

Zárójelentés

„A szilikátolvadékok jelentősége a Pannon-medencéből származó felsőköpeny zárványokban”

című,

OTKA T 043686 nyilvántartási számú kutatásról

(2003. február 1. – 2006. december 31.)

1. A KUTATÁS CÉLJA

Földünk felsőköpenye közvetlen módszerekkel nem vizsgálható, tehát a litoszféra mélyebb régióinak fizikokémiai és reológiai sajátosságait, eredetét és fejlődését elsősorban olyan kőzetdarabok (xenolitok) kutatásával ismerjük, amelyeket nagy mélységből (asztenoszférából) származó magmák a litoszférából feltépett kőzetdarabok formájában szállítottak a felszínre. A Pannon-medencében a neogén korú alkáli bazaltos vulkáni területeken olyan lelőhelyek találhatóak, ahonnan nagy mennyiségben gyűjthetők ilyen vizsgálatokra alkalmas xenolitok. A korábbi kutatásokból ismert, hogy a köpenylitoszféra igen heterogén összetételű, és fejlődése is bonyolult folyamatok eredménye. Ezen folyamatok közül külön jelentőséggel bír a metasomatózis, amely során az eredeti kőzetek ásványos és kémiai összetétele - ezzel együtt fizikai tulajdonsága - egy külső forrásból származó olvadékkal vagy fluidummal történő reakcióval jelentősen módosul. Bár az utóbbi évtizedek kutatásai eredményeképpen a metasomatózis bizonyított, pontos folyamata, időbeli változása és hatása a litoszféra fizikai-kémiai, valamint reológiai tulajdonságaira csak kevéssé ismert. Az ismeretek a metasomatizáló olvadék/fluidum összetételéről méginkább hiányosak. Kisebb mértékű metasomatózis rendszerint csak a kőzetek „finomgeokémiai” összetételében (pl. nyomelem, izotópösszetétel) mutatkozik meg, míg a jelentős metasomatikus folyamatok a kőzetek ásványos összetételét is megváltoztatják, új ásványokat, vagy olvadékcsomókat hozhatnak létre. Néhány különleges esetben az eredeti kőzetalkotó ásványok változatos kémiai összetételű olvadékzárványokat is tartalmazhatnak, amelyek kapcsolata a metasomatózissal nem teljesen egyértelmű. Pályázatunkban egyrészt a Pannon-medence klasszikus lelőhelyeiről származó felsőköpeny xenolitok szilikátolvadék és CO₂-fluidum zárványainak részletes vizsgálatát és a köpeny-kéreg határon végbemenő olvadékképződési és vándorlási folyamatok nyomkövetését, másrészt annak a kérdésnek a megválaszolását tűztük ki célul, hogy ezek az olvadékzárványok egyértelműen összefüggésbe hozhatók-e a metasomatózissal. Továbbá arra kerestük a választ, hogy van-e ok-okozati kapcsolat az

olvadékképződés és a különböző deformációs folyamatok között. A pályázatban előzetesen megjelölt három vulkáni terület (Bakony-Balaton felvidék, Kisalföld és Nógrád-Gömör) közül a Bakony-Balaton felvidékről és Nógrád-Gömörből kerültek elő olyan xenolitok, amelyekben részletes vizsgálatra alkalmas szilikátolvadék, illetve CO₂-fluidum zárványok vannak. A Kisalföldön lokális olvadékokkal, szételegyedésekkel, olvadécsomókkal és erekkel találkoztunk, amelyeket részletesen egy külön tanulmányban dolgoztunk fel (Falus et al., 2007). A Nógrád-Gömöri vulkáni terület feldolgozott xenolitjai egy kumulátsorozatot képviselnek és vizsgálatukkal a köpeny-kéreg határon megrekedt egykori olvadékok keletkezését és fejlődését tanulmányoztuk, míg a Bakony-Balaton felvidéki vulkáni terület peridotit xenolitjai révén a felsőköpenyben végbement – főként metasomatikus – folyamatokat derítettük fel.

2. A KUTATÁSI PROGRAM MEGVALÓSÍTÁSA, JELENTŐSEBB KONFERENCIARÉSZVÉTELEK

A kutatási programban foglaltak szerint 2003-2004 között történt a megfelelő xenolitok kiválasztása, azok részletes petrográfiai és geokémiai vizsgálata, a szilikátolvadék-zárványokat tartalmazó ásványszemcsék szeparálása, a CO₂-fluidum tartalmú zárványok mikrotermometriai vizsgálata. Az előkészítő munkát követően 2005-ben elkészültek a mikrotektonikai mérések, univerzál-asztalos és digitalizált képelemzések, valamint a szilikátolvadék zárványok homogenizációja és a kutatásra érdemes xenolitokat további főelem geokémiai és részletes nyomelem geokémiai vizsgálatoknak vetettük alá. A 2006-os év főként a kutatási eredmények értékelésével, összefoglalásával és a publikációk írásával telt, valamint a nem tisztázott részletek kidolgozását is ebben az évben végeztük (kiegészítő kémiai elemzések, további mikrotermometriai vizsgálatok). A folyamatban lévő kutatásaink részeredményeit a pályázati anyagban foglaltak szerint 2003 és 2006 között több hazai és nemzetközi konferencián mutattuk be, amelyeket a zárójelentés 7. fejezetében gyűjtöttünk össze.

3. A KUTATÁS SORÁN HASZNÁLT ANALITIKAI TECHNIKÁK BEMUTATÁSA

A bemutatott mintákból 120-150 µm vastag, két oldalán (1 µm finomságú gyémántpasztával) polírozott vékonycsiszolatok készültek a petrográfiai és analitikai vizsgálatok elvégzése érdekében. A petrográfiai elemzéseket Nikon Eclipse E600 POL típusú közettani polírizációs mikroszkópon és Nikon SMZ 800 típusú sztereomikroszkópon végeztük.

Az olivin orientációs vizsgálatokat Biolar 11 POL S típusú közettani fénymikroszkópra szerelt Ernst Leitz Weitzlar 2415 univerzál-asztallal végeztük (az üvegfélgömb törésmutatója $n=1,648$).

A mikrotemometriai vizsgálatokat, így a CO₂-fluidumzárványokban lejátszódó fázisátalakulások megfigyelését Leitz típusú mikroszkópra felszerelt FLUID INC. USGS típusú, N₂-gázáramoltatású hűthető-fűthető tárgyasztalon végeztük el.

Az olvadékszárványok homogenizálásához Linkam TS1500 optikai mikroszkópra szerelhető fűthető tárgyasztalát használtuk, az oxidáció elkerülése érdekében N₂ átöblítést alkalmaztunk. A lassú felfűtést követő teljes homogenizáció után a mintákat hirtelen hűtöttük vissza laborhőmérsékletre az újrakristályosodás elkerülése érdekében. A fenti analitikai technikák az ELTE Közettani és Geokémiai Tanszékén működő Litoszféra Fluidum Kutató Laborban voltak elérhetők.

A közetalkotó ásványok és olvadékszárványok főelem geokémiai összetételét a Bécsi Egyetem Földtudományi Intézetének CAMECA SX-100 típusú, a Koppenhágai Geocenter JEOL Superprobe JXA-8200, a Firenzei Egyetem Földtudományi Intézetének JEOL JXA-8600, illetve a Virginia Tech Földtudományi Tanszékének CAMECA SX-50 hullámhossz-diszperzív (WDS) spektrométerével felszerelt elektronmikroszondájával végeztük. A mintaáram rendszerint 10-15 nA, a gyorsítófeszültség 15-20 kV, a sugárnyaláb átmérője 5 µm, az elemenkénti mérési idő 10-40 s voltak, a nyers eredményeket a hagyományos ZAF módszerrel korrigáltuk. Az elemzések során a kalibráláshoz természetes, illetve szintetikus sztenderdeket is használtunk.

A nyomelemeket LA-ICPMS-sel mértük a Koppenhágai Geocenter CETAC LSX-200 lézer ablációs rendszerével felszerelt Elan 6100 ICP-MS műszerrel. A sugárnyaláb átmérője 100 µm volt és a fázisok homogenitásának ellenőrzésére az egyvonalas (single line), vagy raszter módszert alkalmaztuk. A kalibrációhoz NIST610 és NIST612 szintetikus üveg sztenderdeket használtunk (Pearce et al., 1997 alapján). További nyomelem elemzéseket végeztünk az ETH-Zürich ArF excimer UV (193 nm) lézerforrásával felszerelt (70 mJ kimenő energia és 10 Hz ismétlési idő) LA-ICP-MS rendszerén. Az eredmények kvantifikálásához Halter et al. (2002) módszerét használtuk.

A Raman spektroszkópos vizsgálatokat az üvegek víztartalmának, valamint a fluidum zárványok összetételének és sűrűségének becsléséhez az ETH-Zürich 488 nm Ar⁺ lézerforrással és konfokális optikával ellátott Dilor Labram II rendszerével felszerelt laboratóriumában készítettük. Az eredmények kiértékeléshez CO₂ esetében Kawakami et al. (2003), H₂O esetében pedig Zajacz et al. (2005) módszerét követtük. További Raman-

spektroszkópos méréseket végeztünk a BME Szerves Kémiai Technológia Tanszékének LABRAM- típusú Jobin Yvon-tervezésű diszperziós elven működő konfokális, többsatornás CCD detektorral felszerelt Raman spektrométerén, 532 nm hullámhosszú Nd-Y-Al-gránát lézerteljesítmény 20 mW volt.

4. A KUTATÁS EREDMÉNYEINEK RÖVID ÖSSZEFOGLALÓJA

A Nógrád-Gömöri vulkáni terület Nagy-Salgó kitörési központjából kerültek elő olyan olivin-klinopiroxenit kőzetek, amelyek ásványai olvadékszárványokat tartalmaztak. A kőzetalkotó ásványok geokémiai elemzése és a geotermobarometriai számítások egyértelműen bizonyították, hogy a vizsgált xenolitok származási helye a felsőköpeny, keletkezésük pedig a Moho közelében megrekedt olvadék kikristályosodásával magyarázható. A részletes fő- és nyomelemgeokémiai vizsgálatok alapján feltételezhető, hogy a kumulát kőzetek kristályosodása egy gránát peridotitos forrásrégió kismértékű (~2%) parciális olvadásából származó bazanitos karakterű olvadékból történt. A xenolitokat felszínre szállító bazaltok nyomelem összetétele arra utal, hogy a bazaltok a vizsgált xenolitok forrásrégiójához hasonló kémiai összetételű asztenoszféra-domén kisebb mértékű (~0,5-1%) parciális olvadásával képződtek. A kumulát xenolitok kőzetalkotó ásványainak olvadékszárványai nyomelem összetétele, a xenolitok szövete és a pMELTS szofverrel való modellezés eredményei alapján megállapítható, hogy az eredeti olvadékuk fejlődését elsősorban klinopiroxén és részben olivin kristályosodása határozta meg, amelyet amfibol megjelenése, illetve a korábban kristályosodott klinopiroxének és olivinek visszaolvadása követett. Az ezek után visszamaradó olvadék Al_2O_3 -ban, alkáli oxidokban és inkompatibilis nyomelemekben gazdagodott volt és kipréselődése során metasomatikus fluidumként viselkedve reakcióba lépett a peridotitos falkőzettel. Emellett a visszamaradó olvadékból nagy nyomáson „pegmatitok” keletkeztek, amelyek a vulkáni terület alkáli bazaltjaiban gyakori amfibol és anortoklász megakristályok potenciális származási régióját képviselhetik. A kőzettani megfigyelések alapján feltételezhető, hogy az alkáli bazaltos megmintázás pillanatában a kumulátkőzetek még nem kristályosodtak ki teljesen, azaz a xenolitok eredeti olvadéka és az alkáli bazaltos magma ugyanannak a régióknak két különböző időben történt kismértékű olvadásához kapcsolódik. A felszínre elérő bazaltos magma az alapárnázódott magmákat harántolva azokkal kontaminálódhatott. E fejlődési modell szerint tehát a Pannon-medence alkáli bazaltos vulkanizmusát megelőzően is keletkeztek hasonló összetételű bazaltos magmák a vulkáni produktumnál jóval nagyobb mennyiségben, amelyek azonban

kéreg alá párnázódtak és közvetlenül sohasem érték el a felszínt. A kutatómunka során két publikáció született Kovács et al. (2004) és Zajacz et al. (2007).

A Bakony-Balaton felvidéki vulkáni területen különleges kvarc-tartalmú ortopiroxén-gazdag websterit xenolit került elő Szigliget alkáli bazaltos tufájából. A szöveti elemzés, az ásványos és kémiai összetétel szerint ezek a kőzetek a felsőköpenyben keletkeztek. A kőzetalkotó orto- és klinopiroxének egyaránt tartalmaznak elsődleges és másodlagos szilikátolvadék zárványokat, de a kerekded, helyenként elnyúlt alakú kvarc zárványok csak ortopiroxénben vannak. A szilikátolvadék zárványok SiO_2 - és alkáli-gazdag, MgO-, FeO- és CaO-szegény kémiai karaktert mutatnak, nehéz ritkaföldfémekben és LIL elemekben a primitív köpenyhez képest gazdagok, negatív Nb-, Ta- és Sr-, illetve kissé pozitív Pb-anomáliával jellemezhetők. Mindezek alapján a xenolit valószínűleg egy olyan $\sim 960^\circ\text{C}$ hőmérsékleten és ~ 1.1 GPa nyomáson stabil ortopiroxén-gazdag kőzettest töredéke lehet, amely peridotitos falkőzet és szubdukált óceáni lemezből származó Si-túltelített olvadék reakciója során keletkezett a felsőköpenyben. Habár a reagens olvadék pontos összetétele nem állapítható meg, a fő- és nyomelemeken alapuló modellszámítások metaszediment eredetre utalnak. A xenolitok kőzetalkotó ásványainak olvadékzárványai közvetlen bizonyítékok a szubkontinentális köpenyben migráló, szubdukált lemezből származó SiO_2 -gazdag olvadékok jelenlétére. Az eredményeket Bali et al. (elküldve a Journal of Petrology folyóirathoz) munkája foglalja össze.

Szintén a Bakony-Balaton felvidéki vulkáni terület szigligeti lelőhelyéről választottunk két ekvigranuláris szövetű, amfibol-tartalmú spinell lherzolit xenolit, amelyek mindegyike nagy számban tartalmaz elsődleges és másodlagos szilikátolvadék zárványokat. Az elsődleges olvadékzárványok klinopiroxének szegélyében, a másodlagosak ortopiroxén beforrt repedései mentén jelennek meg, petrográfiájuk alapján pedig – megjelenési helyzetüktől függetlenül – főleg világosbarna kőzetüvegből és valószínűleg CO_2 -tartalmú fluidumból állnak, falrakristályosodást csak a klinopiroxén olvadékzárványai mutatnak. A fő- és nyomelem geokémiai vizsgálatok szerint a klinopiroxének és ortopiroxének is zónások. A szilikátolvadék-zárványok széles összetételbeli tartományt mutatnak, de fő kémiai vonásaik és nyomelem lefutásuk is hasonló. Mindezek alapján feltételezhető, hogy az olvadékzárványok eredeti olvadéka mafikus összetételű magma lehetett és csapdázódásuk több lépcsőben történt, amely során a klinopiroxének is megolvadtak, majd újra kikristályosodtak. A kőzetalkotó amfibolok ezt követően, kisebb hőmérsékleten képződtek, petrogenetikai kapcsolatuk az olvadékzárványokkal nem bizonyított. A kutatási eredményeket Bali et al. (2005), valamint egy beküldés előtt álló cikk foglalja össze (Szabó et al., beküldés előtt).

A Bakony-Balaton-felvidéki vulkáni terület legidősebb xenolit lelőhelye, a Tihanyi maar vulkán alkáli bazaltos magmája által megmintázott felsőkőpeny peridotitok ortopiroxénjei a szokásosnál nagyobb mennyiségben tartalmaznak CO₂ fluidum-zárványokat. A vulkáni terület más lelőhelyein nagy számban megtalálható lherzolitok és harzburgitok mellett a lelőhely xenolitjai főként ortopiroxén gazdag lherzolitból, harzburgitból, dunitből és ortopiroxenitből állnak. A kőzetek genetikáját Falus és Szabó (2004), valamint Hidas (2006) vizsgálta, amelyet – a korábbiakban bemutatott kvarc-tartalmú ortopiroxén-gazdag websterithez hasonlóan itt is – egy óceáni szubdukált lemezből származó Si-gazdag olvadék peridotitos falközettel történt reakciójával magyaráztak. A tihanyi xenolitok ortopiroxénjeiben nagyszámban megjelenő CO₂-zárványok petrográfiai megfigyelése két fluidumzárvány-generáció elkülönítését tette lehetővé, amelyet a mikrotemometria és a Raman-spektroszkópos vizsgálatok is megerősítettek. A termobarometriai számolások és a CO₂-sűrűségértékek azt mutatják, hogy a Tihany alatti köpenyből származó peridotit xenolitok két, eltérő fizikai és geokémiai paraméterrel leírható köpenyrégióból származnak. A CO₂-sűrűségértékekből kapott minimum bezáródási nyomás, valamint az ettől független egyensúlyi hőmérséklet-értékek szerint a nyolc millió évvel ezelőtti geoterma vizsgált szakaszának hőmérséklet-gradiente ~12°C/km. A CO₂-fluidum zárványok kutatási eredményeit Berkesi et al. (2007) munkája összesíti.

A Bakony-Balaton felvidéki vulkáni terület szentbékállai lelőhelyéről két ortopiroxén-gazdag olivin websteritet választottunk, amelyekben olvadékszárványok nem voltak, de a kőzetek egyike harzburgitban jelenik meg piroxén-gazdag érként, míg a másik homogén szövetű, önálló websterit. A petrográfiai és geokémiai vizsgálatok azt mutatják, hogy a kőzetek szilikát-olvadékból kristályosodtak ki. Finomgeokémiai jellegeik alapján (Al₂O₃-szegény ortopiroxének, Cr-gazdag spinellek, U-alakú ritkaföldfém lefutást mutató klinopiroxének) valószínűsíthető, hogy az olvadék, amelyből felsőkőpeny P-T körülmények között a kristályosodás történt, Mg-gazdag szilikátos (boninites) összetételű volt. Az érben megjelenő és a kőzetalkotó olivinek részletes szöveti vizsgálata arra utal, hogy az ér kialakulását követően a kőzettestet átkristályosodást szenvedett, amely valószínű, hogy a Kárpát-Pannon régió geodinamikai fejlődéséhez köthető. Az a tény, hogy a kainozoós boninites kőzetek képződését világszerte ívelőtti medencékhez kötik, a vizsgált xenolitok ortopiroxén-gazdagodását kialakító boninites olvadékok a Pannon-medence központi részében a neogén szubdukciós folyamatnál ősből, de hasonló tektonikai környezet produktumainak tekinthetők. A kutatás részletes eredményeit Bali et al. (2006) munkája dolgozta fel.

Kísérletet tettünk a Bakony-Balaton felvidéki vulkáni terület egy jellegzetes vulkáni lávájának olivin fenokristályában előforduló olvadékszárvány tanulmányozására. Előzetes vizsgálataink az olvadékszárványban egy primitív bazaltos olvadék jelenlétét igazolták, ami egy jelenleg is folyó kutatás szükségességét igazolja. A munka részeredményeit Kóthay et al. (2005) foglalta össze.

5. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEINEK MEGVALÓSÍTÁSA ÉS AZ ELŐZETESEN VÁRT EREDMÉNYEINEK ÉRTÉKELÉSE

A pályázatban megfogalmazott várható eredmények közül kutatásainkkal részletesen vizsgáltuk a köpeny-kéreg határon végbement olvadék alápárnázódás folyamatait a Nógrád-Gömöri kumulátsorozat révén, illetve a felsőköpenyben lezajlott metasomatózis különböző módoszatait a Bakony-Balaton felvidék peridotitjai alapján. Rávilágítottunk arra, hogy a felszíni alkáli bazaltos vulkanizmust megelőzően is képződtek nagy mennyiségben mafikus alkáli magmák, amelyek a köpeny kéreg határon alápárnázódva a későbbi bazaltokat is kontaminálhatták (Zajacz et al., 2007). Hasonló összetételű magmák a Balaton felvidék felsőköpenyét is metasomatizálták (Szabó et al., beküldés előtt). A szilikátolvadék szárványok megjelenése a peridotitok közetalkotó ásványaiban egyértelműen metasomatikus folyamatok eredménye. Szintén bizonyítottuk, hogy a Balaton-felvidék köpenylitoszférájának fejlődése során – egymástól jelentős távolságra található xenolitlőhelyek (Szentbékállá, Szigliget és Tihany) kőzetei alapján – számolni kell olyan metasomatikus anyagokkal, amelyek kérdéses korú és helyzetű óceáni lemezből származó Si-gazdag olvadékhoz köthetők (Falus és Szabó, 2004; Bali et al., 2006; Hidas, 2006; Bali et al., elküldve a Journal of Petrology folyóirathoz). A tihanyi xenolitok CO₂-zárványainak petrográfiai és mikrotermometriai vizsgálata a Balaton felvidék alatti köpenylitoszféra 8 millió évvel ezelőtti geotermája egy részének rekonstruálását eredményezte (Berkési et al., 2007). A részletes mikrotektonikai, szöveti valamint fő- és nyomelemgeokémiai vizsgálatok alapján – a korábbi kutatásokkal összhangban – kijelenthető, hogy a Pannon-medence központi régióját olyan tektonikai folyamat érintette, amely hasonló jellegű deformációt okozott a Bakony-Balaton felvidéki vulkáni terület különböző lelőhelyeiről előkerült felsőköpeny xenolitokban. Valószínű, hogy az itt bemutatott xenolitok további vizsgálatával a deformáció és az olvadékképződés, illetve metasomatózis relatív időbelisége is megadható lesz, amely azonban jelenleg még ellentmondásokkal terhelt.

6. A SZÖVEGBEN HIVATKOZOTT IRODALMAK JEGYZÉKE

(kiemelten a pályázat keretében készült tudományos közleményekkel)

- Bali E. , Zajacz Z., Szabó Cs., Halter W., Kovács I., Török K., Vaselli O., Bodnar R.J. (2005) Evidence for melting of subducted slab: silicate melt inclusion study on quartz-bearing orthopyroxene-rich websterite xenolith from the Bakony – Balaton Highland Volcanic Field (western Hungary, Pannonian Basin). XVIII ECROFI, Siena (Italy)
- Bali, E., Falus, Gy., Szabó, Cs., Peate, D.W., Hidas, K., Török, K., Ntaflos., T. (2006) Remnants of boninitic melts in the upper mantle beneath the central Pannonian Basin? *Mineralogy and Petrology*, DOI 10.1007/s00710-006-0167-z**
- Bali, E., Zajacz, Z., Kovács, I., Szabó, Cs., Halter, W., Vaselli, O., Török, K., Bodnar, R.J. (elküldve a *Journal of Petrology* folyóirathoz) A quartz-bearing orthopyroxene-rich websterite xenolith from the Pannonian Basin, western Hungary: Evidence for release of Si-oversaturated melts from a subducted slab.**
- Berkesi, M., Hidas, K., Szabó, Cs. (2007) Fosszilis geoterma rekonstruálása a Bakony-Balaton-felvidék alatti felsőköpenyben Tihanyról származó peridotit xenolitik CO₂ fluidumzárvány vizsgálatával. *Magyar Geofizika* (nyomdában)**
- Falus, Gy., Szabó, Cs. (2004) Felsőköpeny eredetű xenolitikok Tihanyról: nyomonkövethető litoszféra-fejlődés a Bakony-Balaton-felvidék vulkáni területen? *Földtani Közlöny*, 134/4, 499-520**
- Falus, Gy., Szabó, Cs., Kovács, I., Zajacz, Z., Halter, W. (2007) Symplectite in spinel lherzolite xenoliths from the Little Hungarian Plain, western Hungary: A key for understanding the complex history of the upper mantle of the Pannonian Basin. *Lithos* 94, 230-247
- Halter, W.E., Pettke, T., Heinrich, C.A., Rothen-Rutishauser, B. (2002) Major to trace element analysis of melt inclusions by laser-ablation ICP-MS: methods of quantification. *Chemical Geology* 183, 63-86

- Hidas, K. (2006) A Bakony-Balaton-felvidéki vulkáni terület legkorábban megmintázott litoszférájának kőzettani és geokémiai jellemvonásai a Tihany-vulkán xenolitjai alapján. Diplomadolgozat, ELTE Kőzettani és Geokémiai Tanszék, pp. 126
- Kawakami, Y., Yamamoto, J., Kagi, H. (2003) Micro-Raman densimeter for CO₂ inclusions in mantle-derived minerals. *Applied Spectroscopy* 57, 1333-1339
- Kovács, I., Zajacz, Z., Szabó, Cs. (2004) Type-II xenoliths and related metasomatism from the Nógrád-Gömör Volcanic Field, Carpathian-Pannonian region (northern Hungary-southern Slovakia). *Tectonophysics*, 393, 139-161**
- Kóthay, K., Szabó, Cs., Török, K., Sharygin, V. (2005) Egy csepp a magmából: Szilikátolvadék-zárványok a hegyestűi alkáli bazalt olivin fenokristályaiban. *Földtani Közlöny*, 135/1, 31-55**
- Pearce, N.J.G., Perkins, W.T., Westgate, J.A., Gorton, M.P., Jackson, S.E., Neal, C.R., Chenery, S.P. (1997) A compilation of new major and trace element data for NIST SRM 610 and NIST SRM 612 glass reference materials. *J Geostand Geoanalys* 21, 115-144
- Szabó, Cs., Bali, E., Hidas, K., Zajacz, Z., Kovács, I., Yang, K., Guzmics, T. (beküldés előtt, *The Island Arc*) Formation of evolved silicate melts from hydrous mafic magmas: evidence from silicate melt inclusion in mantle peridotite xenoliths from the central Pannonian Basin (western Hungary)**
- Zajacz, Z., Halter, W. et al. (2005) A composition-independent quantitative determination of the water content in silicate glasses and silicate melt inclusions by confocal Raman spectroscopy. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 150, 631-642
- Zajacz, Z., Kovács, I., Szabó, Cs., Halter, Werner, Pettke, T. (2007) Evolution of mafic alkaline melts crystallized in the uppermost lithospheric mantle: a melt inclusion study of olivine-clinopyroxenite xenoliths, northern Hungary. *Journal of Petrology*, doi: 10.1093/petrology/egm004**

7. A PÁLYÁZAT KERETÉBEN KÉSZÜLT JELENTŐSEBB KONFERENCIA KIVONATOK

(IDŐRENDI SORRENDEN)

- Zajacz, Z., Kovács, I., Falus, Gy., Hidas, K., Szabó, Cs. & Ntaflós, T. (2003): Cumulate xenoliths in the alkaline basalts of Nógrád-Gömör Volcanic Field (N-Hungary/S-Slovakia): a melt inclusion study. **European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI) XVII., 5-7 June, 2003, Budapest**, Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series 2, Szeged, p. 232-233
- Bali, E., Szabó, Cs., Török, K., Peate, D.W., Bodnar, R.J. (2004): Significance of orthopyroxene-rich rocks in the upper mantle: a case study on xenoliths from alkali basalts of the Bakony-Balaton Highland Volcanic Field, western Hungary. **32nd International Geological Congress, 2004, Firenze**
- Zajacz, Z., Kovács, I., Szabó, Cs., Halter, W., Pettke, T. (2004): Petrogenesis of cumulate xenoliths from Nógrád-Gömör Volcanic Field (northern Hungary/southern Slovakia): results from olivine hosted melt inclusions. **14th Annual Goldschmidt Conference, Koppenhága**
- Bali, E., Zajacz, Z., Szabó, Cs., Halter, W., Kovács, I., Török, K., Vaselli, O., Bodnar, R.J. (2005): Evidence for melting of subducted slab: silicate melt inclusion study on quartz-bearing orthopyroxene-rich websterite xenolith from the Bakony – Balaton Highland Volcanic Field (western Hungary, Pannonian Basin). **XVIII ECROFI, Siena**
- Szabó, Cs. , Bali, E., Banks, D., Bodnar, R.J., Kovács, I., Zajacz, Z., Török, K., Halter, W. (2005): Evidence for percolation of different alkaline melts in the upper mantle beneath the central Pannonian Basin: a silicate melt inclusion study on peridotite xenoliths. **XVIII ECROFI, Siena**