

**A PLATINAFÉMEK ELŐFORDULÁSA A DARNÓ-ÖV ÉS KÖRNYEZETÉNEK
MEZOZOOS ÉS PALEOGÉN KORÚ MAGMÁS KÖZETEIBEN**

Az OTKA K 49633 sz. Pályázat Szakmai Zárójelentése

Dr. Molnár Ferenc
habilitált egyetemi docens
vezető kutató

ELTE TTK Földrajz-Földtudományi Intézet
Geológiai és Környezetfizikai Központ, Ásványtani Tanszék

1. A kutatás személyi háttere, nemzetközi kapcsolatai és pénzügyi értékelése

Az ásványtani, kőzettani, és geokémiai kutatások elvégzése elsősorban az ELTE Ásványtani Tanszéke, a Miskolci Egyetem Földtani-Teleptani és Ásványtani-Kőzettani Tanszékei (Földessy János, Hartai Éva, Németh Norbert, Szakáll Sándor), és a Magyar Állami Földtani Intézet Laboratóriumi Osztálya (Bartha András) közötti együttműködésen alapult. A kutatások során megismert összefüggések és a földtani korreláció igénye azonban indokolták az együttműködés szélesítését, ezért egyetemközi kapcsolatokat és különböző államközi Tudományos és Technológiai Egyezmények által nyújtott pályázati lehetőségeket kihasználva további együttműködések alakítottunk ki a Zágrábi Egyetem Geológiai Intézetének munkatársaival (Ladislav A. Palinkaš professzor vezetésével), Bosznia-Hercegovina Földtani Szolgálatának munkatársaival (H. Izetbegovics vezetésével) és a törökországi Sivas Egyetem geokémiai kutatócsoportjával (A. Ucurum professzor vezetésével). Kutatásaink során bekapcsolódtunk az MTA-ELTE Geológiai Kutatócsoport (Haas. J. és Kovács S.) és a HUNTEK munkacsoport földtani korrelációs programjaiba is. Egyes anyagvizsgálatok elvégzésére nemzetközileg akkreditált geokémiai laboratóriumokat (ALSChemex, Vancouver, Kanada) és külföldi egyetemek (Carleton Egyetem, Ottawa, Kanada; Masaryk Egyetem, Brno, Csehország; Comenius Egyetem, Pozsony, Szlovákia; Okayama Egyetem, Japán) laboratóriumait is felhasználtuk. Egyes részletek vizsgálatába a vezető kutató témavezetésével felsőbb éves egyetemi és doktori hallgatókat is bevontunk.

A kutatás pénzügyi támogatása a tervezettől eltérően csak 2005 októberétől valósult meg: az OTKA Iroda által módosított szerződésnek megfelelően a kutatás támogatott időszaka 2005.10.01-2008.09.30. volt. A kutatómunka kivitelezése során a pénzügyi tervtől jelentős eltérés nem történt. 2007-ben – az OTKA Iroda engedélyével – egy fő doktorandusz, a kutatómunka indulásakor még nem tervezett átmeneti részmunkaidős foglalkoztatása történt a pályázat terhére. Az anyagvizsgálati kiadások összessége a tervezett keretek között maradt, kismértékű átcsoportosítással a dologi kiadások egyes tételei között. A pályázat terhére 1 db számítástechnikai beruházást terveztünk, mely szintén a költségterven belül teljesült.

2. A kutatás célterületei, módszerei

A kutatás fő célterületének választott ÉK-magyarországi Darnó Övön belül a mezozoos magmás kifejlődéseket a Darnói-egység jórészt szubmarin bazaltos kőzetei és a Szarvaskői-egység szintén szubmarin bazaltos és ultrabázisos-bázisos intruzív kőzetei képviselik. E területek új megközelítéseken alapuló vizsgálatát az indokolta, hogy a földtani egységek jórészt sztratigráfiai, üledék- és szerkezetföldtani megfigyeléseket alkalmazó nagyléptékű földtani korrelációja (Haas, 2004; Haas et al., 2006) kiegészítést igényelt a különböző magmás kifejlődések egymástól történő elhatárolása, vulkanológiai, ásványtani, kőzettani és

geokémiai jellemzőinek pontosítása, továbbá a kőzetképződési folyamatokhoz kapcsolódó valamint az azt felülbélyegző hidrotermás események szempontjából.

A Darnó Övön belül a paleogén korú magmás kifejlődést a Recski Magmás Komplexum képviseli, melynek intruziók és vulkáni kifejlődései jelentős ásványi nyersanyagtelepeket hordoznak. Az intruzív kifejlődések Cu(-Mo-Au)-porfíros, valamint a kapcsolódó szkarn és metasomatikus színesfémérc telepei a bányászati kutatások következtében jól ismertek. A vulkáni kifejlődések epitermális Cu-Au és polimetallikus nyersanyagtelepeinek az elmúlt évtizedben folytatott – és jelenleg is folyó - ipari kutatásainak eredményei (Földessy et al., 2004) azonban a telepmodell pontosításának igényét, és ezért a korábbiakhoz képest részletesebb és új szempontú térképezési, ásványtani, kőzettani és geokémiai vizsgálatok elvégzésének szükségességét vetették fel.

Részletes térképezést, szelvényezést és mintagyűjtést végeztünk a következő feltárásokban és kutatófúrásokban:

Darnói-egység: Reszél-tető, mély-völgyi kőfejtő, Nagy-Rézoldal kőfejtője, a Hosszú-völgy természetes feltárásai, kőfejtője és a Pollner-tároló környezete, az RM-131 és RM-136 sz. kutatófúrások.

Szarvaskői-egység: tóbérci kőfejtő, Újhatár-völgy feltárásai, tardosi kőfejtő, út- és vasúti bevágások, természetes feltárások Szarvaskő és a tóbérci kőfejtő között, Egerbakta községi kőfejtő, és útbevágások Egerbakta környékén.

Recski Magmás Komplexum: földtani térképezés a Lahóca-hegy É-i részén és a Veresvár-Veresagyagbérc-Ilona-völgy általt határolt területen 1:2000 – 1:5000 méretarányban, részletes szelvényezés az R-359, R-363, R-377, R-380/A, R-393, R-402, R-404A, R-415, R-422, R-423, és R-424 sz. kutatófúrásokban. A recski terület vizsgálatához Sztrókay Kálmán Imre professzor 1930-40-es években gyűjtött dokumentált mintát is felhasználtuk.

A Darnó Öv különböző korú magmás kifejlődései eredetileg az Alpok és a Dinaridák kollíziós zónáiban helyezkedtek el és mai helyzetükbe az oligocén-miocén során végbement nagyszerkezeti mozgások során kerültek (Csontos és Vörös, 2004). Ezért a mezozoos egységekkel korrelálható hasonló képződmények a Dinaridák, illetve tágabb értelemben a Neo-Tethys délkelet-európai és kisázsiai kollíziós zónájában találhatóak. A földtani korreláció és a platinafémek viselkedésének különböző földtani folyamatok során tapasztalható törvényszerűségei megértésének igényéből eredően vizsgálatainkat kiterjesztettük a horvátországi Medvenica-, Ivansica- és Kalnik-hegységekre, a boszniai Vares környezetének triász korú kifejlődéseire, a görögországi Otris-hegység (Stragopetra-környéke) szubmarin magmás kifejlődéseire és a törökországi Divrigi Terület Günes Ofiolit Egységére.

A terepi munka során gyűjtött reprezentatív mintákon ásványtani, kőzettani és geokémiai elemzéseket végeztünk a következő módszerekkel:

Ásványtani-kőzettani vizsgálatok: polarizációs mikroszkópos petrográfia, röntgenpordiffrakciós fáziselemzés, Fourier-transzform infravörös spektroszkópia, elektronmikroszondás mikrokémiai elemzés, folyadékzárvány vizsgálatok normál fénymenetű és infravörös-mikroszkópos eljárásokkal.

Geokémiai vizsgálatok: teljes kőzet fő-, nyom-, ritkaföldfém, és nemesfém elemzése neutron-aktivációs, ICP-MS, ICP-OES és atomabszorpciós eljárásokkal.

Geokronológiai vizsgálatok: egyes ásványszemcsék lépcsőzetes kihevítésén alapuló Ar-Ar korhatározása, ásványszeparátumok K-Ar vizsgálata, konodonta-vizsgálatok.

3. A kutatás szakmai eredményeinek összefoglalása

Földtani és korrelációs eredmények

A részletes terepi szelvényezés alapján kimutattuk, hogy a vizsgált feltárásokban a Darnói-egység szubmarin bazaltos képződményei (Hosszúvölgyi Bazalt Formáció) – bár becsúsztott blokkokként fordulnak elő a jura korú Mónosbéli Formációcsoport üldékes közeteiben - jól lehatárolható, egymásból folyamatosan kifejlődő vulkáni fáciesekből állnak, melyek beilleszthetők egy tengeralatti vulkáni kitörési központ környezetében található fáciesek sorozatába. Referencia-területként a hasonló földtani paraméterekkel rendelkező horvátországi Hruškovec-kőfejtő (Kalnik-hegység) egy teljes, igazoltan triász korú szubmarin vulkáni központot feltáró szelvényét dolgoztuk fel. A vulkanológiai fácieselemzésünk a szoros illeszkedésű párnaláva, ennek altípusa, a „zebra-szövetű” párnaláva, és a különböző hialoklasztit-berccsa fáciesek mellett a genetikai, biosztratigráfiai és korrelációs szempontból legfontosabb karbonát-peperites fácies rendszeres előfordulását is kimutatta a Darnói-egység bazaltos kifejlődéseiben. A peperites kifejlődések üledékes közeteinek konodonta-tartalma igazolja a vulkanizmus triász korát. A peperites fácies terepen jól követhető, térképezhető és előfordulását azonosítottuk a horvátországi, boszniai és görögországi területek triász korú szubmarin bazaltos kifejlődéseken felvett szelvényeinkben is. A karbonát-peperites jelleg első közelítésben kizárja e bazaltos kifejlődések óceáni hátságon történt képződését és ezt az alábbiakban összefoglalt ásványtani, kőzettani és geokémiai vizsgálatok is alátámasztják. Vizsgálataink alapján tehát a Darnói-egység szubmarin bazaltos párnaláva kifejlődéseit az előrehaladott riftesedési állapothoz kötődő, a Dinaridák számos területén kimutatható triász korú bazaltos vulkanizmussal és nem a Neo-Tethys későbbi fejlődési fázisában létrejött óceáni hátság magmatizmusával korreláljuk.

A Szarvaskői Bazalt Formáció közetei az összes vizsgált területen a kevés hialoklasztit-breccsát tartalmazó, szoros illeszkedésű párnaláva fáciesbe illeszthetők be. Tehát míg a Darnói-egység bazaltos kifejlődéseit a fáciesek változatossága, addig a Szarvaskői Egység párnalávéit e változékonyság hiánya jellemzi. A Tardosi Gabbró Formáció terepi szelvényezése során megállapítottuk, hogy a típusfeltárás (tardosi kőfejtő) közép-finomszemcsés homogén gabbrótestbe nyomult változékonny-durvaszövetű telérrajt foglal magába, melyen belül legalább három benyomulási fázis különíthető el. A gabbró pegmatitos kifejlődéseinek számos változatát ismertük fel a tóbérci kőfejtő és az Újhatár-völgy feltárásaiban. A kőzet kristályosodásához szorosan kapcsolódó gabbrópegmatit amfibol és biotit kristályain végzett Ar-Ar vizsgálatokkal megerősítettük a gabbrót befogadó üledékes kőzet kontaktmetamorf udvarából származó muszkoviton korábban meghatározott (Balogh és Pécskay, 2001) jura kort.

A Recski Magmás Komplexum Lahócán kibukkanó rétegvulkáni sorozatán belül fúrások szelvényezése alapján egy diatréma-breccsa szerkezetet mutattunk ki. Megfigyeléseink szerint ennek képződése megelőzte az ércesedés kialakulását és nagy szerepe volt a szubvulkáni szintről feláramló ércképző fluidumok vezetésében. A Lahóca északi részének térképezése során a hidrotermás folyamatokkal egyidős, feltolódásos-nyírásos szerkezeteketis meghatároztunk, melyek szintén megszabják az ércesedés települési viszonyait. A parádfürdői területen megállapítottuk, hogy dácit dómokhoz kapcsolódó piroklasztit-folyások képezik a hidrotermás kifejlődések befogadó kőzetét, és a hidrotermás fluidumok vezetésében kilométeres hosszúságban követhető hidrotermás breccsatelérek is szerepet játszottak.

Az ásványtani és kőzettani vizsgálatok eredményei

A mezozoos szubmarin bazaltos kőzetek képződésükkor hidrotermás átalakulást szenvedtek, mivel a kristályosodás során kölcsönhatásban álltak a láva hőhatása által felhevített tengervízzel. Vizsgálataink szerint a vulkáni fáciesek különbözőségéből eredően a darnói és a szarvaskői párnaláva kifejlődések terepen is jól elkülöníthetők a hidrotermás átalakulás intenzitása és jellegei alapján. A hidrotermás átalakulás a Darnói-egység párnalávéit, és a hozzájuk hasonló dinári kifejlődések párnalávéit teljes mértékben áthatotta, míg a Szarvaskői-egységben és a hozzá hasonló ofiolitos sorozatokban (pl. Günes Ofiolit) a hidrotermás átalakulás inkább csak a hialoklasztit-törmelékes zónákra és az utólagos töréses szerkezetekre jellemző. A Darnói-egységben és a dinári területeken a tengervíz/bazaltláva kölcsönhatásaként a kőzet átalakulását klorit-kalcit ásványegyüttes jellemzi, helyenként epidotosodással, kvarc vagy prehnit megjelenésével. Szulfidok (kalkopirit, pirit), és hematit képződése is kísérte e folyamatot. Folyadékzárvány vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a triász párnalávák képződéséhez kapcsolódó víz-kőzet kölcsönhatás a peperites fácies előfordulási zónáiban viszonylag alacsony hőmérsékletű volt (80-150°C), és a víztartalmú szilikátok képződésének hatására az eredetileg tengervíz összetételhez hasonló sótartalom a lokális porusterekben kissé megemelkedett, így elérte a 4-6 NaCl ekv. súly % értéket. A folyadékzárvány-vizsgálati eredmények és a klorit összetételén alapuló termometriai számítások összevetésével megállapítottuk, hogy a triász párnalávák képződése viszonylag sekély, 1,4 km körüli vízmélységben mehetett végbe. Ez összhangban van a karbonát-peperit fácies jelenlétével (CCD-nél kisebb mélységű tengeraljzat), és a bazalt hólyagüreges megjelenésével. A viszonylag alacsony hőmérséklet a vulkáni centrumok peremi zónáiban, hőtánpótlás nélkül végbement gyors hűlést tükröz, melyet a vulkáni fácies jellegei és a kőzet variolitos szövete is alátámaszt.

A Szarvaskői-egység nagy vastagságú, tömött illeszkedésű párnaláva egységeiben a korlátozott mértékű víz/kőzet kölcsönhatás kevésbé intenzív kloritos, albitos, prehnites kőzetátalakulást hozott létre. Ásványtani és fluidum zárvány vizsgálatok alapján a kőzetképződés és átalakulás 5-6 kilométeres vízmélységben ment végbe. A tengervíz/kőzet kölcsönhatást a mélységi magmás kőzetekben is kimutattuk (klorit, klinozoisit, aktinolit, titanit, szericitesedés) ahol ennek a folyamatnak a hőmérséklete a folyadékzárvány vizsgálatok és klorit összetétele alapján elérte a 250-400°C-ot (a folyamatos magmás hőforrás közelsége miatt). A pegmatitképződés jelzi azt, hogy a Szarvaskői-egység gabbrókőzeteiben magmás fluidfázis szegregációja is végbement. Erre bizonyítékot találtunk az akcesszórius apatit fluor-gazdagsága és a pegmatitban, és környezetükben megfigyelhető deuterikus átalakulás (piroxének amfibolosodása, biotitosodása) jellemzői alapján. Igazoltuk az e kifejlődésekben otthonos tschermakitos-hastingsites-edenites amfibol összetételének „pargazitós trend” szerinti változását. Az egymással egyensúlyban képződött amfibol és plagioklász, továbbá az amfibol összetétele alapján a gabbropegmatit képződése 900-700°C között ment végbe. A Szarvaskői-egység szubvulkáni és vulkáni kifejlődéseiben a korábbi kutatások alapján is jól ismert, kistokú alpi metamorf felülbélyegzés (Árkai 1983, Árkai et al., 1995) ismeretességéhez folyadékzárvány vizsgálataink járultak hozzá, melyek alapján e folyamat 270-290°C-on, 3-4 NaCl ekv. súly % koncentrációjú fluidumok jelenlétében ment végbe.

A Recski Magmás Komplexum lahócai területén a kutatófúrások szelvényezése alapján megállapítottuk, hogy a korábban is ismert, a rézércesedést hordozó masszív-breccsás érc-tömszök mellett a következő szerkezetek is jelentős hordozói a nemesfémeknek:

- a tufaösszlet és az erősen savas kémhatású hidrotermás oldatok kölcsönhatása révén képződött reziduális-sejtes kovatestek,
- a reziduális-sejtes kovatesteket övező zónákban kifejlődött mikrokristályos kvarcérhálózat,
- a mikrokristályos kovaanyaggal cementált hidrotermás breccsatestek,
- a barna színű, gyakran olajfoltos, laza-porózus agyagásványos-kovás alapanyagú tektono-hidrotermás breccsatestek.

Röntgenpodiffrakciós és infravörös-spektroszkópos vizsgálatokkal igazoltuk, hogy a nemesfém-dúsulásokat hordozó szerkezeteket befogadó tufa uralkodó agyagásványa a dickit, mely a kőzet/víz kölcsönhatás 200°C feletti hőmérsékletéről tanúskodik. Összességében ezek a sajátosságok egy magas szulfidizációs fokú (savas kémhatású, viszonylag oxidatív) epitermális rendszer működését tükrözik. A Magyarországon elsőként alkalmazott infravörös-mikroszkópos vizsgálatok révén a normál fényben egyébként opak viselkedésű enargit folyadékzárványait is vizsgáltuk, és bizonyítottuk, hogy a nemesfémekben dúsult enargitos ércesedés az epitermális rendszerekben szokatlanul nagy szalinitású (5-15 NaCl ekv. súly %), 150-200°C közötti hőmérsékletű hidrotermás fluidumokból képződött. Mindemellett a Lahóca északi részén folytatott térképezésünk illites átalakulási zónákat is kimutatott, melyek szalagos-sávós szerkezetű, galenites-fakóérces-szfalerites ércesedést hordozó telérek-erezések mentén alakultak ki, és igazolják a nemesfém ércesedés felülbélyegzését egy alacsony szulfidizációs fokú (neutrális, viszonylag redukzív) epitermális eseménnyel. A parádfürdői területen csak ez az utóbbi esemény azonosítható, mely a tufás kőzetek illites átalakulása mellett adularos-kovás-karbonátos, a sekélyebb paleomélységű zónákban baritos-kovás-kaolinites kőzetátalakulást okozott. Kimutattuk, hogy az arany kismértékű dúsulása az adularos-illites átalakulási zónákra jellemző, melyekben galenites-szfalerites-fakóérces ércindikációk is előfordulnak. Az adularon és illiten végzett K-Ar vizsgálataink a hidrotermás események 27-29 millió éves, oligocén korát igazolták, mely eredmény összhangban van a terület vulkanizmusának újabb geokronológiai-sztratigráfiai értékelésével (Less et al., 2008). A folyadékzárvány-vizsgálatok alapján a lahócai területhez képest nagyobb hőmérsékletű (180-250°C) és alacsonyabb szalinitású (0-5 NaCl ekv. súly %) hidrotermás oldatok hozták létre a parádfürdői terület ércesedését, 200-400 méteres paleomélységben.

A geokémiai vizsgálatok eredményei

A Darnó Öv mezozos magmás kifejlődéseinek és a külföldi referencia-területeken a nemesfém elemzések mellett kőzetmintákon fő, nyom- és ritkaföldfém elemzéseket is végeztünk a magmatizmus petrogenetikai és korrelációs viszonyainak pontosítása érdekében. Eredményeink megerősítik, és tovább árnyalják a korábbi – eltérő mintasorozatokon – végzett geokémiai elemzések megállapításait (ld. pl. Harangi et al., 1996; Downes et al., 1990), illetve további támpontokat szolgáltatnak a nagyléptékű földtani korrelációhoz. A triász korú szubmarin bazaltos vulkanizmus leginkább a gazdagodott óceáni hátsági bazaltok (E-MORB) és a lemezen belüli, kissé alkáli jellegű bazaltok petrokémiai jellegeit, míg a Szarvaskői-egység bazaltos kőzeteinek összetétele ív mögötti medencékben kialakult óceáni kéregeredetet tükröznek. A különböző petrokémiai-petrogenetikai jellegek abban is megnyilvánulnak, hogy míg a Szarvaskői-egység vulkáni és mélységi kőzeteire a Nb relatív negatív és a Th relatív pozitív anomáliái jellemzőek, ami szintén szubdukciós folyamatokhoz kapcsolódó kőzeteredetet tükröz, addig ugyanez nem mondható el a Darnói-egység bazaltjaira és a hasonló genetikájú dinári kifejlődésekre. További lényeges különbség az, hogy a triász vulkáni kőzetek ritkaföldfém-tartalma gazdagodást mutat a La-tól a Nd-ig a többi ritkaföldfémhez képest, míg ez a Szarvaskői-egység bazaltos kifejlődéseiben nem jellemző. A Szarvaskői-egység gabbrókőzetei hasonló nyom- és ritkaföldfém jellemzőkkel bírnak, mint a sorozat bazaltos párnalávái, azonban a pegmatitos és wehrlites kifejlődésekre relatív Eu-

szegényedés és relatív La-Ce gazdagodás jellemző, mely összhangba hozható a kzettípusok differenciált jellegével. Általában tehát elmondható, hogy a Darnói-egység és a Szarvaskői-egység kőzetei egymástól a geokémiai jellemvonások szerint is elkülöníthetőek, továbbá a Darnói-egység kőzetei geokémiaailag is korrelálhatók a dinári triász magmás kifejlődésekkel.

A nemesfémek tekintetében a bazaltos párnaláva kifejlődésekben a Pd 1-2 ppb nagyságú koncentrációit rendszeresen felleltük, hasonló nagyságrendű Au koncentrációkkal társulva. Csupán a Szarvaskői-egység egy párnaláva előfordulásában találtunk ennél jelentősebb, 70 ppb Pd dúsulást, 60 ppb Pt és 1 ppb Ir koncentrációkhoz társulva. A mélységi kőzetekben, beleértve a pegmatitos és a wehrlites differenciált kifejlődéseket, egy minta sem mutatott kimutatási határ feletti nemesfém koncentrációkat. E jelenségre magyarázatot a Ni és Cu koncentrációk eloszlása alapján találtunk. Míg a bazaltos kifejlődésekben a Cu mellett a Ni 40-360 ppm koncentráció azonosíthatók, a gabbroidális kőzetek és differenciátumaik a Ni csak 7-50ppm mennyiségű. Ez azt valószínűsíti, hogy a gabbroidális anyaoolvadék differenciációja során Fe-Ni-gazdag szulfidszegregáció ment végbe.

A dinári referenciaterületek közül jelentős platinafém anomáliákat a Medvenica-hegység ofiolitos sorozatain a krétában kialakult laterites mállási szelvényekben találtunk (10 ppb körüli Pt és Pd koncentrációk), mely a másodlagos folyamatok jelentőségére hívja fel a figyelmet a platinafémek dúsulása szempontjából. E másodlagos folyamatok jelentősebb platinafém koncentrációkat hozhatnak létre, főként amennyiben magas hőmérsékleten, azaz hidrotermás felülbélyegzés következtében alakulnak ki. Erre találtunk példát a Günes Ofioliton végzett vizsgálataink során, ahol a legjelentősebb platinafém koncentrációk (30-360 ppb Pd és 10-50 ppb Pt) azokban a zónákban jelentkezetek, ahol a folyadékzárvány vizsgálataink 250-350°C-os, nagy szalinitású (30-34 NaCl ekv. súly %) fluidumok által történt, viszonylag oxidatív körülmények között végbement hidrotermás felülbélyegzést mutattak ki. Bár a hidrotermás felülbélyegzés a Darnó Öv mezozoos kőzeteire is jellemző, jelentős platinafém dúsulás nem társul hozzájuk. E kőzetek hidrotermás felülbélyegzése azonban sokkal kisebb, a tengervíz sókoncentrációja körüli szalinitás értékek jellemzőek. A hidrotermás fluidumok szalinitása és a platinafémek esetleges mobilitása közötti összefüggésre a Recski Magmás Komplexum ércesedésein végzett geokémiai vizsgálatok további bizonyítékkal szolgáltak.

A recski paleogén vulkáni kifejlődés érces zónái közül a kutatófúrásokban újonnan azonosított érchordozó szerkezeteiben és a tömzsös ércesedés válogatott mintáiban jelentős, 0,1-32,1 ppm Au-koncentrációkat azonosítottunk. Geokémiai vizsgálataink egyik legfontosabb eredménye az, hogy az összes érchordozó szerkezetben kimutattuk a Pd 0,05-0,1 ppm körüli dúsulásait, továbbá esetenként a Pt 0,07-0,41 ppm közötti koncentrációit és egy esetben a Ru 0,2 ppm mennyiségű jelenlétét. A jelentős nemesfém koncentrációkkal jellemzett mintákban a Cu, As, Sb, Sn és S kiugró mennyiségeit találtuk, tehát a platinafém dúsulások az enargit-luzonit képződési folyamataihoz társulnak. A folyadékzárvány vizsgálatok alapján bizonyítottuk, hogy ez az érces fázis szintén viszonylag magas szalinitású (5-15 NaCl ekv. súly %) hidrotermás oldatokból képződött. Az ásványtani vizsgálatok alapján azonosított kandit típusú agyagásványok és a reziduális kovás testek előfordulása arra utal, hogy a hidrotermás oldatok erősen savas jellegűek voltak. Ez összhangban van azzal a kísérleti eredménnyel, hogy a Pt és a Pd jelentős mobilitással bír savas (és viszonylagosan oxidatív) körülmények között, amennyiben a magas hőmérsékletű oldat jelentős kloridion-aktivitással bír (Mountain és Wood, 1988; Wood et al., 1992).

4. A kutatásokhoz kapcsolódó publikációs és egyéb tudományos tevékenység

A kutatás finanszírozott időszaka alatt eredményeinket 1 nemzetközi és 2 hazai konferencián mutattuk be. A jelentés beadásáig összesen 7 szakcikket készítettünk el, melyek nemzetközi (4), és hazai (2) folyóiratokban és konferencia kiadványban (1) jelentek meg, illetve elfogadott publikációként megjelenés alatt állnak. Jelenleg két további szakcikk előkészítése van folyamatban, melyek közül az egyik az Ophiolites folyóirat tematikus kiadványába készül, a másik pedig a platinafémek recski előfordulását értékeli. A kutatásokhoz kapcsolódva 2005 és 2008 között 6 szakdolgozat és 2 Tudományos Diákköri Dolgozat készült el. Az eredményekre építve 1 doktori kutatási program indult 2008-ban.

Szakmai folyóiratban megjelent/megjelenésre elfogadott szakcikkek:

Péntek A., Molnár F., Watkinson D.H., 2006: Magmatic fluid segregation and overprinting hydrothermal processes in gabbro pegmatites of the Neotethyan ophiolitic Szarvaskő Complex, Bükk Mts., NE-Hungary., *Geologica Carpathica* 57, 6, p. 433-446.

Ucurum, A., Lechler, P. J., Arehart, G.B., Molnár, F., 2007: Platinum-Group Element, Stable Isotope, and Fluid Inclusion Investigation of the Ultramafic Rock-Hosted Gunes-Sogucak Ni-Cu-Sulfide Mineralization, Gunes Ophiolite, *International Geology Review*, 49, 169-192.

Molnár, F., Jung, P., Kupi, L., Pogány, A., Vágó, E., Viktorik, O., Pécskay, Z., 2008: Epithermal zones of the porphyry-skarn-epithermal ore complex at Recsk. *Publications of the University of Miskolc, Geosciences series A. Mining. Volume 73.101-130*

Palinkaš, L.A., Bermanec, V., Borojević Šoštarić, S., Kolar-Jurkovšev, T., Strmić Palinkaš, S., Molnar, F. and Kniewald, G., 2008, Volcanic facies analysis of a subaqueous basalt lava-flow complex at Hruškovec, NW Croatia — Evidence of advanced rifting in the Tethyan domain. *Journal of Volcanology and Geothermal Research, in press.*

Kiss G., Molnár F., Palinkaš L. A., 2008: Triassic pillow basalts and associated fluid-rock interaction processes in the Darnó Unit, NE Hungary, *Geologia Croatica, in press*

Kovács S., Józsa S., Molnár F., Gulácsi Z., Dosztály L., Kiss G., Kövér Sz., Ozsvárt P., Palinkaš L., Sudar M., Jovanović D., Djerić N., Migiros G., Papanikolaou D., Tselepidis V., 2008: Reassessment of the Mesozoic Darnó Hill ophiolite complex (NE Hungary) and comparisons with the Inner Dinarides and Inner Hellenides – preliminary data, *Földtani Közlöny, in press*

Konferencia kiadványban megjelent szakcikk:

Molnár F., 2007: The Cu-Au-Ag-Zn-Pb ore complex at Recsk: a uniquely preserved and explored porphyry-skarn-epithermal system., *Proceedings of the 9th Biannual SGA Meeting, Dublin Ireland, Vol. 1, 226-240*

Konferencia absztrakt:

Péntek A., Molnár F., Watkinson D.H., 2006: Mineralogy and formation conditions of gabbro pegmatites and overprinting hydrothermal parageneses in the Szarvaskő Complex, Bükk Mts., NE-Hungary, *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series vol. 5., p. 92., 2006*

Kiss, G., Molnár, F., Palinkas, L., 2007: Peperitic pillow basalts and fluid-rock interaction processes in the Darnó Unit, NE Hungary, *A Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűlése, HUNTEK Workshop, Abstracts, p.45.*

5. Irodalmi hivatkozások

Árkai P. 1983: Very low- and low-grade Alpine regional metamorphism of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Bükkium, NE- Hungary. *Acta Geol. Hung.* 26, 83-101.

Árkai P., Balogh K., Dunkl I. 1995: Timing of low-temperature metamorphism and cooling of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Bükkium, innermost Western Carpathians, Hungary. *Geol. Rundschau* 84, 334-344.

Balogh K. & Pécskay Z. 2001. K/Ar and Ar/Ar geochronological studies in the Pannonian-Carpathians-Dinarides (PANCARDI) region. *Acta Geol. Hung.*, 44/2-3, 281-299.

Csontos L., Vörös A. 2004: Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.* 210, 1, 1-56.

Downes H., Pantó G., Árkai P. & Thirlwall M.F. 1990: Petrology and geochemistry of Mesozoic igneous rocks, Bükk Mountains, Hungary. *Lithos* 24, 201-215.

Földessy, J., Seres-Hartai, É., Szabó, G., 2004: Distribution of gold mineralization in the Reck ore complex, NE-Hungary. *Acta Geologica Hungarica*, Vol.47/2-3, pp. 247-258.

Haas, J. (ed.), 2004: Magyarország geológiája, Triász – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, p. 384.

Haas, J., Görög, Á., Kovács, S., Ozsvárt, P., Matyók, I. & Pelikán, P. (2006): Displaced Jurassic foreslope and basin deposits of Dinaric origin in Northeast Hungary – *Acta Geologica Hungarica*, 49, 125-163

Harangi, Sz, Szabó, Cs., Józsa, S., Szoldán Zs., Árva-Sós, E., Balla, M., Kubovics I., 1996: Mesozoic Igneous Suites in Hungary: Implications for Genesis and Tectonic Settings in the Northwestern Part of Tethys – *International Geology Review*, 38, 336-360

Less Gy., Báldi-Beke M., Pálfalvi S., Földessy J., Kertész B. 2008: New data on the age of the Reck volcanics and the adjacent sedimentary rocks. *Publications of the University of Miskolc, Geosciences series A. Mining.* v. 73. 57-84.

Mountain, B.W., and Wood, S.A., 1988, Solubility and transport of platinumgroup elements in hydrothermal solutions: Thermodynamic and physical chemical constraints, *in* Prichard, H.M., Potts, P.J., Bowles, J.F.W., and Cribb, S.J., eds., *Geo-Platinum 87*: London, New York, Elsevier, p. 57–82.

Wood, S.A., Mountain, B.W., and Pan, P., 1992, The aqueous geochemistry of platinum palladium and gold: Recent experimental constraints and reevaluation of theoretical predictions: *Canadian Mineralogist*, v. 30, p. 955–982.