

Földtudományok Doktori Iskola

A Kiskunhalas-ÉK repedezett metamorf szénhidrogén rezervoár komplex értékelése

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Szerző:

Fiser-Nagy Ágnes

Témavezető:

M. Tóth Tivadar

tanszékvezető egyetemi tanár

Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék

Természettudományi és Informatikai Kar

Szegedi Tudományegyetem

2013

Szeged

I. ELŐZMÉNYEK

Az Alföld kristályos aljzatának fejlődése, felépítése évtizedek óta izgalmas kutatási téma, melynek mind alap-, mind alkalmazott kutatási vonatkozásai igen sokrétűek. Habár a feltártságot nagyban meghatározza az ipari érdeklődés, az így nyert minták és adatok jó betekintést engednek az adott terület földtanába.

A Kiskunhalas-ÉK szénhidrogén rezervoárt az 1970-es évek közepe óta termelik. Két mezőre osztható, egy kristályos aljzatú északi és egy karbonátos aljzatú déli mezőre; jelen kutatás tárgya az északi. A különböző tudományos közlemények (T. Kovács 1973, Árkai 1978, Cserepes 1980, T. Kovács és Kurucz 1984, Cserepes-Meszéna 1986, Árkai 1993) és nem publikált ipari jelentések számos köztípusú leírtak a területen: gneisz, csillámpala, amfibolit, különböző milonit típusok, migmatit, és kis metamorf fokú fillit. Ennek ellenére az aljzati tárolót a modellekben rezervoárgeológiai értelemben egységesnek kezelik, habár a mezőn belül legalább tíz hidraulikai rezsimit különítenek el.

A kutatás célja egyrészt alapkutatási jellegű, mivel az egyes területek időről időre történő újra vizsgálata, új módszerekkel vagy új elméletek szempontjából, gazdagíthatja az általános földtani ismereteket a szűkebb (Jánoshalma, Tázlár) és tágabb (Tisza Egység aljzata) földtani környezetben. Másrészt alkalmazott földtani kérdéseket is célunk megválaszolni, mivel a kutatási terület egy aktív, szénhidrogén termelő mező. Az újonnan nyert ismeretek segíthetik a rezervoár jobb megértését, annak további művelését, fejlesztését. A kutatás során megismert és/vagy kidolgozott módszerek, adatkezelési eljárás, integrált vizsgálat sorozat más, hasonló területeken is alkalmazhatóak lehetnek. Különös aktualitást ad a

kutatásnak, hogy 2008-ban indult el a terület reambulációja a MOL-csoportban; illetve hogy a környéken (Jánoshalma, Kiskunhalas) a Rohöl-Aufsuchungs Aktiengesellschaft (RAG) jelenleg is új termelési lehetőségek után kutat.

II. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A területen előforduló kőzettípusok azonosítása és osztályozása érdekében makroszkópos és mikroszkópos vizsgálatokat végeztünk, 15 kútban rendelkezésre álló fűrőmagokon és több mint 100 vékony csiszolaton. A nyírt kőzetek jelenléte miatt alapos mikroszöveti megfigyeléseket is végeztünk. A meghatározott litológiai egységek részletes petrográfiai és szöveti leírása a további vizsgálatok alapját képezték.

A megismert kőzettípusok genetikai viszonyainak tisztázása érdekében termometriai módszereket alkalmaztunk. A milonitosodott litológiákban szaturált szemcsehatárú kvarc szemcsehalmazokon Kruhl és Nega (1996) deformációval összefüggő termométerét használtuk. Ez a szöveti termométer a szemcsehatár geometriája (fraktál dimenzió érték) és az azt létrehozó hőmérséklet közti lineáris kapcsolatot használja ki a hőmérséklet becslésére.

Mivel két kőzettípus is tartalmaz reprezentatív mennyiségű szenes anyagot, ez lehetőséget ad a Raman spektroszkópiai alapú szenes anyag termométer (Beysac et al. 2002, Rahl et al. 2005, Aoya et al. 2010) használatára. Mivel a szenes anyag grafitizációja szigorúan irreverzibilis és hőmérséklet függő folyamat, a termométer a kőzetre jellemző, a *PT* út során maximálisan elért metamorf hőmérsékletet tudja becsülni.

A terület három, uralkodó közettípusát destruktív (visszaterheléses egyirányú nyomóvizsgálat, Brazil vagy húzóvizsgálat) és nem destruktív (UH sebesség) kőzetmechanikai teszteknek vetettük alá, illetve 3-dimenziós CT (Computed Tomography) felvételek készültek a roncsolás előtti és utáni állapotokról. A mintatestek foliációval párhuzamosan és foliációra merőlegesen lettek kialakítva, így a törési hajlam irány függőségét is tudtuk vizsgálni. Az így mesterségesen kialakított töréshálózat mennyiségi (kumulatív repedés hossz) és geometriai (fraktál dimenzió érték) tulajdonságai, illetve a törésteszt során kapott mérőszámok (nyomószilárdság; húzószilárdság; Young vagy rugalmassági modulus; relatív térfogat változás; törési munka) jellemzik a közettípusok lehetséges vezető és/vagy tároló képességét.

A geológiai információ térbeli kiterjesztéséhez a rendelkezésre álló több évtizedes lukgeofizikai szelvények (gamma, ellenállás, neutron, sűrűség és akusztikus szelvények) digitalizált adatsorait használtuk. A korábban elkülönített közettípusokat hagyományos cross plotokkal, a litológia érzékeny MN plottal (Schlumberger, 1989) és diszkriminancia analízissel azonosítottuk, majd a kutak menti kiterjesztéssel becsültük a litológiai határokat. Az így kapott közettípus határokat földtani szelvények mentén ábráztuk, hogy feltáruljon a területet felépítő kőzettestek geometriája és szerkezeti felépítése.

III. AZ EREDMÉNYEK TÉZISSZERŰ ÖSSZEFOGLALÁSA

A dolgozatban bemutatott kutatás során az alábbi új tudományos eredmények születtek:

1. A Kiskunhalas-ÉK mezőben négy fő közettípust különítettünk el, melyek a kutakban tapasztalt szomszédsági viszonyok alapján az ideális közetoszlopban alulról felfelé a következők: ortogneisz, ortogneisz milonit, grafitos gneisz milonit és grafitos karbonát fillit.
2. A legalsó ismert szerkezeti helyzetben lévő ortogneisz test amfibolit xenolitot és csillám mentes granitoid teléreket tartalmaz. Ásványos összetétele és mélységi magmás szöveti reliktumok (mirmekit, saját alakú cirkon) alapján feltételezzük, hogy a szomszédos Jánoshalma ortogneisszel azonos, melyet $T < 580$ °C metamorf átalakulási hőmérséklet jellemez. Ez az ortogneisz a protolitja, a milonit zóna alsó részét alkotó ortogneisz milonitnak, az ásványos összetétel és a jellegzetes mélységi magmás szövet jelenléte alapján.
3. A milonit zónát felépítő másik litológia jellemző index ásványai (grafit, pirit) miatt egyértelműen elkülönül az alsó ortogneisztől. Nem deformált protolitja a területen ismeretlen; hasonlóan elkülönül a legfelső szerkezeti helyzetben előforduló grafitos karbonát fillittől, annak nagy kvarc+földpát+szericit tartalma miatt. A Raman spektroszkópiás szenes anyag termométerrel meghatározott jellemző metamorf hőmérséklete $T = 410 \pm 45$ °C.
4. A viszonylag kis kiterjedésű, legfelső szerkezeti helyzetben lévő grafitos karbonát fillit jellegzetes, kaotikusan gyűrt sötét (szenes anyag, pirit, agyagásványok) és világos (karbonát, szericit, kevés kvarc) sávokból áll. A Raman spektroszkópiás szenes anyag termométerrel meghatározott jellemző metamorf hőmérséklete $T = 375 \pm 15$ °C.
5. A közzettest jelentős részét adó milonitos zóna petrológiailag két különböző közettípusból épül fel. Ezek egységesen olyan szöveti bélyegeket viselnek magukon, melyek arra utalnak, hogy a

milonitosodás során mikro léptékben extenziós feszültségtér alakult ki. A mindkét litológiai egységre alkalmazott kvarc szutúra termométerrel meghatározott deformáció kori hőmérsékletük azonosan körülbelül $T_{def} \sim 455 \text{ }^\circ\text{C}$ -nak adódott.

6. Az inkompatibilis kőzetoszlop mentén közel $200 \text{ }^\circ\text{C}$ metamorf hőmérséklet különbség jelentkezik. A milonitosodott kőzettípusokban becsült deformációs hőmérséklet alapján, a geotermikus gradienstől függően, hozzávetőlegesen 15 km mélyen egy vetőzóna működése során kerülhettek egymás mellé, a mai sorrendbe a kőzetoszlopot felépítő kőzettestek. Bár a milonitokban leírt extenziós feszültségtérben kialakult szöveti bélyegek jelenléte, nem zárja ki az egész kőzettest vonatkozásában a kompressziós feszültségteret, mindazonáltal inkább azt valószínűsíti, hogy az egykori nyírási zóna extenziós feszültségtérben működhetett.
7. Három, a területen uralkodó kőzettípus (ortogneisz, ortogneisz milonit, grafitos gneisz milonit) kőzetmechanikai vizsgálatai azt mutatják, hogy azok rezervoár tulajdonságai szignifikánsan különböznek. A legjobb tároló tulajdonsággal a grafitos gneisz milonit bír, mely nagy és kommunikáló töréshálózat kialakulására hajlamos, melyet kevesebb befektetett munkával lehet elérni a többi litológiához képest (ortogneisz, ortogneisz milonit). Jellemző továbbá a mért paraméterek nagy anizotrópiája, a milonitos foliációval párhuzamosan tört minták rezervoár szempontból jellemzően kedvezőbb tulajdonságokat mutatnak, szemben a foliációra merőleges mintákkal.
8. A rendelkezésre álló karotázs szelvény adatsorok alapján el tudtuk különíteni adott kutak mentén az ortogneiszt a milonittól, melyben az ellenállás és a sűrűség szelvény játszott döntő szerepet, illetve a grafitos karbonát fillitet a milonittól. A két kőzettanilag elkülönülő

milonitosodott kőzettípus (ortogneisz milonit, grafitos gneisz milonit) a rendelkezésre álló lukgeofizikai adatok alapján nem elkülöníthető. Ilyen módon három litológiai egység (ortogneisz, milonit, grafitos karbonát fillit) között becsültünk litológia határokat, melyeket földtani szelvényen ábrázoltunk.

9. Az így kapott földtani szelvényeken a gneisz/milonit határ lapos szögű ($<5^\circ$), északias dőlésű ($13-18^\circ$) síknak adódik, melyet a nyírási zóna két oldalán felismert kőzettestek szignifikánsan eltérő metamorf fejlődéstörténete alapján elválasztó vetőként értelmeztünk.
10. A hidraulikai rezsimek figyelembe vételével a szelvényeken a későbbi töréses deformáció eredményeként kialakult néhány normál vető azonosítható, melyek rekesztőként viselkednek a termelő tulajdonságú milonitos testek között. Egyes rezsimek határokat azonban nem vető, hanem feltételezhetően a milonit zóna kőzettani inhomogenitása okozhat. Mivel a két milonitosodott kőzettípus törési hajlama szignifikánsan eltér, ez jelentős különbségeket eredményezhet a tároló kapacitásban. A tároló testek geometriáját, s így rezervoár tulajdonságait tovább árnyalhatja a milonitok számottevő szerkezeti, s az ehhez kapcsolódó kőzetmechanikai anizotrópiája.

Hivatkozott irodalmak:

- Aoya, M., Kouketsu Y., Endo S., Shimizu H., Mizukami T., Nakamura D., Wallis S. (2010): Extending the applicability of the Raman carbonaceous-material geothermometer using data from contact metamorphic rocks. *J. Metamorphic Geol.*, 28/9, 895–914.
- Árkai, P. (1993): The distinction between low-T retrograde metamorphism and weathering + burial diagenesis of the gneiss and mica schist basement complex, Great Plain, Hungary: A novel use of illite

- "crystallinity". Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte, H. 8, 337-351.
- Beyssac, O., Goffé B., Chopin C., Rouzaud N. (2002): Raman spectra of carbonaceous material in metasediments: a new geothermometer. *J. Metamorphic Geol.*, 20, 859–871.
- Cserepes L (1980): A Duna-Tisza Közi karbonnál idősebb képződmények petrológiai vizsgálata. MSZKFI, Budapest.
- Cserepes-Meszéna B (1986): Petrography of the crystalline basement of the Danube-Tisza Interfluve (Hungary). *Acta Geol Hung* 29/3–4. 321–339.
- Kruhl, J. H., Nega M. (1996): The fractal shape of sutured quartz grain boundaries: application as a geothermometer. *Geol. Rundsch*, 85, 38–43.
- Rahl, J.M., Anderson K.M., Brandon M.T., Fassoulas C. (2005): Raman spectroscopic carbonaceous material thermometry of low grade metamorphic rocks: Calibration and application to tectonic exhumation in Crete, Greece. *Earth and Planetary Science Letters*, 240/2, 339–354.
- Schlumberger (1989): Log Interpretation Principles/Applications. Schlumberger Wireline & Testing, Texas.
- T. Kovács G. (1973): A Duna-Tisza köze déli részének földtani fejlődés története. DSc Thesis, Szeged.
- T. Kovács G., Kurucz B. (1984): A dél-alföld mezozoikumnál idősebb képződményei. MÁFI, Budapest.

IV. PUBLIKÁCIÓK:

Folyóirat cikkek:

- Fiser-Nagy Á., Varga-Tóth I., M. Tóth T. (2013): Lithology identification with well-log interpretation in the metamorphic Kiskunhalas-NE hydrocarbon reservoir, South Hungary. *Acta Geod Geophys.* beküldve.
- Nagy, Á., M. Tóth, T., Vásárhelyi, B., Földes, T. (2013): Integrated core study of a fractured metamorphic HC-reservoir; Kiskunhalas-NE, Pannonian Basin. *Acta Geod Geophys.* Vol. 48/1, 53–75.

Nagy Á., M. Tóth T. (2012): Petrology and tectonic evolution of the Kiskunhalas-NE fractured CH-reservoir, S-Hungary. *Central European Geology*. 55/1, 1–22.

Önálló könyv, könyvrészlet:

Nagy, Á., M. Tóth, T. (2009): Relikt szöveti elemek a Görcsönyi Formáció óriásgránátos gneisz tagozat mintáiban. In: M. Tóth, T. (ed.): *Magmás és metamorf képződmények a Tiszai Egységben*. GeoLitera, [ISSN 2060-7067], 65–79.

Konferencia kiadványok:

XII. Symposium on Geomatematics I. Croatian-Hungarian Geomathematical Conference, Mórahalom, (2008). Nagy, Á.– M. Tóth, T.: Radiális repedések termobarometriai alkalmazása a baksai gneiszekben.

Ifjú Szakemberek Ankétja 2009, Keszthely. Nagy, Á.: A Baksai Komplexum korai metamorf fejlődése reliktvözetiek alapján.

XXIX. OTDK Fizika-Földtudományok-Matematika Szekció, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Természettudományi és Műszaki Kar, Szombathely (2009). Nagy, Á.: Relikt szöveti elemek a Baksai Komplexum óriásgránátos gneisz mintáiban.

XI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Máramarossziget, Románia (2009). Nagy, Á., M. Tóth, T.: A Baksai Komplexum korai metamorf fejlődése reliktvözetiek alapján. [ISSN 1842-9440], 165-168.

Ifjú Szakemberek Ankétja 2010, Mátrafüred. Nagy, Á.: Construction of geological framework model by combination petrological and geophysical data (Kiha-NE metamorphic reservoir). – MOL Különdíj.

8th Meeting of the Central European Tectonic Studies Group (CETEG) 2010, Machocice Kapitulne, Poland. M. Tóth, T., Nagy, Á.: Petrologic and geophysical evidence for lithologic heterogeneity of the metamorphic basement at reservoir scale (Pannonian basin, SW Hungary). 103-104.

- XII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Nagyenyed, Románia (2010). Nagy, Á., M. Tóth, T., Kiss, B., Kurgyis, P.: Kőzettani és geofizikai adatok együttes használata a Kiskunhalas-ÉK repedezett rezervoár modellezése során. 156-159.
- Első Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés (2010), Gárdony. Nagy, Á., M. Tóth, T.: A metamorf aljzat litológiai heterogenitásának kőzettani és geofizikai bizonyítékai.
- 9th Meeting of the Central European Tectonic Studies Group (CETEG) (2011), Lisek, Csehország. Nagy, Á., M. Tóth, T.: Complex evaluation of Kiskunhalas-Ne fractured metamorphic HC-reservoir, Pannonian Basin. 54-55.
- II. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés (2011), Szeged. Nagy, Á., M. Tóth, T.: Inkompatibilis fejlődéstörténetű kőzettestek a Kiskunhalas-ÉK mezőben – Raman spektroszkópiás grafit termométer. 35-36.
- III. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés (2012), Telkibánya. Nagy, Á., M. Tóth, T.: A Kömpöc – Csólyos-K repedezett szénhidrogén mező kőzettani és szerkezeti felépítése. 22.
- 11th Meeting of the Central European Tectonic Studies Group (CETeG) (2013), Várgesztes. Nagy, Á., M. Tóth, T.: Petrologically determined behaviour of a fractured metamorphic HC reservoir in the Pannonian Basin, SE Hungary. 19-20.
- IV. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés (2013), Orfű. Fiser-Nagy, Á., M. Tóth, T.: Milonitos, lapos szögű elválasztó vető a Kiskunhalas-ÉK mező aljzatában.

Kutatási jelentések:

- Kiss, B., Császár, J., Földes, T., Hollós, A.-né, Kurgyis, P., Mihály Cs., Nagy Á., (2009): Kiskunhalas-Északkelet-Észak mező geológiai modellje, művelési helyzete és a további művelési lehetőségek vizsgálata. Mol NyRt KTD Jelentés, Budapest.
- M. Tóth, T., Nagy, Á., Fintor, K., Vásárhelyi, B., Ván, P., Földes, T. (2009): Repedezett tároló modellezés; kőzetmechanikai modell-kísérletek és szeizmikus attribútum alapú modellek korrelációja. III. Kiskunhalas-ÉK. Kézirat, MOL Adattár, Szolnok.

- M. Tóth T., Nagy Á., Vásárhelyi B., Ván P., Fülöp T., Földes T. (2010): Repedezett tárolók komplex modellezése. IV. Kiskunhalas-ÉK, Üllés karbonátos tárolók. Kézirat, MOL Rt. Adattár.
- M. Tóth T., Nagy Á., Vásárhelyi B. Ván P., Földes T. (2011): Repedezett tárolók komplex modellezése. V. Kömpöc, Csólyospálos-K. Kézirat, MOL Rt. Adattár.
- M. Tóth T., Nagy Á., Molnár L., Vásárhelyi B., Földes T. (2012): Repedezett tároló modellezés; kőzetmechanikai modell-kísérletek és szeizmikus attribútum alapú modellek korrelációja. VI. Furta. Kézirat, MOL Rt. Adattár.