged throughout the geological period. Alkalic migration and chemical mobility may change the bulk chemical composition of the rocks in question. The discriminatory diagrams and schemes discussed include:  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ ;  $\text{Y/Nb}$  ratios;  $\text{Nb/Y} - \text{Zr/P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{Zr}$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^f/\text{MgO}$ ;  $\text{FeO}^t - \text{FeO}^f/\text{MgO}$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{FeO}^f/\text{MgO}$ ;  $\text{Ti} - \text{Zr}$ ;  $\text{Ti} - \text{Zr} - \text{Y}$ ;  $\text{Ti} - \text{Cr}$ ; the rare earth elements (REE). The article ends with examples showing some applications of the methods discussed.

\* ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest



A vulkáni kőzeteknek jelentős szerepük van a litoszféra-lemezek múltbeli mozgásának rekonstrukciójában. Információt nyújthatnak az egykor távolodó lemezszegélyek helyéről, lemezeken belüli „hot-spot”-ok helyeiről és azokról a zónákról, ahol szubdukciós folyamatok játszódtak le a múltban. Néhány esetben a vulkáni kőzetek tanulmányozása hasznos információt adhat a litoszféra-lemezek mozgásának sebességéről is, így a tengeri mágneses anomáliákon alapuló hasonló eredményeket kiegészíthetjük.

Úgy látszik, hogy a magmák képződése és felszín alatti eloszlása a Föld asztenoszférájában végbemenő konvekciós áramlásokkal és a lemezek mozgásával van szoros kapcsolatban. Szétnyíló lemezszegélyeknél, ahol extenzív feszültségek uralkodnak (pl. óceáni hátságoknál, marginális tengereknél és kontinentális riftrendszerknél) a magmasorozatok főleg toleiiititek, kontinentális riftek esetén inkább alkáli jellegűek. Szubdukciós zónáknál, ahol a tektonikai feszültségek főleg kompresszív jellegűek, mészalkáli magmasorozatok képződnek uralkodólag a szubdukált lemez felett. Lemezen belüli aktivitás esetén (pl. kratonoknál, óceáni medencéknél) a magmasorozatok alkáli vagy toleiiitikus jellegűek.

Lemeztektonikai nyelven kifejezve a magmaképződési helyek lemezszegélyek, vagy lemezeken belüli helyek lehetnek. A lemezszegélyek vagy akkreációs vagy szubdukciós szegélyek. Mivel a transzform-vetőknél se anyagkeletkezés, se anyagelnyelődés nem történik, magmaképződés sem fordul elő. Magyarán szólva, a többi lemezszegélytől eltérően kizárólag transzform vetőkre jellemző vulkáni kőzetek nem léteznek. Az 1. táblázat összefoglalja a magmasorozatokat osztályozását lemeztektonikai helyzetük alapján, az 1. ábra a magmaképződés és a lemeztektonika kapcsolatát mutatja.

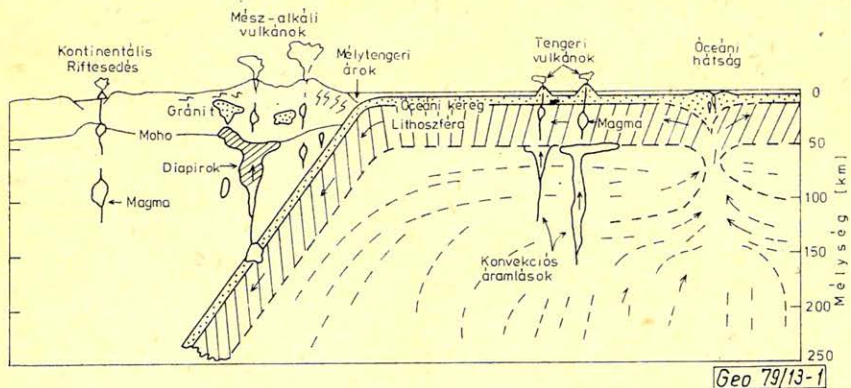
Ha a múltbeli tektonikai környezeteket akarjuk felderíteni vulkáni kőzetek összetételének vizsgálata útján, szükségünk van olyan módszerekre, amelyekkel a különböző magmatípusok szétválaszthatók. Erre a célra a geokémiai módszerek

1. táblázat

Magmasorozatok osztályozása tektonikai helyzetük alapján

TEKTONIKAI HELYZET		MAGMASOROZAT
Akkreációs zónák (óceáni hátságoknál)		Toleiiitikus (K <sub>2</sub> O-ban szegények)
Szubdukciós zónák (konvergáló lemezszegélyek)		Mész-alkáli, szigetívi-toleiiititek, shosonitok
lemezeken belüli területek	Óceáni medencék	Toleiiititek
	Marginális Tengerek	Alkáli, Toleiiitikus (K <sub>2</sub> O-ban szegények)
	Kontinentális Riftrendszer	Toleiiitikus, Alkáli
	Kontinentális Kratonok	Alkáli





1. ábra. Magmaképződés és a lemeztectonika kapcsolata

Рис. 1. Связь между образованием магмы и тектоникой плит

Fig. 1. Connection between magma formation and plate tectonics

a leghatásosabbak. A múlt években néhány szerző a lemeztectonika bizonyos elveit már alkalmazta a pannon területre (Szádeczky-Kardoss, 1973; 1976; Stegena et al., 1975; Horváth et al., 1978; Onuoha, 1978). Nyilvánvaló, hogy a térségben levő magmás kőzetek képződési körülményeinek azonosítása elengedhetetlenül fontos a megbízható lemeztectonikai-paleogeográfiai rekonstrukciókban.

## 2. Magma-típusok megkülönböztetése

Közismert, hogy a bazaltos kőzetek szubmarin mállása, spilitesedése vagy metamorfizmusa folyamán a legtöbb fő- és igen sok nyomelem mobilissá válik. Ezért sok klasszikus bazalt-osztályozási módszer alkalmazhatatlan. Ugyanakkor nem feltétlenül teljesül egy egyszerű kémiai uniformitáriánizmus, vagyis nem biztos, hogy hasonló kémiai összetételű, de jelentősen különböző korú kőzetek hasonló genetikájúak. Ezekből következik, hogy ha a fő- és nyomelemek vizsgálata útján bizonyos módszereket ajánlunk magma-típusok megkülönböztetésére, feltétlenül szükséges azok széles körű ellenőrzése.

A következőkben csak azokkal a módszerekkel foglalkozunk, amelyek sikeresnek bizonyultak. Megemlítjük, hogy a vulkáni kőzetek nyomelem-tartalmának vizsgálata és alkalmazása egyre népszerűbb manapság. Azonban még vannak problémák a mérések pontosságában és kivitelezésében. Magyarországon – bár sok vizsgálat történt – sok érdekes magmás képződmény esetén a megfelelő nyomelem-adatok részlegesek vagy sok esetben hiányosak. Főelemekre vonatkozó adatok viszont majdnem mindig találhatóak, ezért az ilyen adatok felhasználási lehetőségeit hangsúlyozzuk. Természetesen a legmegbízhatóbb tektonikai rekonstrukcióit csak a legsikeresebb magmatípus-diszkrimináció adhatja. Ezt pedig egyedül csak a fő- és nyomelemek együttes alkalmazása biztosíthatja. A geológiai idők során előforduló esetleges változások hatásának elkerülése érdekében az ún. immobilis elemeket használják. A vizsgálatokat azt mutatják, hogy az ilyen elemek (pl. Ti, Zr, Y, K, Cr, P, Nb és a ritka földi elemek – REE) mállás és metamorfizmus esetén is megmaradnak eredeti koncentrációjukban.

### 3. Diszkriminációs ábrák és módszerek

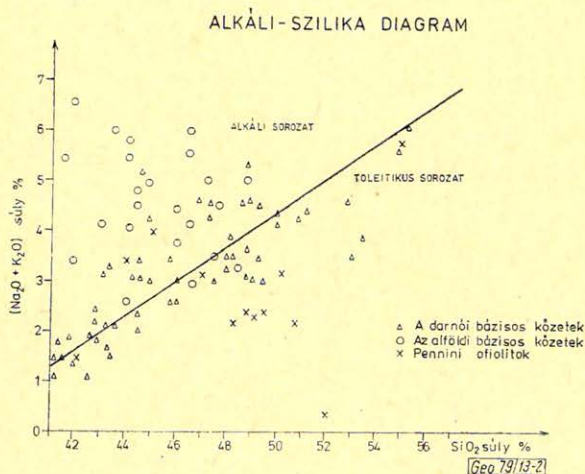
#### 3.1 Alkáli vagy toleitikus jelleg ?

Elsősorban azokat a módszereket tárgyaljuk, amelyekkel az alkáli vagy toleitikus jellegű kőzetek szétválaszthatók. Ezek a módszerek gyakran nem adnak semmilyen információt a lelőhely eredeti tektonikai helyzetére vonatkozóan. Azonban, mint látni fogjuk, némelyik segítségével megállapítható, hogy a már meghatározott alkáli vagy toleitikus jellegű kőzet-sorozat óceáni vagy kontinentális területen képződött-e.

##### 3.1.1 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ (2. ábra).

Ez a nagyon közismert variációs ábra mállott vagy metamorf kőzetekre nem javasolt, friss kőzetek esetén is csak tájékozódásra szolgál. Megadjuk az alkáli és toleitikus tartományt szétválasztó vonal koordinátáit:

$\text{SiO}_2$ , 42%; A, 1,6% és  
 $\text{SiO}_2$ , 52%; A, 5,0% (A =  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ).



2. ábra. Alkáli-szilika diagram.

Рис. 2. Щелочно-силициевая диаграмма

Fig. 2. Alkali-silica diagram.

##### 3.1.2 Y/Nb arány

Alkáli kőzetekre ez az arány általában 1-nél kisebb, toleitikus kőzetekre 2-nél nagyobb szám (Pearce és Cann, 1973). Természetesen előfordulhat, hogy az arány egy kőzetsorozatra 1 és 2 közé esik. Az ilyen átmeneti érték esetén az Y/Nb arány alapján nem lehet egyértelműen eldönteni a kőzetsorozat hovatartozását. Tipikus óceánfenéki bazaltokra az Y/Nb arány 5-nél nagyobb szám.

##### 3.1.3 Nb/Y - Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

A tapasztalatok szerint toleitikus kőzetekben a Nb/Y arány 1,2-nél kisebb, míg a Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arány széles határok között változik. Ezért a toleitikus kőzetek vízszintes tengellyel (Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) közel párbuzamos görbét adnak. Alkáli kőzetek esetén viszont meredek görbe körül vannak a pontok, mivel a Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 10<sup>-4</sup> arány általában 0,06-nál kisebb a különböző, széles határok között változó Nb/Y arányok mellett.



### 3.1.4 TiO<sub>2</sub> – Zr

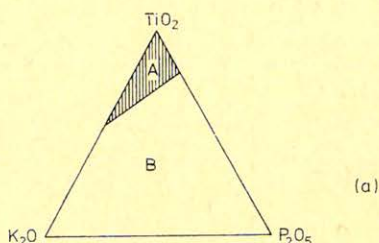
Az alkáli vulkáni kőzetek TiO<sub>2</sub> tartalma meglehetősen állandó, a Zr értékek széles tartományon belül változnak. Toleiitikus kőzetek esetén a TiO<sub>2</sub> értékek arányosan változnak a Zr értékekkel. Általában óceáni toleiititikekre a TiO<sub>2</sub> – 10<sup>4</sup>/Zr érték 150 körül van. Kontinentális kőzetek esetén a TiO<sub>2</sub> – 10<sup>4</sup>/Zr érték 70 és 200 között változhat (Floyd és Winchester, 1975).

### 3.2 TiO<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>O – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (3.a ábra).

Ez a diszkriminációs diagram főleg primitív vagy primér bazaltokra hatásos. Ha a vizsgált kőzetsorozatban a totális alkáli-tartalom túlhaladja a 20%-ot, az eredmény bizonytalan. Szükséges egy AFM (Alkali – FeO – MgO) diagram segítségével kiszűrni a nem kívánt adatokat. A TiO<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>O – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> diagram alapján a kontinentális bazaltokat szétválaszthatjuk az óceáni bazaltoktól. Az elválasztó vonal (lásd 3.a ábrát) pontos koordinátái:

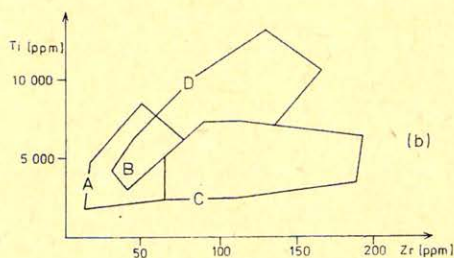
TiO<sub>2</sub>: 54,5%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0% és  
TiO<sub>2</sub>: 79,6%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 20,4%

### Diszkriminációs ábrák



### 3. ábra: Diszkriminációs ábrák

- (a) TiO<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>O – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ábra; A = óceáni bazaltok, B = kontinentális bazaltok;  
(b) Ti – Zr ábra; a betűk magyarázata a szövegben található;  
(c) Ti × 10<sup>-2</sup> – Zr – Y × 3 ábra; a betűk magyarázata a szövegben

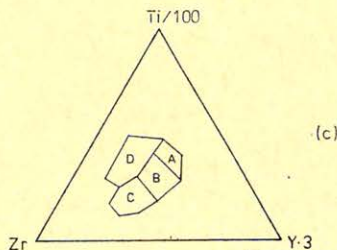


### Рис. 3. Дискриминационные кривые

- a) Кривая TiO<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>O – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; А – океанские базальты, В – континентальные базальты;  
в) Кривая Ti – Zr; объяснение обозначений – в тексте статьи;  
с) Кривая Ti × 10<sup>-2</sup> – Zr – Y × 3; объяснение обозначений в тексте статьи

### Fig. 3. Discrimination diagrams

- (a) TiO<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>O – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> figure: A = oceanic basalts, B = continental basalts;  
(b) Ti – Zr figure; explanation of letters s. in the text;  
(c) Ti · 10<sup>-2</sup> | Zr – Y · 3 figure: explanation of letters s. in the text



Geo 79/13-3

### 3.3 FeO<sup>t</sup>/MgO arány felhasználása (FeO<sup>t</sup> = FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

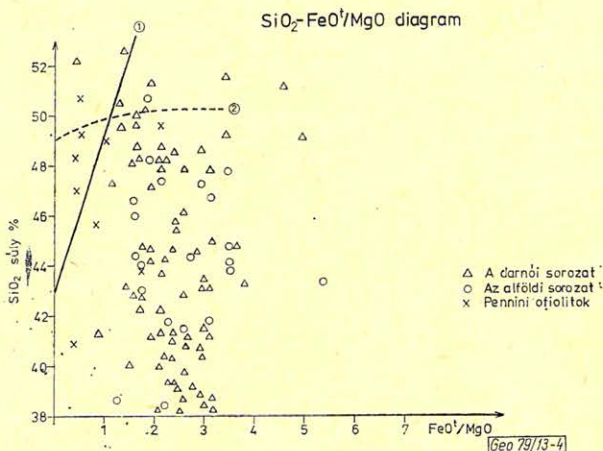
Az FeO<sup>t</sup>/MgO arány megmutatja a frakcionális kristályosodás mértékét (Miyashiro, 1973). A következő variációs ábrák esetén a megfelelő elválasztó vonalak helyei a konkrét példánknál láthatók.

3.3.1 SiO<sub>2</sub> – FeO<sup>t</sup>/MgO (4. ábra)

3.3.2 FeO<sup>t</sup> – FeO<sup>t</sup>/MgO (5. ábra)

3.3.3 TiO<sub>2</sub> – FeO<sup>t</sup>/MgO (6. ábra)

Az ábraszorozat segítségével megállapíthatjuk, hogy a vizsgált vulkáni sorozat differenciálódási és frakcionációs menetei az óceánfenéki (abisszális) toleitiitekhez, a mész-alkáli sorozatokhoz, vagy a szigetívi toleitiitekhez hasonlítanak-e jobban.



4. ábra. SiO<sub>2</sub> – FeO<sup>t</sup>/MgO diagram

számok: 1 = alkáli-toleitiitikus sorozatok elválasztó vonala 2 = abisszális toleitiitek menete

Рис. 4. Диаграмма SiO<sub>2</sub> – FeO<sup>t</sup>/MgO

числа: 1 – линия разделения щелочно-толеитовых рядов; 2 – ход абиссальных толеитов

Fig. 4. SiO<sub>2</sub> – FeO<sup>t</sup>/MgO diagram

1 = dividing lines between alkali and tholeiitic series 2 = march of abyssal tholeiites

### 3.4 A Ti, Zr, Y, Cr és Sr felhasználása

3.4.1 Ti – Zr (3.b ábra)

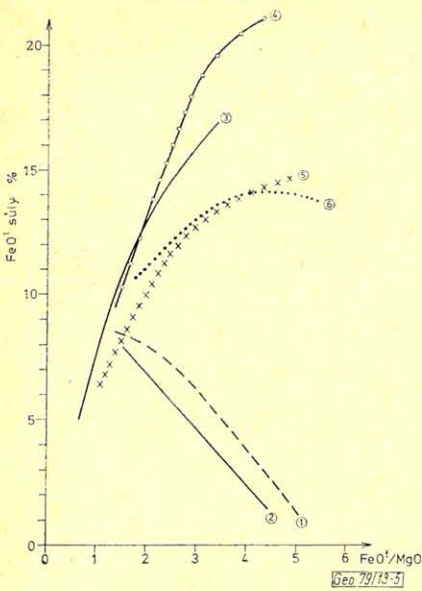
A szigetívekhez kapcsolódó K<sub>2</sub>O-ban szegény toleitiitek az A és B mezőre, a mész-alkáli kőzetek a B és C mezőre, az óceánfenéki bazaltok a B és D mezőre esnek (Pearce és Cann, 1973).

3.4.2 Ti – Zr – Y

A gyakorlatban a (Ti × 10<sup>-2</sup> – Zr – Y × 3) összefüggést ábrázolják (3.c ábra). Itt a szigetívi K<sub>2</sub>O szegény toleitiitikus kőzetek szintén az A és B mezőre, a mész-alkáli kőzetek a B és C mezőre, az óceánfenéki bazaltok viszont a B mezőre esnek. Általában a kontinentális lemezekben belül képződött bazaltok a D mezőre esnek. A 3.4.1 és 3.4.2 variációs ábrát az átfedés miatt együttesen kell alkalmazni. Célszerű előbb az Y/Nb próbát alkalmazni, így eldönthetjük a kérdéses kőzet-sorozat alkáli vagy toleitiitikus jellegét.



A  $FeO^t - FeO^f/MgO$  ábra



5. ábra:  $FeO^t - FeO^f/MgO$  diagram

számok: 1 = alkáli-tolejitikus sorozatok határa, 2 = (Japán) szigetívek menete, 3 = abisszális tolejititek menete, 4 = a darnói ofiolit sorozat menete, 5 = az álföldi bázisos kőzetek menete, 6 = Izu Bonnon szigetívek menete

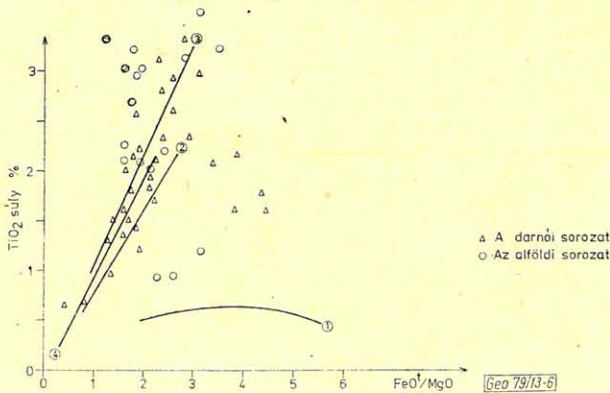
Рис. 5. Диаграмма  $FeO^t - FeO^f/MgO$

числа: 1 – граница щелочно-толеитовых рядов; 2 – Ход островных дуг (Япония); 3 – ход абиссальных толеитов; 4 – ход офиолитовых рядов Дарно; 5 – ход основных пород Венгерской Равнины; 6 – ход островных дуг Изу-Боннон

Fig. 5.  $FeO^t - FeO^f/MgO$  diagram

1 = boundary of alkalic-tholeiitic series; 2 = march of (Japanese) island arcs; 3 = march of abyssal tholeiites; 4 = march of the Darnó ophiolitic series 5 = march of the basic rocks of the Great Hungarian plain; 6 = march of the Izu-Bonon island-arcs.

A  $TiO_2 - FeO^f/MgO$  diagram



6. ábra:  $TiO_2 - FeO^f/MgO$  diagram

számok: 1 = a szigetívek menete, 2 = óceánfenéki bazaltok, a DSDP eredményei alapján, 3 = bazaltok és lávák a jugoszláv Karadagh ofiolit masszívumból, 4 = a pennini ofiolitok menete

Рис. 6. Диаграмма  $TiO_2 - FeO^f/MgO$

числа: 1 – ход островных дуг; 2 – базальты океанского дна на основании результатов DSDP; 3 – базальты и лавы из югославского офиолитового массива Карадаг; 4 – ход пеннинских офиолитов

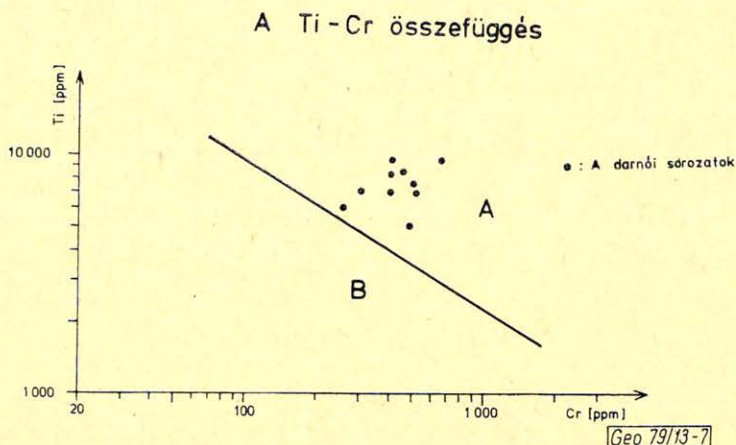
Fig. 6.  $TiO_2 - FeO^f/MgO$  diagram

1 = march of the island arcs; 2 = basalts of the ocean floor according to the DSDP results 3 = basalts and lavas from the Jugoslave Karadagh ophiolite massive; 4 = march of the Penine ophiolites.

### 3.4.3 Ti-Cr

Mivel a toleitikus bazaltok úgy az óceánfenéken, mint a szigetíveken megtalálhatók, a Ti-Cr összefüggés (7. ábra) különösen hasznos a két tektonikai környezet szétválasztására (Pearce, 1975). Az ábrázolás log-log skálán történik. Az elválasztó vonal koordinátái:

Ti: 9500; Cr: 100 és  
Ti: 2600; Cr: 800.



7. ábra: Ti-Cr összefüggés

A = óceánfenéki bazaltok; B = szigetívi  $K_2O$ -ben szegény toleititiek

Рис. 7. Зависимость Ti-Cr

A - базальты океанского дна; B - толеиты островных дуг с малым содержанием

Fig. 7. Ti - Cr - connection

A = ocean floor basalts; B = island arc tholeiites poor in  $K_2O$

### 3.4.4 Sr 87/Sr 86

Az orogén területekre jellemző bazalt - andezit - dacit - riolit sorozatokra ez az arány általában 0,703 és 0,707 között változik, átlagosan 0,704. Óceáni toleititiek esetén az arány ritkán esik a 0,7025 - 0,7030 határon kívül (Ringwood, 1975).

### 3.5 A ritka földi elemek (REE)

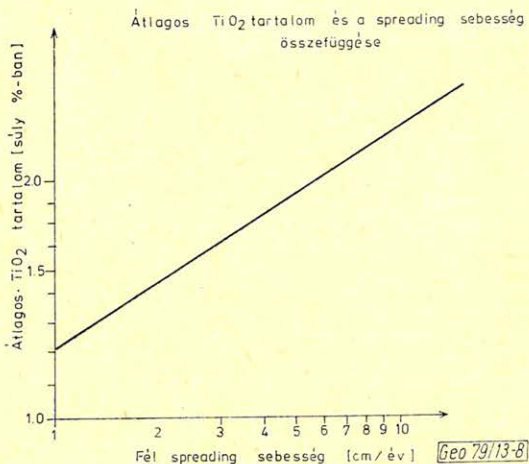
A toleitikus menetet követő orogén vulkáni sorozatokban a ritka földi elemek általában 5-20-szor kondritikus relatív mennyiséget mutatnak. Tipikus mész-alkáli kőzeteken a ritka földi elemek általában erősen frakcionáltak. A könnyű ritka földi elemek (La, Ce, stb.) a 30-50-szer kondritikus szinteken vannak andezites mész-alkáli kőzetekben; míg a nehéz ritka földi elemek (Yb, Lu, stb.) pedig csak 10-szer kondritikus mennyiségben vannak jelen.

### 3.6 „Spreading” sebességek meghatározása

Nisbet és Pearce (1973) megmutatta, hogy valódi óceánfenéki bazaltokra meg lehet állapítani az eredeti spreading-sebességet a bazaltok átlagos  $TiO_2$



tartalma alapján (8. ábra). Egy bazalt-komplex átlagos  $TiO_2$  tartalmának kiszámítása statisztikai úton történik; a  $TiO_2$  tartalom általában a log-normális eloszlást mutat. Ezzel a módszerrel nagyon pontos spreading sebességértékek nem várhatók, ennek ellenére a módszer hatásos kis és nagy sebességgel szétsodródó hátságok szétválasztására.



8. ábra: Átlagos  $TiO_2$  tartalom és a spreading sebesség összefüggése.

Рис. 8. Зависимость между осредненным содержанием  $TiO_2$  и скоростью спрединга

Fig. 8. Connection between average  $TiO_2$  content and spreading velocity.

#### 4. Példák

A 2., 4., 5 és 6. ábrák alapján világosan látszik, hogy a Darnó-vonal menti bázisos és ultrabázisos kőzetek, valamint az alföldi mezozoós bázisos kőzetek differenciálódási és frakcionációs menetei jól követik az abisszális toleititek menetét. Mivel ezek ma kontinentális kérgen találhatóak, a geokémiai adatok ezen mezozoós magmatitok allochton jellegére mutatnak. A darnói sorozat vizsgálatának leírása, valamint az abból vonható érdekesebb tektonikai következtetések máshol találhatóak (Onuoha, 1977, 1978). Sokkal kevesebb adat áll rendelkezésünkre az alföldi bázisos kőzetekre. Az ábrák szerkesztésére alkalmazott adatokat Juhász és Vass (1974) közölte. Látható az ábrákon, hogy a darnói és az alföldi sorozatok között némi különbség van. Az alföldi sorozatok kissé alkalikusabbak. Valószínűnek látszik, hogy különböző genetikájú a két sorozat. Az alföldi bázisos sorozatok hasonlóságát a Maros-menti és a Vardar-zónabeli ofiolitokkal Szepesházy (1977) már említette. A Pelagóniai és szubpelagóniai övben található ofiolitok kémiai jellegét és eredeti tektonikai helyzetét sokan kutatták (pl. Miyashiro, 1977; Bebieu, 1977). Úgy tűnik, hogy a térségben található ofiolitok egy része szigetívek közelében képződött. Amíg a darnói sorozatok tipikus óceánfenéki bazaltokra emlékeztetnek, úgy tűnik, hogy az alföldi sorozatok képződése marginális tengerben vagy szigetívek közti (interarc) öbölben történhetett.



A magmás kőzetek geokémiájának tanulmányozása igen fontos, de bonyolult téma; még mindig nem tudunk eleget bizonyos elemek viselkedéséről különböző kényszerhatások folyamán. Az andezitek keletkezésének pontos mechanizmusa sem lezárt téma és a szigetívek pontos mélyszerkezetéről sem tudunk eleget. Nagyon óvatosnak kell lenni a vázolt sémák alkalmazásában. Nehéz lenne megmondani, hány sémát kell használni a sokból, mielőbb megbízhatónak tekinthetjük az eredményt. Mindenesetre jó néhány kell, attól függően, hogy milyen adatok állnak rendelkezésünkre. Ha például csak a főelemekre vannak adataink, akkor a  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ ;  $\text{TiO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}'/\text{MgO}$ ;  $\text{FeO}' - \text{FeO}'/\text{MgO}$ ; és a  $\text{TiO}_2 - \text{FeO}'/\text{MgO}$  összefüggések alapján elvileg mindent megállapíthatunk. Ha adatok vannak a megfelelő nyomelemekre, akkor az Y/Nb arány, Ti-Zr-Y, Ti-Cr és esetleg a Sr 87/Sr 86 sémák elegendők lennének. Legkedvezőbb esetünk akkor lesz, amikor a nyom- és a főelemek, valamint a ritka földi elemek megegyező információkat adnak a kőzet-sorozat eredetéről.

Jelenleg sok a tennivaló Magyarországon e témával kapcsolatban. Az alföldi bázisos sorozatokra semmilyen nyomelem-adatunk nincsen. A kőzetek eredeti helyzetéről vagy képződéséről csak akkor lesz világosabb képünk, ha ezt a hiányt pótoljuk. A Kőszeg-Rohonc térségben található metamorfizált zöldkővek, bazaltok genetikai összefüggése a pennini ablakokban található ofiolitos metamorf palákkal (Büdeni sorozatokkal) alig vitatható manapság. A geokémiai adatok azt mutatják, hogy a pennini ofiolitok valódi óceánfenékmarradványok (Pearce és Cann, 1973; Dietrich és Öberhänsli, 1976). Ennek az eredménynek fontos következménye van a magyar terület felépítésére is. Igen fontos feladat a mecseki alkáli bazaltok eredeti tektonikai helyzetének pontos felderítése; a javasolt módszerek alkalmazása sokat segíthet. A Kárpát-Pannon terület lemeztektonikai fejlődésének modellezésében a területen előforduló magmás kőzetek részletes geokémiai vizsgálatát fontos feladatnak tartjuk.

## IRODALOM

- Bebien, J.: Mafic and ultramafic rocks associated with granites in the Vardar zone. *Nature*, 270, 232–234, 1977.
- Dietrich, V. és Oberhänsli, R.: Der Gabbro der Jufer-Horen (Avers, GR). *Schweiz-Mineral Petrogr. Mitt.* 56, 481–500, 1976.
- Floyd, P. A. és Winchester, J. A.: Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 27, 211–218, 1975.
- Horváth F., Vörös A., Onuoha K. M.: Plate tectonics of the Western Carpatho-Pannonian region: a working hypothesis. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.* (megjelenés alatt), 1978.
- Juhász A., Vass G.: Mezozoische Ophiolite im Beckenuntergrund der Grossen Ungarischen Tiefebene. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.* 18(3–4), 349–358, 1974.
- Miyashiro, A.: The Troodos ophiolitic complex was probably formed in an island arc. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19, 218–224, 1973.
- Miyashiro, A.: Subduction-zone ophiolites and island-arc ophiolites. Az „Energetics of geological processes“ c. könyvben; szerzők: S. K. Saxena és S. Bhattacharyya, Springer-Verlag, 1977.
- Nisbet, E. és Pearce, J. A.:  $\text{TiO}_2$  as a possible guide to past spreading rates. *Nature*, 246, 468–469, 1973.
- Onuoha, K. M.: Tectonic significance of some geochemical data associated with the ophiolites of the Darnó megatectonic line. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.* 21(1–3), 133–141, 1977.
- Onuoha, K. M.: A darnói nagyszerkezeti öv lemeztektonikája. Egyetemi doktori dolgozat, ELTE, Budapest, 1978.
- Pearce, J. A. és Cann, J. R.: Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet. Cci. Lett.*, 19, 290–300, 1973.



- Pearce, J. A.: Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus. *Tectonophysics*, 25, 41 – 67, 1975.
- Ringwood, A. E.: Composition and petrology of the Earth's mantle. McGraw-Hill Book Co., New York, 232 – 240, 1975.
- Stegena L., Géczy B., Horváth F.: Late cenozoic evolution of the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 26, 71 – 90, 1975.
- Szádeczky-Kardoss E.: A Kárpát-Pannon terület szubdukciós övezetei. *Földt. Közl.*, 103, 224 – 244, 1973.
- Szádeczky-Kardoss E.: A mediterrán típusú lemeztektonika. *MTA X. Osztályának Közl.* 9(1–2), 47 – 82, 1976.
- Szepsesházy K.: Az Alföld mezozoós magmás képződményei. *Földtani Közl.* 107(3–4), 384 – 397, 1977.

## Lapszemle

**Geonomia és Bányászat** 11. köt., 3–4. sz. 1978.

Martos Ferenc: A Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának tevékenységéről, 137 – 156. old.

Kapolyi László: Komplex ásványvagyon-gazdálkodás, 159 – 176. old.

Alliander Ödön: Nagymélységű szénhidrogéntelepek kutatása és termelése, 185 – 201 old.

A cikk áttekintést ad a kérdéscsoport hazai fejlődéséről, jelenlegi állásáról és kilátásairól. Bevezetőben a hazai fúrás tevékenység rövid jellemzése után megadja a nagymélységű fúrások ma elfogadott definícióját: a világstatisztikában a 4575 méternél mélyebb fúrásokat tekintik nagymélységűeknek, míg a KGST-ben a következő felosztást fogadták el: 3000 méternél mélyebbek a „mélyfúrások”, 4500 méternél mélyebbek a „nagymélységű fúrások”, újabban a 6100 méternél mélyebb fúrásokat „ultranagymélységű” fúrások névvel tartják nyilván.

A szerző leszögezi, hogy az eddigi adatok alapján a nagymélységű fúrás tevékenység hazánkban is – éppúgy, mint világszerte – a kitermelhető szénhidrogénkészletek növelésének sokat ígérő lehetősége, melynek kihasználása nagy jelentőségű, el nem adázható feladat. Az alapos cikket részletes irodalom-felsorolás egészíti ki.

Koncz István – Szalay Árpád – Szentgyörgyi Károly: A szénhidrogén-prognózis módszertani kérdéseiről, 203 – 216. old.

Boldizsár Tibor: Geotermikus energiatermelés Magyarországon I. Rész: A Pannon-medence geotermikus anomáliája, 233 – 254. old.

A Pannon-medence hőáramviszonyainak – elsősorban saját mérési, illetve vizsgálati alapján történő – jellemzése után a szerző leszögezi, hogy a medence feltűnően nagy hőáramának felfedése adta kezébe a kulcsot a medence különleges kéreg- és köpenyszerkezetének egységes magyarázatához. A kifejlett elmélet bizonyos mértékben szembeállítja az új lemeztektonika megfontolásaival, bár leszögezi, hogy az általa „kéreg alatti izosztatikusszilikátikus plasztikus folyásnak nevezett jelenség és a globális tektonikában definiált szubdukció azonos fogalmak, egymással ellentétben nincsenek, ha a szubdukciót nem a kéregre, hanem a részben olvadt szilikátköpenyre értjük”. Ugyancsak leszögezi a szerző, hogy „Konvekciós áramok, plume-ok, sódiapir jellegű feláramlások és ehhez hasonló a divatos, de nem bizonyítható fogalmak nem mások, mint a folyadékok mechanikája fogalmainak mértéktelen extrapolációi, melyek a felső köpeny rugalmas szilikátjaira nem alkalmazhatók.”

Következtetésként megállapítja a dolgot, hogy a Pannon-medence geotermikus anomáliájára kielégítő magyarázatot ma még nem tudunk adni.

Érdekes megemlíteni, hogy a szövegben hivatkozott számos – bizonyos mértékben kifogásolt tartalmú – cikk az irodalmi felsorolásban nem szerepel.

Korim Kálmán: A hazai hévíz-előfordulások hidrogeológiai alapjai, 255 – 275. old.

Benkő Ferenc: Természeti környezet – természeti erőforrások – Geonomia, 277 – 293. old.

Ádám Antal: Az elektromos vezetőképesség és az asztenoszféra fizikai állapota közötti kapcsolatról (Az asztenoszféra-kutatás 25. évfordulója B. Gutenberg emlékére), 308 old. Összefoglaló előadás az IAGA „Elektromágneses indukció a Földben és a Holdon” c. 4. Workshop-ján Murnauban, 1978 szeptemberében.

Somogyi József: A geodézia szerepe a geodinamikában, 309 – 314. old.

Stegena Lajos: A világ földtudományi térképezése, 315 – 339. old.



# Könyvszemle

*A Magyarországon megjelent földtani irodalom Szakbibliográfiája 1969 – 1971.* Kiadja a Magyar Állami Földtani Intézet. Főszerkesztő: Pálmai József. 1977. 272 old.

A számítógépes szakirodalom feldolgozási módszer alkalmazásával készült kísérleti kiadvány a MÁFI Információs Csoportjánál begyűjtött és az 1969 – 71-es évekre vonatkozó anyagot tartalmazza, de egyelőre a MÁFI és MÁELGI kiadványai nélkül, mert ezek egy később megjelenésre kerülő kötetben fognak szerepelni. (Ezt a hiányt az 1978-ban, tehát a szóban forgó múnél később megjelent és egy korábbi évre, az *1968-as évre* vonatkozó kötetben pótolták. Ugyancsak ott pótlódott a feldolgozásra került magyar folyóiratok jegyzékében eladdig nem szerepelt Magyar Geofizika, de még mindig hiányzik pl. az Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának ideigen nyelvű folyóirata, az *Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica.*)

A kiadvány feldolgozási rendszere a GEOFOND által kialakított 19 témakör szerint csoportosítja a publikációkat. Véleményünk szerint azonban ez a rendszer ma már módosításra szorul, ha az előszóban a szerkesztő által kiemelt célt: „a gyors, témaorientált tájékozódást” lehetővé akarjuk tenni. Így pl. az utóbbi évek fejlődése akkora súlyt adott a „geotermikának”, hogy indokolt volna számára külön csoportot felállítani.

A fentiek megírása után került kezünkbe a sorozat további folytatását képező és időben visszafelé menő 1968-as, 1967-es és 1966-os kötet: sajnos, ezekben a fentebb hiányzóként említett folyóiratok tekintetbevételre nem történt meg, illetve nem folytatódott.

T. G.

**L. Rybach – L. Stegena** (szerkesztők): *Geothermics and geothermal energy* (Geotermika és geotermális energia), a *Pure and Applied Geophysics* különszáma (Pageoph., Vol. 117.) Birkhäuser Verlag, Basel és Stuttgart. 1 – 342 old.

A földi hőenergia iránti érdeklődés az utóbbi évek folyamán hatalmasan megnövekedett. Napjaink energiaválságának orvoslásánál a földi hőenergia felhasználása kecsesítő kilátásokkal bíztat és hazánk éppen azon kevés ország közé tartozik, ahol ebben az irányban már eddig is eredmények voltak felmutathatók. Természetes tehát, hogy vezető geofizikai folyóiratok egyre többen és sűrűbben szentelnek teret a geotermikával kapcsolatos tudományos problémák tárgyalásának s számos külön szám jelenik meg ilyen céllal.

A sorba felcsatlakozott az egyik elsővonalbeli geofizikai folyóirat, a *Pageoph* (Pure and Applied Geophysics) is a fentebb jelzett külön szám megjelenetésével, melyet azután a kiadó cég külön könyv alakjában is közreadott. A kötet összeállítói magyarok: Stegena Lajos és Rybach László (Zürich). A kiadvány azokat az előadásokat tartalmazza, melyeket a Durham-ben, 1977 augusztus 9. és 19. között tartott nemzetközi Konferencia keretében rendezett: „Joint Symposium: Geothermics and Geothermal Energy” (1977. augusztus 11 – 12.) alkalmával tartottak. A konferencia bevezető előadását a Nemzetközi Hőárambizottság elnöke, L. Ljubimova tartotta „A Föld hővesztesége” címmel.

A Szimpóziumon 44 előadás hangzott el, illetve került bejelentésre; ezek közül a kiadvány 31-nek a szövegét tartalmazza. Magyar részről a következő előadást tartották: **F. Horváth – L. Bodri – L. Stegena**: The heat anomaly of the Pannonian Basin and its tectonophysical background (nem ebben a kötetben, hanem másutt jelent meg).

Az előadások közül magyar szempontból figyelemre tarthatnak számot a következők:

**V. Cermák – E. Hurtig**: Európa hőáramlásának előzetes térképe és annak néhány tektonikai és geofizikai velejárója.

**R. I. Kutas – E. A. Ljubimova – Ya. B. Smirnov**: Az USSR európai részének hőáramtérképe.

**J. Majorowicz**: Köpeny-hőáramlás és geotermák a középeurópai nagyobb tektonikai egységek számára.

**C. Demetrescu**: Néhány romániai tektonikai egység geotermális rezsimerő.

Több előadás foglalkozott egyes vidékek (a fentiekben kívül Itália, Egyiptom, Brazília, a Mediterrán-medence, Japán stb.) geotermális viszonyaival, számos előadás elméleti kérdéseket tárgyalt és általános érdeklő megfigyelésekről és mérésekről számolt be, több cikkben pedig az ipari hasznosítás kérdése is napirendre kerültek.

A kiadvány, melynél az SI egységrendszer már alkalmazásra került, jó betekintést nyújt a geotermika és a geotermális energia felhasználásának korszerű állásába.

T. G.