

## PALEOTEKTONIKAI REKONSTRUKCIÓ KÖZÉP- ÉS KELET- EURÓPAI VARISZKUSZI GRANITOIDOK KORRELÁCIÓJA ALAPJÁN

Kárpát medence két nagyszerkezeti egységből áll, amit egy ÉK-DNy irányú töréses zóna választ el egymástól (u. n. közép-magyarországi szerkezeti öv). A zónától DK-re a Tisza ÉNy-ra az ALCAPA (Alp-Kárpát-Pannon) Nagyszerkezeti Egység helyezkedik el. Az előző a variszkuszi orogén öv moldanubikumi zónájában képződött.

### TISZA NAGYSZERKEZETI EGYSÉG (TNE)

TNE kb. 100 000 km<sup>2</sup> kiterjedésű litoszféra lemez, ami magába foglalja Magyarország D-i, Horvátország ÉK-i, Szerbia É-i és Erdély Ny-i részét. Határai a közép-magyarországi szerkezeti zóna, a Száva-Moslavima-Zombor-Bečej-Lipova szerkezeti vonal, a Srem-Mureş ofiolitos öv és a Someş törésvonal. A TNE több szerkezeti egységre és alegységre osztható. A Kárpát medencét alkotó TNE-et vastag fiatalabb üledékek fedik. Az eredeti komplexumot a tektonikai mozgások jelentősen átalakították. Az u.n. „stabil” Európa variszkuszi orogén öv moldanubikumi zónájáról a triász vége és a kréta eleje között vált le és mint független szerkezeti egység késő kréta és kora miocén között komplex rotációval foglalta el a jelenlegi helyét. A komplexum metamorf kőzeteikben számos különböző variszkuszi korú és típusú granitoid pluton van.

#### A. Kunsági Szerkezeti Egység

##### 1. Mórágai Alegység

Ebben az alegységben előforduló granitoidok cirkon U/Pb kristályosodási kora 350-340 m. é. A kristályos komplexumban három magmás kőzettípus különíthető el: 1. bázisos kőzetzárványok (enclaves), kőzetanalóg *monzonit*, *kvarcmonzonit* ritkábban szienit. Ásványos összetételük: Fe-diopszid, Mg-amfibol (aktinolit), mészkalkáli jellegű flogopitos biotit, zónás „atoll” jellegű labradorit-oligoklász és közel max. mikroclin, kevés többnyire hullámos kioltású kvarccal 2. *mikroclin megakristályos kvarcmonzonit és monzogránit*: kevés amfibol, sok Mg-gazdag mészkalkáli jellegű biotit, andezin-oligoklász, közel max. mikroclin és hullámos kioltású kvarc-tartalmú kőzet. Ez a legelterjedtebb kőzettípus, ebben vannak az igen változatos méretű (néhány cm-től néhány száz méter) bázisos kőzetzárványok. 3. *mikrogránit* telér formájában fordul elő: albit-oligoklász, mikroclin, Fe-dús biotit, kevés muszkovit és kvarc-tartalmú.

A bázisos zárványok és az intruzió tömegét alkotó mikroclin megakristályos granitoid között van egy átmeneti u.n. hibrid kőzettípus, aminek az összetétele *szienit*, akcesszóriákban igen gazdag, RFF-ben dús (800g/t).

A granitoid és a bázisos zárványok egyaránt gazdagok járulékos ásványokban. A mikroclin megakristályos kvarcmonzonit és monzogránit nagy mennyiségben tartalmaz allanitot, zónás cirkont, zónás, zömök prizmás fluor - apatitot, tóritot. Az amfibol gazdag bázisos zárványban sok a titanit, a tús apatit, cirkon és kevés kromit, tórit. A bázisos

zárványokban az apatit tús megjelenése a gyors lehűlést jelzi, a kis mangán és jelentősebb könnyű RFF különösen nagy Ce-tartalom a nagyobb kristályosodási hőmérséklettel járó nagyobb oxigénfugacitás következménye, mivel az oxidált Mn nem, míg a Ce oxidatív körülmények között kristálykémiai okok miatt beépül az apatit szerkezetébe. A kőzetek gazdagok RFF-ben a RFF-tartalmú járulékos ásványok dúsulása miatt (bázisos zárvány: 450g/t, granitoid: 270g/t). Az allanit a legjellegzetesebb RFF-dús akcesszória, ami nagy hőmérsékleten Ca-dús közegben ( $D=Na+K+2Ca/Al(Si+Al)=1-3$ ), metaluminium (ASI=0.5-1.1) jellegű magmából kristályosodott nagy oxigénfugacitásnál. A kis iniciális Sr arány ( $^{87}Sr/^{86}Sr_{(340)}=0.7091-0.7066$ ), az átmeneti  $\epsilon Nd$  (-5.1 és -4.36 között), az alacsony  $\delta O^{18}$  (7.8-9.7‰), az amfibol jelenléte köpeny-kéreg eredetű olvadékok keveredéséből történt magmás kristályosodást jeleznek. Izotóparányok vonatkozásában nincs különbség a bázisos zárványok és a bezáró granitoid között. Feltehetően ezek a granitoidok két kontinentális kéreg ütközési zónájában felboltozódott köpeny és kontinentális kéreg parciális olvadékaiból kristályosodtak. A köpeny komponens lamprofir jellegű durbachit, a kéreg összetevő magmás kőzetek újra olvadásából kristályosodott monzonit, monzogranit u.n. I-, allanit-típusú, K-Mg gazdag granitoid. Az aránylag kis SiO<sub>2</sub>-tartalomhoz tartozó nagy K-tartalom részben a köpeny régebbi szubdukció eredményeként bekövetkezett K dúsulásával, részben K-metaszomatózissal értelmezhető, ez utóbbinak számos kőzetszöveti bizonyítéka van, pl. amfibol biotitosodása, plagioklász mikroklinesedése, az oldatok hatását jelzi az allanit gyakori RFF karbonáttá történt átalakulása.

### **Metaluminiumos granitoidok az európai variszkuszi orogén öv moldanubikumi zónájában**

**Központi Bohémiai Plutonok (KBP) (Csehország) és Dél Bohémiai Plutonok (DBP) (Ausztria):** Ezekben a plutonokban számos granitoid intrúzió fordul elő, amik kor és ásvány-, kőzettani, geokémiai vonatkozásban hasonlítanak a mórággy granitoidokra. Ilyenek KBP-ban a Tabor és Čertovo Bremeno környéki intrúziók vagy a DBP-ban a rastenbergi és Trebič környéki köpeny-kéreg eredetű nagy K- és Mg-tartalmú, lamprofir affinitású, durbachit jellegű granitoidok. Ezek az intrúziók megtalálhatók a moldanubikumi zóna nyugati felében is pl. Fekete-erdőben, Vogézekben és a Francia-középhegységben is.

## **B. Békési Szerkezeti Egység**

### **1. Battonyai Alegység**

TNE DK-i övében fiatalabb (K/Ar biotit, muszkovit kor:340-290 m.é., monacit Pb/Th kor:306-336 m. é.) granitoid intrúziók fordulnak elő.

A Battonya környékén kétféle granitoid különíthető el: 1. feltehetően kőzetzárványként előforduló metaluminium (ASI=0.8) jellegű, Mg-hornblende gazdag *kvarcmonzodiorit* Mg-gazdag mészkalkali jellegű biotittal és zónás andezin-oligoklásszal, kevés mikroklinnel és kvarccal. Akcesszóriák: tús Mn-szegény apatit, cirkon és igen ritka monacit. Nagy a  $\Sigma RFF$ -tartalom (250g/t), a sok plagioklászból eredően a negatív Eu-anómia kicsi ( $Eu/Eu^*=0.91$ ). A kis iniciális Sr-arány alapján köpenyeredet

feltételezhető ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(310)}=0.7052$ ). 2. *kétsillámú és muszkovit granodiorit-gránit* peraluminium jellegűek (ASI=1.3). Kis  $\Sigma\text{RFF}$ -tartalmú (90g/t) változékonnyal negatív Eu anomáliával ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.62-0.93$ ). A biotit Fe-gazdag peraluminium jellegű, gyakori a Ti-Na-Al-gazdag elsődleges muszkovit. A plagioklászok enyhén zónásak (mag: oligoklász, perem: albit). Gyakori a max. mikroklin és a hullámos kioltású kvarc. A leggyakoribb akcesszórius ásvány a monacit ( $D_{\text{kőzet}}=0.9$ ) ritkább a xenotim, cirkon. A nagyméretű zömök prizmás fluor-apatit gyakran tartalmaz monacit, cirkon zárványokat. Mn-tartalmuk nagy (Mn redukív környezetben a Ca-ot helyettesíti), a kis RFF- és Cl-tartalmuk jelezik a monacit utáni, kisebb hőmérsékleten, kis oxigénfugacitáson S-típusú olvadékból történt kristályosodásukat. Ezek a többnyire kétsillámú andaluzit-, kordieritmentes granitoidok, a kéreg Al-gazdag üledékes eredetű kőzeteinek parciális olvadékából (S-, monacit-típus), a kontinentális kéreg ütközését követő alátolódási szakaszban, nagyobb nyomáson és mélységben (15-20 km) kristályosodtak. A kőzetek K-metaszomatózis hatására átalakultak az amfibol biotitosodott, a plagioklász mikroklinesedett és másodlagos muszkovit képződött.

### C. Bihari Szerkezeti Egység

#### Erdélyi-szigethegység

Az Erdélyi-szigethegység legnagyobb variszkuszi (297-291 millió év) u.n. öreghavasi plutonja (300 km<sup>2</sup>) felszínén a Gyalui-havasokban és az Öreg-havasban található. Ez egy központi plutonból és két u.n. szatellit egységből áll. A központi pluton mikroklin ( $\Delta=0.92$ ) megakristályos, kétsillámú peraluminiumos (ASI>1.1, korund<sub>CIPW</sub>=2) *granodiorit*ből, *monzogránit*ből áll. A biotit Fe-gazdag ( $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}=0.62-0.65$ ) prealuminium jellegű. A biotiton átnő a magmás eredetű Ti-dús ( $\text{Ti}/22\text{ox}=0.12-0.14$ ) muszkovit. A plagioklászok erősen bontottak (agyagásvány, szericit), zónásak (mag: An<sub>32</sub>, perem: An<sub>20</sub>), gyakori a másodlagos albit. Jellegzetes a monacit és a zömök oszlopos Mn-ban ( $\text{Mn}/13\text{ox}=0.0182$ ) gazdag fluor-apatit (S-típusú), cirkon és monacit. Ritka a xenotim-zárvány apatitban. Néha másodlagos allanit képződés is megfigyelhető a monacit körül. A kőzet  $\Sigma\text{RFF}$  tartalma nagy (420 g/t), a negatív Eu anomália nem jelentős ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.68$ ) ami a földpátok dúsulását jelzi. A könnyű RFF dúsulást a monacit gyakorisága okozza ( $\text{LaN}/\text{YbN}=10$ , Ce=170g/t). A központi öreghavasi plutont S- és monacit-típusú, prealuminiumos, granodiorit trendű granitoidok alkotják Hf-Rb-Ta eloszlás alapján késő-kollíziós tektonikai helyzetű pluton. A szatellit leukogranitok többnyire mikroklin, albit és kvarc tartalmúak, a muszkovit másodlagos. A kőzet peraluminium jellegű (ASI=1.3) S- és monacit típusú, RFF-szegény (48g/t), a differenciált granitoidokra jellemző jelentős negatív Eu anomáliával ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.58$ ).

### D.Papuk és Psunj–Krindija Szerkezeti Egység (Horvátország)

A granitoid komplexumok K/Ar kora 340-320 m.é. A Papuk komplexum granitoidjai kétsillámú, peraluminiumos (ASI=1.1) *monzogránit-granodiorit*. Fő kőzetalkotók a változatos triklinitású mikroklin ( $\Delta=0.55-0.95$ ), oligoklász (An<sub>11-26</sub>), peraluminium jellegű biotit, primer muszkovit és kvarc. A kőzetek S-, monacit-típusúak.

A Psunj-Krindija komplexumában a monzogránit mellett kvarcdiorit is jelen van. A kvarcdioritban a plagioklász zónás: a mag andezin, a perem oligoklász, a mészalkali jellegű biotit mellett hornblende, kvarc és kevés K-földpát is előfordul. A komplexum granitoidjai kever I/S típusúak.

### **Peraluminiumos granitoidok az európai variszkuszi orogén öv moldanubikumi zónájában**

**Dél Bohémiai Plutonok (DBP):** számos peraluminiumos kétsillámú granitoid intrúzió fordul elő a DBP-ban, ezek kor és ásvány-, kőzettani, geokémiai vonatkozásban hasonlítanak a battonyai és az erdélyi öreghavasi granitoidokra. Ilyenek, pl. a weinsbergi vagy az einsgarni granitoidok, azzal a különbséggel, hogy ez utóbbi kisebb nyomáson képződött, amit a magmás andaluzit jelenléte támaszt alá.

## **ALCAPA NAGYSZERKEZETI EGYSÉG**

### **Pelso Szerkezeti Egység (PSzE)**

PSzE D-i pereme mentén a közép-magyarországi szerkezeti öv közelében számos kisméretű hipabisszikus intrúzió található (Velencei hg., Ságvár, Buzsák stb.).

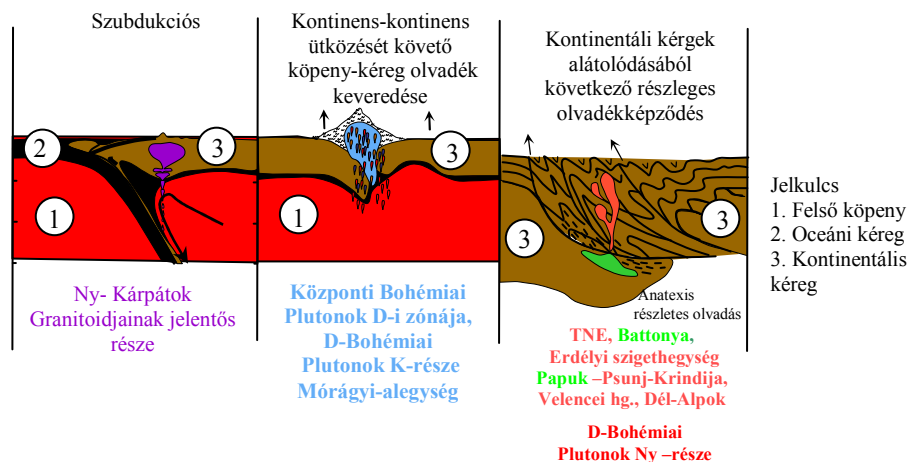
A Velencei hg. granitoidjai tanulmányozhatók a felszínen. Az intrúzió kora alsó perm (cirkon U/Pb=280-270 m.é.). Az uralkodó kőzet a *biotitmonzogránit*, a mélyebb szinten *kvarcdiorit* fordul elő. Ezek víztelítetlen nagyobb hőmérsékleten, míg a monzogránit kisebb hőmérsékleten (670°C) víztelített eutektikus olvadékból kristályosodtak. Az intrúzió felső zónájában kvarcdiorit, biotitos pelites-eredetű zárványok és fayalitos pegmatit fészkek fordulnak elő. A bázisos zárványok primitív eloszlású RFF-jei, a gránitban előforduló bytownit (An<sub>80</sub>) xenokristályok, a kis iniciális Sr-eloszlás ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(280)}=0.7023$ ) a köpeny hatását jelzik. A köpeny parciális kiolvadásából származó nagyhőmérsékletű olvadék olvaszthatta meg részlegesen a kérget. Ez a túlhevített olvadék nyomulhatott a kéreg hipabisszikus szintjébe (4-5 km), ahol a frakcionált kristályosodás eredményeként víztelített eutektikummal alakult és a fő kőzetalkotók egyszerre kristályosodtak kb. 670-680°C-on. Az intrúzió perem zónájában pegmatitos fészkek kristályosodtak vízdús olvadékból 540°C-on. A hőmérséklet csökkenés oxigénfugacitás csökkenéssel járt és így annit helyett fayalit kristályosodott. A kőzetben előforduló Fe-dús, Al-szegény alkáli jellegű biotit, a kis iniciális Sr arány, a kőzet peraluminiumos jellege, köpeny-kéreg kevert eredetet jeleznek. Ilyen olvadékok képződnek az átmeneti kompressziós-extenziós tektonikus övekben (S/A típus).

### **Peraluminiumos-alkáli jellegű granitoidok a Dél-Alpokban**

A közép-magyarországi szerkezeti öv távolabbi folytatásaként a periadriai zóna mentén a velencei granitoidokhoz hasonló posztorogén kis granitoid plutonok fordulnak elő. A granitoidok erősen differenciáltak, néha fayalitot is tartalmaznak, ilyenek, pl. Lago Maggiore, Val-Bianoino, Cima d'Asta stb.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Kárpát medence két nagyszerkezeti egységből áll, amit egy ÉK-DNy irányú törési zóna választ el egymástól. A zónától ÉNy-ra az ALCAPA (Alp-Kárpát-Pannon), DK-re a Tisza Nagyszerkezeti Egység (TNE) helyezkedik el. Az utóbbi a variszkuszi orogén öv moldanubikumi zónájában képződött és a középső jurában kezdett leválni u.n. „stabil” Európáról. TNE-ben számos különböző korú és típusú granitoid intrúzió van. Az idősebb (350-340 m. é.) két kontinentális kéreg ütközési zónájában felboltozódott köpeny és kéreg parciális olvadékaiból kristályosodott. A köpeny komponens lamprofir jellegű durbachit, a kéreg összetevő magmás kőzetek újra olvadásából képződött olvadékból kristályosodott monzonit, monzogranit (I-, allanit-típus). Ezek a kőzetek a Kunsági Szerkezeti Egység Mórágyi Alegységében fordulnak elő. A „stabil” európai variszkuszi öv moldanubikumi zónájában számos hasonló intrúzió található, pl. Rastenberg (Ausztria), Trebič, Čertovo Bremeno (Csehország), Fekete-erdő (Németország), Francia-középhegység. A fiatalabb (340-290 m.é.) intrúziók többnyire kétsillámú granitoidok, a kéreg Al-gazdag üledékes eredetű kőzeteinek parciális olvadékából (S-, monacit-típus), a kontinentális kéreg ütközését követő alátolódási szakaszában, nagyobb nyomáson és mélységben (15-20 km) kristályosodtak. TNE DK-i övében a Battonya, Bihar (Erdélyi-szigethegység), Papuk és Psunj–Krindija Szerkezeti Egységekben (Horvátország) fordulnak elő. Ilyen intrúziók vannak a „stabil” európai moldanubikumi zónjában is a Dél-Bohémiai plutonban (Weinsberg, Eisgarn stb.). Az ALCAPA Nagyszerkezeti Egység déli részén a Pelso Egységben fiatalabb (280-270 m.é.) hipabisszikus (4-5 km) intruziók nyomultak be a közép-magyarországi törésvonal peremén és a dél-alpi granitoidokkal mutatnak rokonságot. Ezek a kontinentális lemezek ütközését követő extenziós szakaszban képződtek, Fe-dús alkáli jellegű biotitot, fayalitot is tartalmaznak, S/A típusúak



A közép-európai variszkuszi granitoidok lemeztekonikai elhelyezkedésének elvi szelvénye