

Szegedi Tudományegyetem Természettudományi Kar
Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék
Földtudományi Doktori Iskola

A JÁNOSHALMA ORTOGNEISZ BLOKK KŐZETTANI FELÉPÍTÉSE,
FEJLŐDÉSTÖRTÉNETE ÉS KORRELÁCIÓS LEHETŐSÉGEI

Doktori (PhD) értekezés tézisei

ZACHAR JUDIT

Témavezető:

DR. M. TÓTH TIVADAR

Szeged

2008

A KUTATÁS INDOKOLTSÁGA

Az 1950-es évek vége és a 1960-as évek eleje óta a metamorf medencealjzat fedőjében lévő porózus üledékek mellett a szénhidrogénkutatás a repedezett kristályos metamorf kőzetekre is mind nagyobb figyelmet fordít, mivel fény derült arra a tényre, hogy repedéshálózatukban ezek a kőzetek is jelentős mennyiségű szénhidrogént tárolhatnak. A repedezett kristályos kőzetek a szénhidrogéneknek kívül forró vizet, esetenként gőzt is tárolhatnak, így fontos szerepet tölthetnek be a geotermikus energia kutatás szempontjából.

A Paksi Atomerőmű kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékainak végleges elhelyezésére alkalmas terület kijelölésére irányuló átfogó vizsgálatot 2000-ben végezték el Magyarországon. A vizsgálat az összes, Magyarország területén előforduló geológiai formációt megvizsgálta az erre való alkalmasság szempontjából. Az Alföld kristályos metamorf medencealjzatában a Körös Komplexumba sorolt Jánoshalma területe, e vizsgálat során került fel. A vizsgálat idején ismereteink csupán a Jánoshalma dómot felépítő metamorf kőzetek minőségére és típusára, továbbá az aljzatkiemelkedés méreteire vonatkozóan voltak kielégítőek. A felépítő kőzettípusok metamorf fejlődéstörténetét, a dóm szerkezeti felépítését és esetleges rokonságát más Tisza Egységen belüli, vagy azon kívüli kőzettekkel nem vizsgálták.

A kritériumrendszer első lépcsője során, amely a részletes vizsgálat előtti kizárás fázisa (negatív szűrés), a Jánoshalma dóm nem került kizárásra. A következő fázis, a potenciálisan alkalmasnak minősíthető képződmények azonosítása (pozitív szűrés) során kizárólagosan a kőzetest pontos felépítésének, homogenitásának és szerkezetének ismertsége hiányában nem felelt meg.

A repedezett fluidum tárolók kutatásában döntő jelentőségű a töréshálózat tulajdonságainak minél részletesebb megismerése. Az Alföld metamorf aljzatában a legjelentősebb töréses deformációval járó esemény a Pannon medence neogén süllyedéséhez kapcsolható. A különböző ásványos összetételű és szövetű kőzetek ugyanazon feszültségtérre eltérő deformációval reagálnak, ezért a különböző kőzetek különböző módon repednek. Az aljzat bonyolult szerkezete miatt a repedéshálózat vizsgálatához ezért mindenekelőtt a kőzetváz alapos ismeretére van szükség.

A fent említett alkalmazási lehetőségek miatt a Jánoshalma metamorf kiemelkedés részletes vizsgálata különösen indokolt.

CÉLKITŰZÉS

A dolgozat célja a Jánoshalma metamorf hát minden hozzáférhető fűrőmag mintájának feldolgozása alapján az alkalmazott földtani kutatások alapját képező földtani fejlődéstörténet pontos rekonstruálása, és ennek alapján a kőzetváz modell megalkotása.

A kitűzött cél megvalósításához a következő lépések során jutottam el:

1. A Jánoshalma aljzatkiemelkedést felépítő kőzettípusok meghatározása céljából vizsgáltam a 47 db hozzáférhető magminta ásványos összetételét és szövetét. Mikroszöveti vizsgálatok alapján meghatároztam a kőzettípusokat és azonosítottam az egymást követő ásványtársulásokat.
2. Kőzetkémiai vizsgálatok alapján meghatároztam a felépítő kőzetek protolitikját és fő geokémiai tulajdonságait.
3. A teljes kőzetkémiai összetétel alapján termobarometriai modellezést végeztem.
4. Ásványkémiai vizsgálatok alapján pontosítottam a kőzettípusokat és termobarometriai számításokat végeztem. Az eredményeket összevettem a termobarometriai modellezés eredményeivel. Ezek alapján megállapítottam az egyes kőzettípusok metamorf fejlődéstörténetét
5. Mezo- és mikroléptékben vizsgáltam az egyes kőzettípusok kapcsolatát, elkészítettem a Jánoshalma aljzatkiemelkedés kőzetváz modelljét, az eddigi eredmények alapján meghatároztam fejlődéstörténetét
6. Többféle kőzetszöveti, szerkezeti és fejlődéstörténeti korrelációs pont alapján rokonítottam a Jánoshalma aljzatkiemelkedést a Tisza Egység más részeivel

ALKALMAZOTT VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A petrográfiai vizsgálatok során a magmintákról makroszkópos és 85 db vékonycsiszolat alapján mikroszöveti leírást készítettem

A minták kémiai összetételének meghatározására a következő módszerekkel került sor:

17 db minta főelem és nyomelem összetételének vizsgálata XRFS módszerrel történt a Veszprémi Egyetem Föld- és Környezettudományi Tanszékén. 4 db minta nyomelem

koncentrációinak meghatározása nukleáris elektron aktivációs módszerrel történt a Budapesti Műszaki Egyetem nukleáris reaktorában.

Az ásványkémiai vizsgálatok a leobeni egyetemen (Montanuniversität Leoben) és a pozsonyi Geológiai Szolgálatnál (GÚDŠ) készültek.

A BSE (back scattered electron) képek a pozsonyi Geológiai Szolgálatnál (GÚDŠ) készültek.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Meghatároztam a Jánoshalma gneiszben a mirmekites szövetű földpátok magmás eredetét.

A földpátok háromféle megjelenési formáját azonosítottam a gneiszben. Megállapítottam, hogy mirmekit a földpátok közül a nagyméretű visszaoldódott szegélyű és szericitesedett porfiroblasztokon jelenik meg. Megfigyeltem, hogy üde földpát helyettesíti a mirmekites szövetű szericites földpátokat. A helyettesítő földpátban gyakran láthatóak kvarc buborékok, amelyeket az eredeti mirmekites földpátszemcsék tartalmaztak. Mikroszöveti bélyegek alapján megállapítottam, hogy a mirmekites földpátszemcsék a metamorfózist megelőzően keletkeztek, tehát prekinematikusak, magmás eredetűek. Szöveti helyzetük és a szakirodalomból ismert mirmekitképződési elméletek alapján a mirmekit magmás kristályosodással keletkezett.

2. Mezo- és mikroszöveti vizsgálatok alapján a Jánoshalma gneisz protolitjét magmás eredetűnek határoztam meg.

A gneisz mátrixában egyensúlyi körülményekre utaló poligonális szövetet figyeltem meg. A poligonális szövet nem általánosan van jelen a kőzetben, csak helyenként, elszeparáltan, néhány szemcsénél figyelhető meg a közel 120 fokos érintkezés. Megfigyelhető, hogy a szericites szemcséket üde földpát helyettesíti. A metamorf kőzetekben jelenléte magas hőmérsékletű statikus rekrisztallizációra, vagy nyírás hatására végbemenő dinamikus rekrisztallizációra utal. Habár a D1 metamorf esemény magas hőmérsékletű volt, a keletkezett szövet nem utal egyensúlyi viszonyokra. A poligonális földpátszemcsék elszeparált megjelenése, a szemcseszéleken megfigyelhető üde, a D1 ásványtársulás részét képező földpát helyettesítés arra utal, hogy a poligonális szövetű földpátok keletkezése a D1 metamorf esemény előtti. A néhány gneisz mintában megfigyelhető, alacsony hőmérsékletű

milonitos nyírás szemcseméret csökkenést okozott, és a D2 metamorf fázist követően ment végbe. Ezek alapján a statikus és/vagy dinamikus rekrisztallizációval történő keletkezést kizártam.

Megállapítottam tehát, hogy a poligonális szövetű földpátok a metamorfózist megelőzően keletkeztek, magmás eredetűek és a granodiorit protolit részét képezték. Ennek alapján a Jánoshalma gneisz magmás eredetű, azaz ortogneisz.

3. Szöveti megfigyeléseket és a gneisz főelem összetételét felhasználva termobarometriai modellezéssel meghatároztam az ortogneisz kétfázisú progresszív metamorfózisát.

A gneiszre két palássági irány jellemző, S1 és S2, amely két deformációs eseményre utal. A D1 esemény magas hőmérsékletű biotit + káliföldpát + plagioklász + ilmenit ± gránát ± szillimanit ásványtársulással, míg a D2 esemény alacsonyabb hőmérsékletre utal biotit + muszkovit + plagioklász + kvarc + ilmenit + magnetit ásványtársulással.

A gránátban zárványként megőrződött biotit, muszkovit és kvarc zárványok jelzik az ortogneisz legkorábbi rekonstruálható eseményét, ami a D1 esemény hőmérsékleti maximumát megelőző prográd fázis egy szakaszához köthető. A D1 metamorf esemény biotit + káliföldpát + plagioklász + ilmenit ± gránát ± szillimanit ásványtársulással jellemezhető. A szillimanitot S2 muszkovit magjában figyeltem meg. Jelenléte magas hőmérsékletű metamorfózisra utal, melynek körülményeire a termobarometriai modellezés (de Capitani, 1994) alapján 700-850 °C és $P < 0,65$ GPa nyomás és hőmérséklet viszonyokat határoztam meg. A D1 esemény minimum hőmérsékleti határát a muszkovit + kvarc = szillimanit + káliföldpát + H₂O reakció jelzi. A maximális hőmérséklet határt és a maximális nyomás viszonyokat az ilmenit → rutil átalakulás határozza meg. A magas hőmérsékletű ásványtársulás által meghatározott S1 palássági irányt a D2 esemény alacsonyabb hőmérsékletet jelző biotit + muszkovit + plagioklász + kvarc + ilmenit + magnetit ásványtársulása írja felül. A két palássági irány közel merőleges egymásra. Metamorf viszonyaira termobarometriai modellezés alapján 530-580 °C maximum hőmérséklet és 1,1 GPa maximális nyomás értékeket határoztam meg. A maximális hőmérséklet adatokban lévő különbség kőzetösszetételbeni különbségekre, az ortogneisz inhomogenitására utal. A maximum hőmérséklet ugyanis a gránát megjelenéséhez köthető, amely a gneiszekben erősen függ a kőzetösszetételtől.

A D2 eseményt követően a biotitra jellemző kloritosodás retrográd hatásra utal.

4. Megállapítottam, hogy a Jánoshalma aljzatkiemelkedés egy egységes ortogneisz komplexum, melynek 7 fázisú fejlődéstörténetét mutattam ki.

Megállapítottam, hogy a Jánoshalma aljzatkiemelkedés túlnyomó részét a leggyakoribb kőzettípus, tehát az ortogneisz alkotja. Az amfibolit és az eklogit csak néhány fúrásból ismert és helyzetük nem utal semmilyen irányítottságra. Ez alapján megállapítható, hogy ezek a kőzettestek nem nagy kiterjedésben, hanem pontszerűen vannak jelen az aljzatban. Az egyes kőzettípusok előzőekben ismertetett metamorf fejlődéstörténete, a feltárt kőzettípusok gyakorisága (legnagyobb részben ortogneisz, három amfibolit, egy eklogit, egy gránit magminta) és egymáshoz viszonyított térbeli helyzetük alapján arra következtethetünk, hogy a Jánoshalma aljzatkiemelkedés egy egységes ortogneisz blokk, melynek fejlődéstörténete a következő fázisokból áll:

1) Mafikus intrúzió fázisa: mely az eklogit gabbró protolitjának kialakulásához köthető

2) D0 fázis: az amfibolit xenolit közepes nyomású és hőmérsékletű, és az eklogit magas nyomású közepes hőmérsékletű (710 ± 10 °C, 2,6-2,7 GPa) metamorfózisa

3) Granodiorit intrúzió fázis: a kőzet ásványos összetétele alapján az ortogneisz anyaközete granodioritos összetételű. A geokémiai jellemzői alapján az intrúzió peraluminiumos összetételű és szin-kollíziós eredetű.

4) D1 fázis: S1 palássági irány kialakulása a gneiszben, 700-850 °C és $P < 0,65$ GPa hőmérséklet és nyomás értékekkel szillimanit jelenlétével jellemezhető.

5) D2 fázis: S2 palássági irány kialakulása a gneiszben, termobarometriai modellezéssel a D2 esemény maximális hőmérsékleti és nyomás viszonyaira 580 °C és $< 1,1$ GPa eredményt határoztam meg.

6) D3 fázis (milonit képződés): az utolsó plasztikus deformációs esemény bizonyítéka csak néhány mintán látható. Kvarc dinamikus rekrisztallizációját és kink-band szerkezeteket figyeltem meg. Egyes esetekben a csillámok is rekrisztallizálódtak és nagyon finomszemcsés alacsony hőmérsékletű milonit alakult ki. A helyenként előforduló csillámszegény gránit posztkinematikus gránit intrúzióra utal. Nincsenek metamorfózisra utaló nyomok, de a dinamikus rekrisztallizációt jelző kvarc szalagok és a deformált földpátok jelenléte, az intrúziót követő nyírást jelzi.

7) Töréses deformáció és metasomatózis fázisa: mind a xenolitokat, mind a befogadó ortogneiszt érintette. A Jánoshalma eklogit esetében a hidratált és karbonátosodott részek nem csak az eltérő másodlagos ásvány összetételben, hanem a karbonátosodottban a magas nyomású fázisok megőrződöttségében is különböznek.

5. Megállapítottam, hogy a Jánoshalma ortogneisz xenolitokat és xenokristályokat tartalmaz.

A gneiszben jelenlévő rezorbeált amfibol és atoll-gránát elszórtan jelenik meg, elhelyezkedésük nem mutat irányítottságot és hullámos visszaoldódott szemcsehatárokkal jellemezhetőek. A gneisz ezeken az amfibolszemcséken kívül nem tartalmaz más amfibolt. A gránátok jelentősen eltérnek a gneiszben megjelenő földpátzárvány és mátrixban megjelenő gránátoktól, nagyobb méretűek, atoll szövetűek és nem tartalmaznak zárványokat. Ezek alapján ezeket az amfibol és gránát szemcséket xenokristályoknak határoztam meg. A leggyakoribb közettípus a Jánoshalma dóm területén az ortogneisz. Az amfibolitot három, az eklogitot pedig egy fúrás tárta fel. Ez alapján arra következtethetünk, hogy ezek a közettípusok nem alkotnak összefüggő zónát a Jánoshalma dómon belül, hanem kisebb méretű közzettestekként lehetnek jelen a gneiszben. A Jh-Ú-16 fúrás tárta fel a gneisz és az eklogit közti kapcsolatot. A két közettípus érintkezése mentén egy keskeny, megközelítően 5 cm szélességű átmeneti zóna látható. Itt az amfibol és a gránát csökkenő mennyisége figyelhető meg az eklogit felől az ortogneisz felé. Nincsenek deformációra, vagy elmozdulásra utaló jelek az érintkezési zóna mentén. A gneisz tartalmaz közepes metamorf fokú amfibolit közzetteseteket is, amelyeknek hasonló a kapcsolata az ortogneisszel, mint az eklogitnak. A fentiek alapján és mivel a gneisz eltérő metamorf fejlődéstörténetű közzetteseteket tartalmaz, az amfibolitot és az eklogitot a gneiszben lévő xenolitoknak határoztam meg.

6. Mikroszöveti, ásványkémiai vizsgálatok és termobarometriai modellezés alapján eklogit fáciesű metamorfózis jelenlétét mutattam ki a Jánoshalma aljzatkiemelkedés metabázitjából.

Meghatároztam az eklogit fáciesű ásványegyüttest, amely klinopiroxén + gránát + fengit + kianit + zoizit + rutil + kálföldpát + kvarc összetételű. Megállapítottam, hogy a Jánoshalma eklogit közepes hőmérsékletű, magas nyomású metamorf eseményen esett át és a B-típusú eklogitok közé sorolható (Coleman 1965). A termobarometriai modellezés alapján 680 °C minimum hőmérsékletet és 2,7 GPa maximum nyomásviszonyokat határoztam meg az ásványtársulás stabilitási tartományára. Ez jó egyezést mutat a kalibrált geotermobarométerekkel számított nyomás és hőmérséklet viszonyokkal (710±10 °C és 2.6-2.7 GPa).

7. Megállapítottam, hogy a Jánoshalma ortogneisz komplexum egy ősi szubdukciós-akkréciós komplexumban keletkezett.

Megállapítottam, hogy a D0 metamorf esemény csak a xenolitokat érintette, az ortogneisz fejlődéstörténetét a D1 és D2 esemény alakította ki. Eszerint a granodiorit intrúzió a xenolitokat azután asszimilálta, miután azok átestek a D0 metamorf fázison. Ennek magyarázatára a szubdukciós-akkréciós komplexumok, másnéven Alaszka-típusú orogén övek elméletét alkalmaztam (Ochsner 1993). A modell szerint a szubdukció folyamata közben a szubdukciós árokba történő folyamatos és bőséges üledékbehordódás akkréciós prizma kialakulását eredményezi. A szubdukciós árok a további üledékbehordás eredményeképpen feltöltődik; az akkréciós prizma az óceán irányába növekszik. Ennek következtében a szubdukciós zóna is eltolódik az eredeti helyzetéből az óceán irányába. A folyamat előrehaladtával a köpenyeredetű olvadékok nem a kontinens szegélybe, hanem az akkréciós prizma alsó részébe intrudálnak, granulit fáciesű metamorfózis és az akkréciós prizma üledékes rétegeinek megolvadását okozva. Az így keletkezett magma H típusú hibrid magma, amely a köpeny eredetű (M típusú) és az üledék megolvadásából keletkezett (S típusú) magmák keveredéséből jön létre (Castro és tsai. 1991). A granitoidok az akkréciós prizma meredek dőlésű belső szerkezeti elemei mentén jutnak a kéreg felsőbb részeibe (Zurbriggen 1996). A felemelkedés során a szubdukciós melanzsból az intrúzió magával ragadhat különböző mélységekből különböző kőzettípusokat, amelyek ezt követően xenolitiként vannak jelen a magmatestben.

Habár nincs bizonyíték az akkréciós prizma meredek dőlésű szerkezetének jelenlétére a vizsgált területen, a különböző nyomásviszonyokat tükröző xenolitok előfordulása az ortogneiszben a szubdukciós-akkréciós komplexumokban lezajló folyamatokra utalnak.

8. Kőzetszöveti, szerkezeti és fejlődéstörténeti korrelációs pontok alapján kimutattam, hogy a Jánoshalma ortogneisz komplexum rokonságot mutat a Tisza Egység ÉK-i részének metamorf medencealjzatával.

Kimutattam, hogy a Jánoshalma aljzatkiemelkedés kőzettípusai, azok tulajdonságai és felvázolt szerkezete alapján szoros hasonlóságot mutat a Tisza Egység ÉK-i részén, a Békési-medence északi peremén lévő Szeghalom, és az annak keleti folytatásában feltárt Mezősas-Furta dómmal. Mindhárom területre jellemző a xenokristályokat és különböző metamorf fejlődéstörténetű xenolitokat tartalmazó ortogneisz megjelenése; Furtán az amfibolit és az ortogneisz, Jánoshalmán pedig az eklogit és az ortogneisz érintkezése figyelhető meg. Mindhárom területen jellegzetes szöveti bélyegek az ortogneiszben a mirmekites szövetű

poikilites földpát porfiroblasztok és a helyenként megfigyelhető poligonális földpátszövet. A xenokristályok közül az amfibol és a gránát mindhárom területen előfordul. Mindhárom területen egyértelműen azonosíthatók a poszt-metamorf milonitos nyírás olyan szöveti bélyegei, mint az elnyújtott, orsó alakú, szubszemcsékből álló szuturás szemcsehatárokkal jellemezhető kvarc szalagok, a finomszemcsés csillámhalmazok és a csillámhalak. Szintén mindhárom területen megjelenik az ortogneiszbe intrudált poszt-metamorf gránit.

A mirmekit megjelenése és mennyisége különbségeket mutat a három területen, de mindig az első generációs földpát porfiroblasztokhoz kötődik. A Szeghalom dóm (SzD) területen a mirmekitekről részletes petrográfiai vizsgálatok is készültek. Ezek alapján a mirmekit relikv fázisként van jelen a SzD gneiszekben és a legvalószínűbb keletkezési módja a magmás kristályosodás.

A Jánoshalma ortogneiszhez hasonló típusú és metamorf fejlődéstörténetű ortogneiszek a Szeghalom dómon és a Mezősas-Furta dómon kívül Szank, Dévaványa és Füzesgyarmat térségében nyomozhatók a Tisza Egység metamorf medencealjzatában, ahol az ortogneiszben szintén jelen vannak mirmekites földpát szemcsék és különböző mafikus xenolitok (Zachar és M. Tóth 2001, Zachar és M. Tóth 2003, M. Tóth és Zachar 2003).

A legtöbb előfordulás esetében jellemző a kis hőmérsékletű milonitos deformáció (Schubert és M. Tóth 2002), amely további korrelációs pont lehet. Nyugat felé, Lelkes-Felvári és tsai. (2000) a Mőcsény-1 fúrásból ultramilonitot tártak fel, amelynek anyakőzeteként gránát reliktek alapján, ortogneiszt határoztak meg. M. Tóth és tsai. (2005) a korábban migmatitként, majd metahomokkőként meghatározott kőzetet milonitos ortogneisznek határozták meg az Ófalui palaövbén. Az ortogneiszt cirkon morfológiai adatok alapján hasonlónak találták a Tiszai Egység Békési-medence északi peremén lévő ortogneiszével. Szepesházy (1962) egy összefüggő DNy-ÉK-i csapású ortogneisz zóna jelenlétét feltételezte a Tisza Egységben.

A Variszkuszi orogén eklogit fáciesű metamorfózisának bizonyítékai tanúsítják a szubdukció fontos szerepét az orogén fejlődéstörténetében (O'Brien és tsai., 1990) és korrelációs pontként szolgálhatnak. A Tisza Egységből feltárt, elszórtan megjelenő eklogit előfordulások (Ravasz-Baranyai, 1969; M. Tóth, 1995, 1996, 1997; Horváth és tsai. 2003) lelőhelyei által kirajzolt vonalszerű elrendeződésük és a hasonló metamorf fejlődéstörténetük alapján M. Tóth és Zachar (2003) egy lehetséges ősi szutúra vonal jelenlétét feltételezte a Körös és a Göröcsöny egységek között.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

1. **Zachar, J.**, M. Tóth, T., Janák, M. (2007): Eclogite xenolith from the orthogneiss terrane of the Tisza Megaunit, Jánoshalma area, crystalline basement of southern Hungary. *Lithos*, 99, 3-4, 249-265.
2. M. Tóth, T., **Zachar, J.** (2006): Petrology and deformation history of the metamorphic basement in the Mezősas-Furta crystalline high (SE Hungary). *Acta Geol. Hung.*, 49, 165-188.
3. **Zachar, J.**, M. Tóth, T. (2004): Petrology of the metamorphic basement of the Tisza Block at the Jánoshalma High, S Hungary. *Acta Geol. Hung.*, 47/4, 349-371.
4. M. Tóth, T., **Zachar, J.** (2003): Evolution of the Déva orthogneiss (Tisza block, Hungary) and its geodynamic consequences. *Journal of the Czech Geological Society*, 48, Abstract Volume, 127-129.
5. **Zachar, J.**, M. Tóth, T. (2003): Xenoliths of various metamorphic evolutions in the Déva orthogneiss (Tisza block, Hungary). *Journal of the Czech Geological Society*, 48, Abstract Volume, 137-139.
6. M. Tóth, T., **Zachar, J.** (2002): Eclogite remnants across the Tisia Block: Indication for a Variscan suture zone?. *Geologica Carpathica*, 53, 149-151.
7. **Zachar, J.**, M. Tóth, T. (2001): Myrmekite-bearing gneiss from the Szeghalom Dome (Pannonian Basin, SE Hungary). Part I.: Myrmekite formation theories. *Acta Mineralogica Petrographica*, 42, 33-37.
8. **Zachar J.**, M. Tóth, T. (2001): Myrmekite-bearing gneiss from the Szeghalom Dome (Pannonian Basin, SE Hungary). Part II.: Origin and spatial relationships. *Acta Mineralogica Petrographica*, 42, 39-43.

KONFERENCIA RÉSZVÉTELEK

1. Geology without frontiers: Magmatic and Metamorphic evolution of the Central European Variscides, Blansko Ceskovice, 2003
2. Ifjú Szakemberek Ankétja, Salgótarján, 2003
3. 64th EAGE Annual Conference Exhibition, Florence 2002
4. Ifjú Szakemberek Ankétja, Salgótarján 2002
5. XVII.th Congress of Carpathian-Balkan Geological Association, Bratislava 2002
6. Repedezett metamorf szénhidrogén tárolók, Magyarhoni Földtani Társulat Alföldi Területi Szervezete és a Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Akadémiai Bizottság Föld-és Környezettudományi Szakbizottsága, Szeged 2002
7. Országos PhD. Konferencia, Budapest 2000
8. Exhumation of metamorphic Terranes, Rennes, France 1999

EGYÉB PUBLIKÁCIÓK

1. M. Tóth, T., Schubert, F., **Zachar, J.** (2000): Neogene exhumation of the Variscan Szeghalom dome, Pannonian Basin, E. Hungary. Geological Journal, 35, 265-284.
2. M. Tóth, T., Schubert, F., **Zachar, J.** (2002): A Mezősas és Mezősas- Nyugat repedezett kristályos tároló repedéshálózatának vizsgálata, és matematikai szimulációja. I. Kőzetváz modell. Kézirat, MOL Adattár, Szolnok, 1-34.
3. M. Tóth, T., Schubert, F., **Zachar, J.** (2002): A Mezősas és Mezősas- Nyugat és Furta repedezett kristályos tárolók repedéshálózatának vizsgálata, és matematikai szimulációja. II. Kőzetváz modell (Furta). Kézirat, MOL Adattár, Szolnok, 1-17.
4. M. Tóth, T., Schubert, F., **Zachar, J.** (2001): A Dorozsma repedezett kristályos tároló repedéshálózatának vizsgálata, és matematikai szimulációja. I. Kőzetváz modell. Kézirat, MOL Adattár, Szolnok, 1-40.